



Tecnura

ISSN: 0123-921X

tecnura@udistrital.edu.co

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Colombia

Ferro Bolívar, Ricardo Alonso; Hernández, Cