

# Estado del arte en IPTV

Alberto Los Santos Aransay, *albertolsa@gmail.com*

**Abstract**—Los sistemas de televisión por Internet han tenido un tremendo éxito desde su aparición. Las empresas que ofrecen servicios de Internet, han visto cómo IPTV les permite desplegar un nuevo conjunto de aplicaciones sobre la misma infraestructura, permitiendo rentabilizar más aún sus redes ya desplegadas, compitiendo contra otras opciones como la televisión digital terrestre y la televisión por satélite, para intentar ocupar el lugar dejado por la emisión analógica. Por otra parte, existen nuevos programas que permiten compartir contenidos multimedia en vivo entre usuarios, aprovechando las características de las redes peer-to-peer. Así, los usuarios demandan progresivamente más calidad, y mayor ubicuidad para acceder a estos servicios, por lo que la IPTV está en continua evolución, intentando cubrir los requisitos, aunque la heterogeneidad de las tecnologías y arquitecturas hace que no siempre sea posible ofrecer la calidad de servicio deseada.

**Index Terms**— Internet, IPTV, multimedia, P2P, streaming, Video-on-Demand

## I. INTRODUCCIÓN

EN el presente documento haremos una revisión del estado del arte de la tecnología IPTV (*Internet Protocol Television*). IPTV es considerada la *killer application* [1] en el Internet actual y futuro, por esta razón está centrando gran cantidad de esfuerzo por parte de los investigadores e inversión por parte de las empresas ISP (*Internet Services Providers*). Por ejemplo, en España, Telefónica oferta Imagenio [15], Jazztel ofrece Jazztelia TV [16] y Orange dispone de Orange TV [17]. Como vemos en la figura 1, los servicios en Internet evolucionan, y con ellos también los requisitos necesarios para soportarlos.

### TWO WAVES OF BROADBAND SERVICES

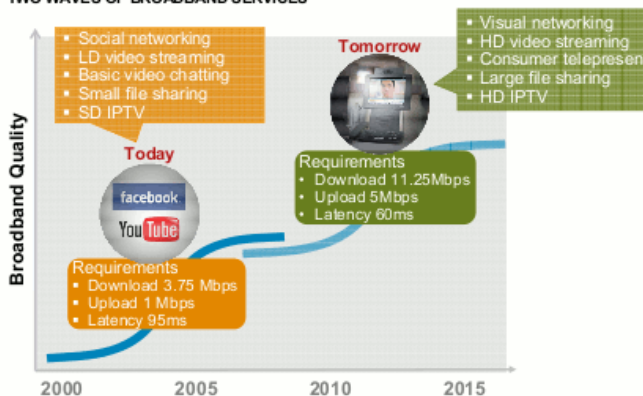


Fig. 1. Evolución de las aplicaciones y requisitos en Internet [2].

Estos proveedores de acceso a Internet basan su estrategia comercial en ofrecer tres servicios en uno, el denominado

“*Triple Play*”, dando acceso a Internet de alta velocidad, voz (llamadas telefónicas) y vídeo (televisión) sobre la misma arquitectura. De esta forma pretenden sustituir a la televisión analógica, y competir con la televisión por cable y por satélite. Así, estos servicios están permitiendo obtener un ARPU (*Average Revenue Per User*) significativo, pero a costa de saturar sustancialmente la red.

Por otra parte, existen iniciativas no comerciales, que basan su sistema en redes *mesh* (en malla) y/o P2P (*peer-to-peer*). De esta forma, mediante diversos algoritmos de enrutamiento de los datos, compresión de la información y gestión de la red, consiguen hacer llegar la información al usuario. En estos sistemas, algunos nodos actúan como elementos enrutadores, permitiendo hacer un uso más eficiente del ancho de banda al compartir los recursos. Algunas de estas iniciativas han tenido bastante repercusión, como veremos más adelante.

En ocasiones es difícil ofrecer una calidad aceptable al usuario final, debido a los altos requisitos en cuanto a ancho de banda, retardo, disponibilidad... Además, las características de estas arquitecturas, donde los nodos se conectan a través de muy diversas tecnologías, con enlaces asimétricos de subida y bajada de datos, con una alta variabilidad, saliendo y entrando del sistema en cualquier momento, hacen que no sea sencillo desplegar los servicios. Así, veremos qué problemas existen en estas redes.

Para realizar el estudio, haremos una aproximación *bottom-up* del sistema, describiendo una arquitectura genérica, y posteriormente revisando las distintas capas, desde las más bajas hasta las más altas. Este trabajo se organiza de la siguiente forma, en el siguiente capítulo se hará una breve descripción del concepto IPTV, y se ofrecerá una arquitectura de referencia, nombrando los distintos nodos y/o actores. En el mismo capítulo, se introducirán las distintas tecnologías de comunicaciones que se integran en estos sistemas. Posteriormente, se hablará de las redes *core*, y se tratará de detallar las distintas posibilidades en cuanto a la organización de los nodos de la red, revisaremos los conceptos de redes *mesh* y redes en árbol. En el capítulo III, trataremos dos características importantes, la calidad de servicio y la seguridad en estos sistemas. En el capítulo IV, se tratará el QoE, la calidad de la experiencia de usuario, un concepto de más alto nivel relativo a la percepción del contenido por parte del usuario final. Después, en el capítulo V, enunciaremos los distintos tipos de servicios que engloba el término IPTV, dando algún ejemplo de los mismos. En el capítulo VI, se explican los desafíos que aún quedan por tratar en este ámbito, junto con las perspectivas de futuro. Por último, en el capítulo VII, se presentan las conclusiones.

## II. IPTV Y ARQUITECTURA DE REFERENCIA

Aunque IPTV recoja el término protocolo en su nombre, en realidad el concepto engloba más que eso. Es un sistema completo mediante el cual la señal de televisión es entregada a los usuarios sobre el protocolo IP (*Internet Protocol*). Este sistema está formado por los servidores del contenido, encargados de codificar la señal (por ejemplo, en MPEG-2 o MPEG-4/H.264), y fragmentarla encapsulando los paquetes para ofrecerlos en la red IP *core*, mediante multicast o unicast. Esta red núcleo agrupa los flujos de vídeo codificado en diferentes canales. El tráfico IPTV puede ser protegido de otros tráficos de datos, para garantizar un nivel apropiado de QoS. El último enlace hasta la red del hogar encargado de distribuir los datos, voz, y vídeo, puede ser hecho a través de distintas tecnologías físicas (FTTx, xDSL, WLAN, WIMAX, etc.) Por último, los *Set Top Boxes*, u otros dispositivos multimedia se encargan de decodificar la información, y presentarla al usuario. Ésta es una abstracción simplificada de las distintas arquitecturas reales que podemos encontrarnos, en base a todas las tecnologías IP heterogéneas que existen.

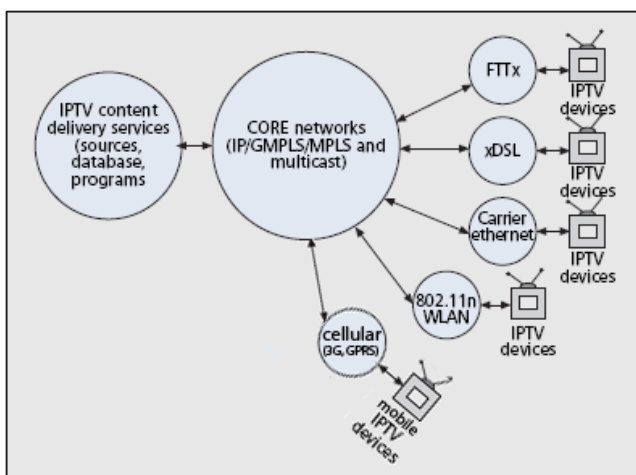


Fig. 2. Arquitectura genérica IPTV [1].

Las tecnologías de red determinan las capas físicas y de enlace en el modelo OSI, en definitiva las capas más bajas. En general, podríamos ver esta conjunción de redes como una sola, una red global IP. Ésta es la tendencia actual, la NGN (*Next Generation Network*) que engloba la evolución de las redes de telecomunicación y acceso telefónico con el objetivo de lograr la congruencia de los nuevos servicios multimedia. Para poder transmitir un canal de televisión en calidad estándar, es necesario un ancho de banda aproximado de 2-5 Mb/s, mientras que para lograr transmitir un canal en alta definición (HDTV) se necesitan de 5 a 10 Mb/s [3], dependiendo del códec usado. Veamos cuáles son las tecnologías más usadas en la siguiente sección.

### A. TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIONES

En la transmisión desde el servidor al cliente, pueden actuar diversas tecnologías, tanto cableadas como inalámbricas. Entre las cableadas podemos encontrar [3]:

- *Ethernet*: La comunicación basada en el estándar IEEE 802.15 [18] sobre cable de categoría 5 funciona de forma satisfactoria en redes de área local (LANs), debido a su alta tasa de datos (superior a Gb/s) y alta fiabilidad. El mayor problema es que la instalación de este tipo de cables no suele ser habitual en las casas.
- *MoCA*: La Alianza Multimedia sobre cable Coaxial (*Multimedia over Coax Alliance* [19]) es una de las muchas iniciativas de la industria que promueven el uso de cable coaxial para distribuir la señal digital de vídeo a una tasa de 100 Mb/s. Los equipos de TV deben estar situados generalmente cerca de la boca de distribución de la señal, y de nuevo, no es habitual que exista preinstalación de esta red.
- *HomePlug AV*: Esta alianza promueve el uso de la línea eléctrica del hogar [20] para realizar la distribución de los datos, ya que los cables de la red eléctrica es el medio cableado más disponible. El último estándar, HPAV, puede alcanzar una tasa de 200 Mb/s, pero esta red sufre mucho nivel de ruido e interferencias, que provocan decaimientos. Esto unido al hecho de que los adaptadores son caros, hace que este método no sea muy empleado.
- *HomePNA*: La alianza *Home Phoneline Networking Alliance* [21] (HPNA), promueve el uso de la línea de teléfono. El estándar 3.0 consigue una transferencia máxima de datos base de 128 Mb/s (extensible a 240 Mb/s), usando la línea de teléfono y cables coaxiales. El cable trenzado de cobre por sí solo no ofrece gran ancho de banda, y al no estar pensado para servicios multimedia, no suelen estar bien localizados.

En cuanto a las tecnologías inalámbricas, podemos considerar:

- *IEEE 802.11n*: El nuevo sub-estándar [22] dentro de la familia 802.11 (WLANs), especifica ratios de comunicación de hasta 540 Mb/s en un alcance de 50 metros, en las bandas libres de 2,4 y 5 GHz. Así, un único AP puede cubrir una casa entera, pero también está más expuesto a interferencias debido a este incremento en la distancia de comunicación.
- *Ultra Wideband*: El término UWB se usa para referirse a cualquier tecnología de radio que usa un ancho de banda mayor de 500 MHz o del 25% de la frecuencia central. La FCC (*Federal Communications Commission*) permite este tipo de comunicaciones sobre la banda de 3,1 a 10,6 GHz emitiendo a muy baja potencia, obteniendo tasas de transmisión de 55 a 480 Mb/s, con un alcance de 10 metros. El corto alcance y las bajas emisiones hacen que esta tecnología sea adecuada para el entorno del hogar, aunque en ocasiones requiera desplegar más puntos de acceso.
- *Millimeter Wave (mmWave)*: La FCC aprobó también el uso libre de la banda de 57 a 64 GHz con potencias de hasta 40 dBm (EIRP). El grupo de trabajo IEEE 802.15.3c fue formado en marzo de 2005 para

desarrollar una capa física alternativa para las WPANs. Prototipos basados en mmWave pueden alcanzar más de 2 Gb/s en distancias de 1-2 metros. El problema viene dado por las altas frecuencias usadas, las cuales afectan en comunicaciones con obstáculos intermedios, impidiendo el traspaso de la señal a través de paredes.

- *WiMAX*: Son las siglas de *Worldwide Interoperability for Microwave Access*. El estándar IEEE 802.16 [23] se presenta como una alternativa para dar servicios de banda ancha en zonas donde el despliegue de cobre, cable o fibra por la baja densidad de población presenta unos costes por usuario muy elevados (zonas rurales). Existe una banda licenciada entre los 2,5 y 3,5 GHz, y otra libre de 5,8 GHz. En comunicaciones estáticas se han obtenido ratios reales de hasta 70 Mbps con radios de célula de hasta 6 Km.
- *Comunicaciones celulares*: En esta categoría se agrupan todas las tecnologías de comunicaciones celulares móviles. GSM (*Global System for Mobile Communications*) tenía como principal característica la capacidad de transmitir datos además de voz, a una velocidad de 9,6 Kbit/s. En 2001 surge la 2.5G, la tecnología más notoria de esta generación es el GPRS (*General Packet Radio System*), capaz de coexistir con GSM, pero ofreciendo servicio portador más eficiente para el acceso a redes IP como Internet. La velocidad máxima de GPRS es 171,2 Kbit/s aunque en la práctica no suele pasar de 40 Kbit/s de bajada y de 9,6 Kbit/s de subida. Más tarde surgieron ya las tecnologías 3G y UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) a la cabeza, con una velocidad máxima de 2 Mbit/s en condiciones óptimas, que permiten desplegar servicios multimedia más novedosos. Estas tecnologías permiten conectividad ubicua, aunque a tasas más bajas que otras ya explicadas.

### B. CORE NETWORKS

Las redes *core*, incorporan las funciones de transporte y de inteligencia desde el servidor hasta un punto intermedio, antes de ser distribuidas al usuario final. En IPTV están principalmente basadas en los mecanismos MPLS, GMPLS y multicast [1].

- MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF (RFC 3031 [24]), que opera entre las capas de enlace y de red del modelo. Fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos en redes basadas en circuitos y basadas en paquetes, pudiendo ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP. Así, el protocolo agrega etiquetas en las cabeceras de los paquetes antes de ser enviados por la ruta correspondiente usando conmutación en lugar de enrutado, de forma similar a los protocolos ATM. De todas formas, estas etiquetas no sirven para identificar el tipo de contenido transmitido, por lo que los ISPs no pueden priorizar este

tráfico de datos. Las VPNs y la ingeniería de tráfico son las principales aplicaciones de MLPS.

- GMPLS (Generalized MPLS) es una extensión del mecanismo para añadir señalización y control del enrutado en el dominio de paquetes, tiempo, longitud de onda, fibra, etc. permitiendo gestionar las conexiones, recursos y QoS extremo a extremo. Así, GMPLS es un protocolo más efectivo en los servicios de banda ancha e IPTV, puesto que otorga un mayor control a todos los niveles de la arquitectura.
- Respecto a multicast, permite entregar información a un grupo de nodos al unísono (figura 3), por medio de los protocolos RTP/TCP/IP. Así, permite ahorrar ancho de banda tanto en las redes core como en las redes de acceso, ya que generalmente existe un alto porcentaje de probabilidad de que varios usuarios en la misma red accedan al mismo programa. Este método es muy apropiado para la multidifusión de contenidos en streaming sobre IP, pero sufre de problemas de escalabilidad cuando la red dispone de un gran número de usuarios y grupos. De este modo, no existe ninguna aplicación comercial desplegada en Internet completamente multicast, exceptuando algunas limitadas en localización y en redes privadas.

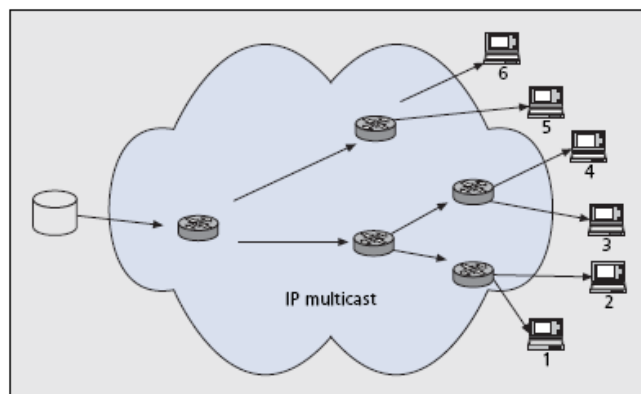


Fig. 3. IP Multicast [1].

### C. ESTRUCTURAS DE LAS REDES Y ENRUTAMIENTO

La base de la arquitectura de red IPTV [4] es ofrecer los servicios de vídeo con un mínimo QoS garantizado al menor coste posible de red (ancho de banda). Multicast y otros protocolos relacionados son una opción para reducir este coste, pero como se ha comentado, está aún en estudio su despliegue a larga escala. Así, las miradas han recaído sobre los sistemas P2P de intercambio de archivos, para intentar rescatar los posibles beneficios y aplicarlos en los sistemas de distribución de TV. Además, otras arquitecturas como las de los servicios D&P (*Download and Play*) se basan en modos *Best Effort* para implementar sus servicios.

Los sistemas comerciales ofrecen sus servicios sobre redes en árbol multicast. De esta forma, envían la información apoyándose sobre servidores dedicados para tener una réplica de los contenidos, y salvar posibles errores mediante redundancia.



Los sistemas IPTV P2P [5], pueden ser distribuidos en árbol o malla. Los sistemas IPTV P2P en árbol, implementan un esquema de distribución estructurado, con nodos padre e hijos. En principio, desde el origen del contenido se ofrece la información, cada nodo recibe los datos de su nodo padre, que a su vez puede ser la fuente del contenido o un cliente más. Si la estructura es estable, y no hay gran rotación de nodos, estos sistemas no requieren mucho *overhead*, ya que los paquetes se reenvían de nodo a nodo sin necesidad de mensajes de señalización. Por el contrario, en entornos con alta tasa de entrada y salida de nodos, el árbol debe ser destruido y reconstruido continuamente, lo que requiere un *overhead* considerable. Además, los nodos deben almacenar la información durante el tiempo necesario para reparar el árbol, evitando así pérdida de paquetes.

En los sistemas P2P implementados mediante un esquema *mesh*, cada nodo tiene que contactar a un subgrupo de nodos para obtener los fragmentos necesarios. Cada nodo debe conocer qué fragmentos poseen los demás nodos, y explícitamente solicitarlos. Este tipo de esquemas requieren *overhead*, en parte debido al intercambio de mapas de las partes almacenadas, y en parte debido al proceso de petición de los fragmentos. Debido al hecho de que cada nodo se basa en muchos otros para obtener el contenido, los sistemas en malla ofrecen gran resistencia ante fallos. En el lado negativo podemos encontrar que requieren *buffers* muy grandes, para almacenar los fragmentos que pueden ser solicitados por todos los demás *peers*.

Por último, explicaremos el funcionamiento de los sistemas *Download & Play*. Están basados en una descarga progresiva desde un servidor Web, de forma que el buffer del usuario se va completando con datos hasta que llega a un límite suficiente, desde el cuál ya se puede reproducir el vídeo. Si el ratio de reproducción supera al de descarga, hay que retrasar la reproducción hasta que el buffer se complete lo suficiente para no tener que congelar la imagen. Esta estrategia es una alternativa para ofrecer contenidos multimedia en entornos totalmente heterogéneos. Youtube [25] por ejemplo, está basado en una arquitectura similar. D&P puede acercarse a la experiencia de la TV bajo demanda si se le incluyen controles de interactividad, como por ejemplo rebobinado, reproducción rápida, etc.

### III. QoS Y SEGURIDAD

Existen diversos módulos transversales al sistema necesarios para su correcto funcionamiento (figura 4). Para desplegar satisfactoriamente servicios IPTV es necesario disponer de QoS (*Quality of Service*) para vídeo, voz y datos. Las métricas [1] que definen la calidad de servicio para vídeo incluyen *jitter*, número de paquetes fuera de orden, probabilidad de pérdida de paquetes, probabilidad de error en la red, tiempo de unión multicast, retardo, etc. Las métricas para voz incluyen *jitter*, retardo, ratio de pérdida de paquetes de voz, y MOS (*Mean Opinion Score*), un parámetro que refleja la opinión subjetiva del usuario. Las métricas de

calidad de servicio relativas a los servicios IPTV incluyen la disponibilidad de canal, tiempo de comienzo del visionado, tiempo de retardo en el cambio de canal, fallo en el cambio de canal, etc.

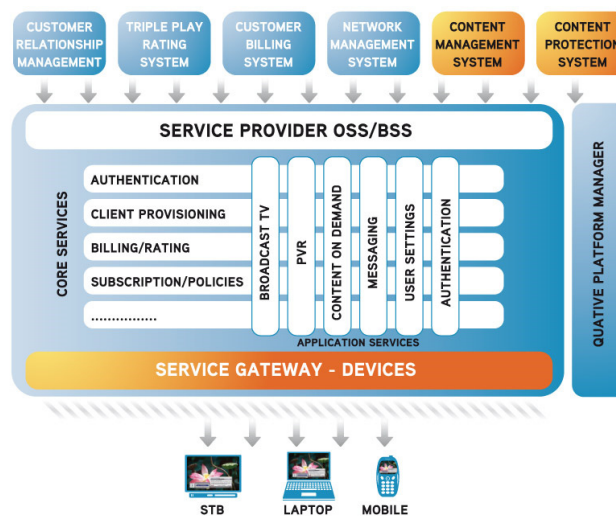


Fig. 4. Arquitectura Orientada a Servicios [12].

Estas métricas son más estrictas cuanto mayor calidad de imagen y sonido sea ofrecida/demandada, por lo que si queremos ofertar servicios más avanzados, las redes que los sustentan deben estar más controladas. Garantizar la calidad de servicio está directamente relacionado con la gestión del tráfico en los servicios IPTV. Para el tráfico de bajada, se ofrecen servicios diferenciados para los usuarios, para el tráfico de subida, el tráfico del usuario es monitorizado de forma que se pueda controlar el acceso para garantizar la QoS.

En los servicios IPTV, cuando un usuario solicita al sistema cambiar de canal, envía una petición de nuevo canal. Cuando el sistema acepta la petición mediante el control de admisión, construye un árbol multicast, para enviar la voz y vídeo al usuario. El objetivo de gestionar el tráfico es poder soportar de forma eficiente los requisitos de QoS para distintos servicios, incluyendo políticas SLA (*Service Level Agreement*), planificación, control de flujo, etc. pudiéndose implementar de forma centralizada o distribuida.

La seguridad en los sistemas IPTV es un aspecto crucial, puesto que principalmente en aquellos soportados por redes P2P, un fallo puede provocar caídas parciales o totales del sistema. Así de manera similar a las aplicaciones P2P de intercambio de archivos podemos distinguir tres categorías principales [6]:

- Ataques por inundación de tráfico, en los que pueden dar lugar a rechazos de acceso (ataque DoS, *Denial of Service*) a suscriptores del servicio.
- Acceso no autorizado y ataques enmascarados, en los cuales se puede robar el servicio (ToS, *Theft of Service*), disfrutándolo en lugar del suscriptor, además de comprometer información restringida.
- *Eavesdropping* (escuchas secretas), interceptación y modificación de información, los cuales pueden dar

lugar a DoS, ToS, y de nuevo captura de información confidencial.

Para intentar combatir estos ataques, son necesarios mecanismos de control de acceso específicos, que se encarguen además de validar el contenido ofrecido por los nodos, comprobar que no es un vídeo ilegítimo, con imágenes no apropiadas, etc.

#### IV. QoE: CALIDAD DE EXPERIENCIA DE USUARIO

Quality of Experience o calidad de experiencia de usuario es una medida del cliente sobre el servicio, cercana a la calidad de servicio, ya que cuantifica el funcionamiento del mismo, pero de forma subjetiva y a alto nivel. La calidad de servicio se centra en estudiar medidas sobre pérdida de paquetes, retardos entre diversos puntos y acciones, etc., mientras que la QoE afecta más a la visión del usuario, congelación de la imagen, pixelación, desfase entre audio y vídeo, etc.

La televisión digital permite disponer de técnicas más avanzadas de codificación de señal, con distintas tasas de compresión (puesto que el canal disponible no es infinito), redundancia ante errores, etc. Los principales códecs, como MPEG2 y H.264 [7], utilizan técnicas predictivas basadas en el movimiento entre dos *frames* tomados como referencia. Así, es posible reducir las tasas de transferencia conservando una calidad de imagen aceptable, y ser relativamente estables ante un nivel de pérdida de paquetes, de ahí que QoS y QoE estén directamente relacionados, pero ante el ojo humano puede que en periodos de pérdida de paquetes, no se aprecie excesivamente la disminución de calidad.

Para evitar la congelación de la imagen [9], o la interrupción del servicio, se puede disponer de *streams* de vídeo de distintas calidades para el mismo contenido, así en virtud del estado de la red, se podría cambiar a una calidad inferior en caso de saturación, o una calidad superior en caso contrario. En este sentido, existe también la alternativa de usar codificación de vídeo escalable [8] (SVC, *Scalable Video Coding*), así se ofrecerían *streams* de vídeo complementarios, que unidos darían una señal de alta calidad, mientras que de forma separada la calidad sería suficiente para su visionado. Esta opción requiere mayor procesado y complejidad de codificación/decodificación, tanto en origen como en destino, por lo que aún no está muy extendida, ya que dificulta la generación y distribución de contenidos en vivo.

Las técnicas SVC están siendo usadas también para la transmisión y adaptación de contenidos en distintos formatos de dispositivos. No tiene sentido enviar la misma señal para ser reproducida en una televisión de 42" y un terminal móvil de 4", puesto que al pasar la señal de la televisión al móvil, deberíamos hacer un re-escalado del vídeo, descartando píxeles, habiendo cargado la red de forma inútil. De igual forma, si cogiésemos el vídeo preparado para el móvil e intentásemos reproducirlo en la televisión, veríamos que la calidad de la señal no es aceptable (aún cuando la transmisión

de la señal se puede haber hecho sin errores, con una excelente QoS), por lo que la heterogeneidad de reproductores incluye también una variante a tener en cuenta en los sistemas IPTV.

#### V. SERVICIOS IPTV

Existen muy diversos servicios en el área IPTV, tanto comerciales como no comerciales, que agruparemos en emisiones en vivo o vídeo bajo demanda. La televisión en vivo a su vez funciona de distinta manera en los sistemas comerciales (que usan redes más o menos dedicadas, y hacen uso de *Set Top Boxes* para decodificar la señal), que en los sistemas no comerciales, los cuales trabajan en modo *Best Effort* a través de Internet. Por citar algunos de estos servicios:

- Imagenio: Es el nombre comercial de la televisión digital interactiva que ofrece Telefónica España a través de tecnología ADSL y ADSL2+. Además, en modalidad de pago por visión, se ofrecen distintos eventos deportivos y películas de estreno. Estas últimas se ofrecen en la modalidad de vídeo bajo demanda.
- PPlive [26]: Es una red P2P de *streaming* de vídeo creada en Huazhong University of Science and Technology, de China.
- PPstream [27]: Es también un software chino de *streaming* de vídeo P2P. Permite hacer *broadcast* de programas de TV de forma estable y fluida, soportando hasta decenas de miles de usuarios al mismo tiempo.

Actualmente para cubrir eventos especiales (generalmente deportivos), ciertas cadenas de televisión ofertan retransmisiones en vivo a través de sus páginas web. Por ejemplo, TVE [28] en los pasados Juegos Olímpicos, o durante este mes Telecinco para cubrir la Copa Confederaciones de fútbol [29]. Estos servicios son denominados WebTV, *streamings* en vivo, con un *front-end* de reproducción sobre una web. Otro ejemplo, Digital Plus también permite la compra de eventos desde su web, para su visionado desde la misma plus.es. Otra alternativa es Ustream [32], una web que compuesta de diversos canales que recogen multitud de emisiones en vivo de eventos. Creada en marzo de 2007, la web tiene más de 1 millón de usuarios registrados, habiendo cosechado un tremendo éxito para visionado de eventos online.

Los sistemas de vídeo bajo demanda (VoD, *Video on Demand*) [4], son aquellos que no envían información en vivo, sino que está previamente almacenada en algún *buffer* del sistema y el usuario solicita acceso. También pueden subdividirse:

- Existen sistemas comerciales que ofrecen contenidos Premium o en modo taquilla (por ejemplo, películas de cine). Para acceder a los mismos el usuario debe solicitarlo expresamente, de forma que el sistema haga el envío desde el comienzo (en modo unicast).

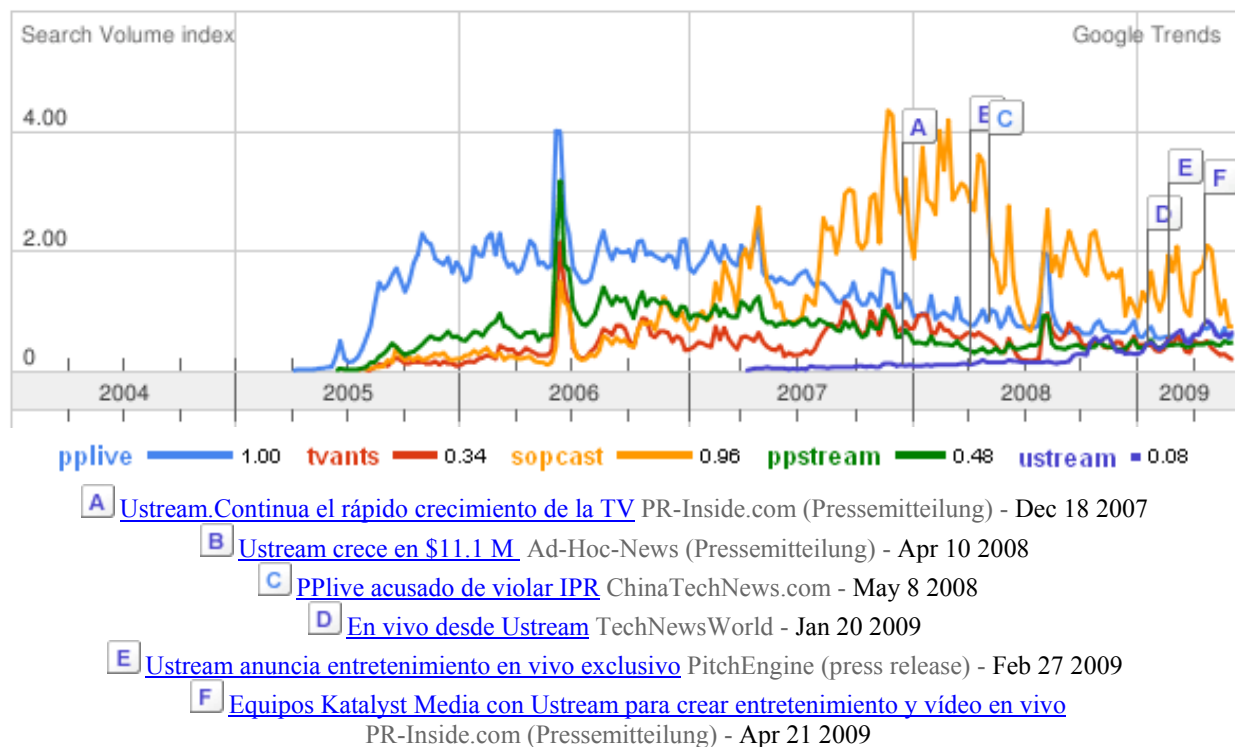


Fig. 5. Tendencias de búsqueda en Google de los términos: pplive, tvants, sopcast, ppstream y ustream [13].

Éstos difieren de otros contenidos que también son de pago, pero el usuario recibe imagen desde el momento en que paga (por ejemplo, un partido de fútbol, en el cual si ya ha empezado, el usuario no podrá ver el comienzo).

- Tenemos los sitios web que almacenan y recopilan vídeos. De forma que cuando el usuario los solicita, se almacenan en el buffer local. Estos servicios son llamados *Download&Play*. Un ejemplo claro de estos sitios es Youtube, el cuál no es un sistema de Televisión al uso, pero tiene muchas características en común (*streaming*, IP, etc.) y cada vez ofrece vídeos más actualizados. Una iniciativa similar, pero con un enfoque más orientado a TV fue MobuzzTV [32], un conjunto de vlogs (vídeo blogs) que se producían diariamente desde el 2004, con programas de aproximadamente 5 a 10 minutos, con un amplio rango de temas como tecnología, actualidad, tendencias y entretenimiento, disponible en varios idiomas. Este sitio cerró en noviembre de 2008, no por falta de éxito, sino por una descompensación entre ingresos (por publicidad) y los gastos que supone contratar el ancho de banda necesario para este tipo de transmisiones.

Sobre las plataformas comerciales comentadas se están proponiendo nuevas mejoras, por ejemplo, en Imagenio existe "Te lo perdiste". Un servicio que permite disfrutar de programas de producción propia de los principales canales

generalistas nacionales (La Primera, Cuatro y La Sexta) como si se tratasen de contenidos de vídeo bajo demanda. Así el usuario puede ver los contenidos de la última semana cuando lo desee.

En la figura superior, vemos una comparativa del volumen de búsquedas en Google sobre los términos indicados. Se comprueba como las tendencias de los usuarios varían, según aparecen nuevos programas, u otros se quedan obsoletos. A destacar el pico en junio de 2006, coincidiendo con el último mundial de fútbol, celebrado en Alemania.

## VI. DESAFÍOS Y FUTURO

Hemos comprobado cómo la tecnología IPTV está muy avanzada, hay muy diversas arquitecturas y propuestas, pero se puede considerar que aún no está madura. Existen aún mucho trabajo a realizar alrededor de ella, intentando solventar por ejemplo alguna de las siguientes carencias, relacionadas con las redes P2P en la mayoría [10].

### A. Disminución del retardo de comienzo

Debido principalmente a los *buffers* del sistema, muchos nodos tardan entre 10 y 15 segundos en ser parte de la red P2P., y otros 10 y 15 segundos [33] (como mínimo) en poder lanzar el reproductor una vez llenado el buffer. Este hecho impide además un cambio de canal rápido y ágil, por lo que cantidad de estudios se enfocan en disminuir estos tiempos de espera, que permitirían ofrecer mejor QoE al usuario [34].

### B. Necesidad de mecanismos de incentivación

En el caso de las redes P2P, sólo una minoría de nodos coopera de forma altruista en los sistemas. Se ha demostrado [35] que ciertos sistemas requieren de 10 a 35 veces más ancho de banda de subida que los datos que descargan. Así, se han estudiado esquemas para incentivar la cooperación entre nodos, ya que los sistemas IPTV P2P necesitan de grandes anchos de banda para poder transmitir múltiples canales de forma simultánea, pero aún no hay solución estable [33].

### C. Necesidad de infraestructura dedicada

Es habitual que en sistemas P2P de *streaming* multimedia los usuarios estén conectados por DSLs y cable, por lo que en consecuencia disponen de menor tasa de subida que de bajada. Además, esta tasa de subida suele ser menor que el ratio de visionado, por lo que los nodos con mayor ancho de banda suelen cooperar con mayor tasa de la que consumen, para compensar el déficit de recursos generado por los clientes con menos recursos, actuando como nodos amplificadores [33]. Así, estos nodos amplificadores (y sus ISPs) se plantean hasta qué punto pueden colaborar, y les interesa hacerlo, aún teniendo incentivos. Por tanto, las nuevas arquitecturas IPTV se plantean introducir infraestructura dedicada en los sistemas P2P para apoyar a los nodos con menos recursos, y no sobre-explotar a aquellos que disponen de mayor ratio de transferencia [34].

### D. Soporte de altas tasas temporales y alta rotación

En ocasiones, debido a eventos populares, las tasas de datos aumentan rápidamente, manteniéndose durante un corto espacio de tiempo. En estas situaciones, la primera dificultad es la admisión de nuevos nodos, sin degenerar la calidad de servicio en los nodos ya conectados, el segundo problema es la subsanación de las estructuras de la red cuando gran cantidad de nodos se van del sistema. Esta situación empeora cuando los nodos se desconectan justo después de haber sido admitidos, al no haber logrado la calidad deseada.

Cuando la rotación de nodos en el sistema es alta, existe un gran número de conexiones y desconexiones, el sistema necesita readaptarse rápidamente para hacer llegar la información a todos los nodos. En los sistemas IPTV esto se ve agravado por los frecuentes cambios de canal. Los problemas se pueden paliar mediante el uso de árboles de distribución redundantes [37], aunque otros trabajos proponen el uso de redes *overlay* en *mesh* [36], en vez de árboles múltiples.

### E. Soporte de clientes heterogéneos

Como vimos en el capítulo II, existe gran diversidad de tecnologías de acceso, lo que provoca que pueda descompensarse el sistema, haciendo que un *stream* de vídeo pueda saturar nodos con recursos limitados, y así degradar la calidad en nodos más potentes dependientes de los primeros. Como ya se ha citado, codificar los vídeos a distintas calidades en paralelo, para ser entregados en base a las capacidades de los nodos puede ser la solución. Una solución más avanzada es la denominada “*layered coding*” [38][39].

### F. Sincronización de la reproducción en los clientes

En eventos en vivo puede suceder que los datos lleguen con distintos retardos a los usuarios, pudiendo ocurrir que al interactuar entre los mismos, se estropeen la experiencia. Para solucionarlo, se pueden usar técnicas *overlay* y esquemas más eficientes de programación de los contenidos [34].

### G. Mejorar la comunicación tras NATs y Firewalls

Más del 50% de los nodos están conectados a Internet tras NATs y firewalls, lo que puede empeorar el alcance de los mismos. Así, para ofrecerles los servicios, es necesario diseñar esquemas más eficientes [33].

Vemos que sobre las redes IPTV queda aún mucho trabajo que realizar, y debilidades a tratar. Quizás el principal desafío es lograr ofrecer QoS, ya que el hecho de que los servicios sean ofrecidos a través de Internet hace que dependan de las condiciones del tráfico en la red. Otro paso importante sería lograr estandarizar IPTV, aunque en estos momentos no está contemplado, al no ser obligatorio para investigar sobre él, pero esto causa que en ocasiones haya inversiones innecesarias y nuevos servicios que no pueden ver la luz. Para obtener mejores condiciones, un avance sería lograr estabilizar las líneas DSL, y conseguir mejores herramientas para uniformizar las conexiones y distribuir de manera más eficiente los paquetes introduciendo, por ejemplo, alguna componente de localización en los datos y nodos.

Además de mejorar las plataformas actuales, existen investigaciones que permiten hacernos una idea acerca de las tendencias de la tecnología y sus nuevos servicios [7]:

- Visionado en diferido: Este servicio permitiría ver un programa desde el principio aún cuando el mismo hubiese ya empezado, o hasta terminado. Sobre él, el usuario podría rebobinar o pausar el visionado, y cambiar a otro canal, ya que el servicio está construido sobre un buffer circular. Este sistema permitiría al usuario empezar a ver un programa ligeramente más tarde de su programación real, y escoger eliminar los anuncios comerciales que existen entre medio, por ejemplo.
- Grabador personal de vídeo en red: Así, el usuario podría seleccionar de antemano qué programas quiere ver de entre la programación estándar de la TV, haciendo que el sistema los almacene en la red para su posterior visionado. De esta forma, el proveedor del servicio, podría conocer de antemano las preferencias de los usuarios, y hacer uso de ellas.

Por último, detallar también un servicio actualmente en desarrollo, que nos permite acercarnos al futuro de IPTV. Telefónica desarrolló la primera plataforma de Televisión por ADSL de España, Imagenio. Actualmente Telefónica I+D continúa sus actividades de investigación en este campo, que permitirán ofrecer Imagenio 3D [14], la evolución del servicio de TV por ADSL de Telefónica que posibilitará a los usuarios visualizar contenidos en formato tridimensional directamente en el hogar.

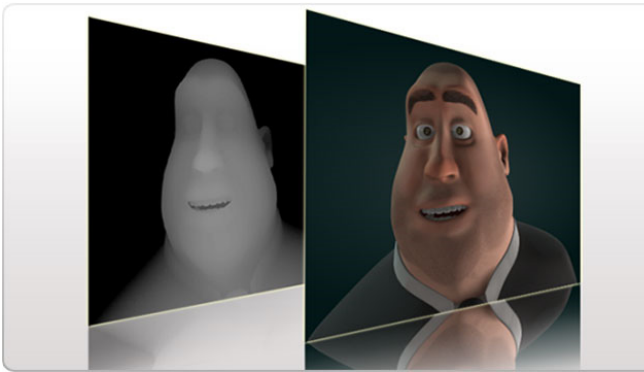


Fig. 6. Imagenio 3D [14].

## VII. CONCLUSIÓN

IPTV engloba una gran cantidad de protocolos y tecnologías, aunque en una frase puede definirse como el “envío de señal de TV sobre redes IP”. Hemos visto que existen arquitecturas muy heterogéneas, los ISPs y servicios comerciales disponen de servidores dedicados, mientras que las alternativas libres se basan principalmente en redes *peer-to-peer*. Los primeros deben ser capaces de lograr una calidad de servicio aceptable, para proveer cierta experiencia de usuario, ya que de ello depende lograr más cliente. Por el contrario, las arquitecturas P2P no comerciales, actúan en modo *Best Effort*.

Los servicios IPTV cada vez son más utilizados, sobre todo coincidiendo con acontecimientos concretos (deportes, ceremonias, etc.), siendo un éxito el haber aprovechado la arquitectura de red ya existente, para poder desplegar estas nuevas posibilidades multimedia. Aún así, la red actual puede convertirse en un cuello de botella, en previsión del despliegue futuros desarrollos con mayores requisitos, ya que actualmente ni siquiera los servicios comerciales pueden llegar a todos los hogares.

Por tanto, queda aún mucho trabajo por hacer para conseguir ofrecer la señal de TV a cualquier usuario conectado a Internet mediante los distintos dispositivos multimedia. En el futuro tendremos la red todo-IP, la cuál podrá asegurar cierta homogeneidad de redes de acceso, pero para ser capaces de desplegar los servicios del futuro, será necesario que la red sea estable y cubra los requisitos que impongan.

## REFERENCIAS

[1] Y. Xiao, X. Du, J. Zhang, F. Hu y S. Guizani, “Internet Protocol Television (IPTV): The Killer Application for the Next-Generation Internet”. IEEE Communications Magazine, Noviembre de 2007.

[2] Imagen extraída de: <http://www.adslayuda.com/images/noticias/2914-Noticia/iptv.gif>.

[3] E. Shihab, L. Cai, F. Wan y A. Guilliver, “Wireless Mesh Networks for In-Home IPTV Distribution”. IEEE Network, Enero de 2008.

[4] Y. J. Won, J. Won-Ki, M. Choi, C. Hwang y J. Yoo, “Measurement of Download and Play and Streaming IPTV Traffic”. IEEE Communications Magazine, Octubre de 2008.

[5] A. Sentinelli, G. Marfia, M. Gerla, L. Kleinrock, S. Tewari, “Will IPTV Ride the Peer-to-Peer Stream?”. IEEE Communications Magazine, Junio de 2007.

[6] S. Vanhastel, R. Hernandez, “Enabling IPTV: What’s Needed in the Access Network”. IEEE Communication Magazine, Agosto de 2008.

[7] N. Degrandem K. Laevens, D. Vleeschauwer y R. Sharpe, “Increasing the User Perceived Quality for IPTV Services”. IEEE Communications Magazine, Febrero de 2008.

[8] J. Kim, T. Um, W. Ryu, B. Lee y M. Hahn, “Heterogeneous Networks and Terminal-Aware QoS/QoE-Guaranteed Mobile IPTV Service”. IEEE Communications Magazine, Mayo de 2008.

[9] X. Hei, Y. Liu y K. W. Ross, “IPTV over P2P Streaming Networks: The Mesh-Pull Approach”. IEEE Communications Magazine, Febrero de 2008.

[10] D. A. G. Manzano y N. L. S. da Fonseca, “Peer-to-Peer IPTV Services”. IEEE 2008.

[11] Y. Huang, Y. Chen, R. Jana, H. Jiang, M. Rabinovich, A. Reibman, B. Wei y Z. Xiao, “Capacity Analysis of MediaGrid: A P2P IPTV Platform for Fiber to the Node (FTTN) Networks”. Enero de 2007.

[12] Imagen extraída de: [http://www.nagravision.com/images/graphics/iptv/sol\\_iptv\\_quative.jpg](http://www.nagravision.com/images/graphics/iptv/sol_iptv_quative.jpg)

[13] Sitio web de Google Trends: <http://www.google.es/trends>

[14] Extraída de: <http://www.tid.es/que-hacemos/proyectos-destacados/imagenio-3d>

[15] Web oficial de Imagenio: <http://www.telefonica.es/imagenio-television>

[16] Web de Jazztelia TV: <http://www.jazztelia.com/tv/>

[17] Web de Orange TV: <http://tv.orange.es/>

[18] Grupo de trabajo de WPAN: <http://www.ieee802.org/15/>

[19] MoCA Alliance: <http://www.mocalliance.org/>

[20] HomePlug Power Alliance: <http://www.homeplug.org/>

[21] Home Phoneline Networking Alliance: <http://www.homepna.org/>

[22] Grupo de trabajo 802.11n: [http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/tgn\\_update.htm](http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/tgn_update.htm)

[23] Grupo de trabajo 802.16: <http://www.ieee802.org/16/>

[24] Enlace al RFC 3031: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3031.txt>

[25] Sitio web de Youtube: <http://www.youtube.com>

[26] Sitio web de Pplive: <http://www.pplive.com/en/index.html>

[27] Sitio web de Ppstream: <http://www.ppstream.com/>

[28] Enlace a la noticia: <http://www.juegosyolimpicos.com/tve-ofrecera-mas-de-1000-horas-de-emision-para-los-juegos-olimpicos/>

[29] Sitio web de Telecinco para la copa confederaciones: <http://www.telecinco.es/informativos/copaconfederaciones/>

[30] Plus.es, el sitio online de Digital Plus: <http://plus.es>

[31] Red Ustream, streaming de videos en tiempo real: <http://www.ustream.tv/>

[32] Enlace sobre MobuzzTV en la wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/MobuzzTV>

[33] J. Liu, S. G. Rao, B. Li, and H. Zhang, “Opportunities and challenges of peer-to-peer internet video broadcast,” Proceedings of the IEEE, Special Issue on Recent Advances in Distributed Multimedia Communications, 2007.

[34] X. Hei, C. Liang, J. Liang, Y. Liu, and K. W. Ross, “A measurement study of a large-scale p2p iptv system,” IEEE Transactions on Multimedia, Nov. 2007.

[35] S. Ali, A. Mathur, and H. Zhang, “Measurement of commercial peerto-peer live video streaming,” in First Workshop on Recent Advances in Peer-to-Peer Streaming, Aug. 2006.

[36] X. Zhang, J. Liu, B. Li, and T. S. P. Yum, “Donet/coolstreaming: A datadriven overlay network for live media streaming,” in IEEE INFOCOM, vol. 3, Mar. 2005, pp. 2102–2111.

[37] M. Castro, P. Druschel, A.-M. Kermarrec, A. Nandi, A. Rowstron, and A. Singh, “Splitstream: High-bandwidth multicast in a cooperative environment,” in Proceedings of the 19th ACM Symposium on Operating Systems Principles (SOSP’03). ACM Press, Oct. 2003, pp. 298–313.

[38] Y. Cui and K. Nahrstedt, “Layered peer-to-peer streaming,” in Proceedings of the 13th international workshop on Network and operating systems support for digital audio and video (NOSSDAV ’03). New York, NY, USA: ACM, 2003, pp. 162–171.

[39] J. Liu, B. Li, and Y.-Q. Zhang, “Adaptive video multicast over the internet,” IEEE MultiMedia, vol. 10, no. 1, pp. 22–33, 2003.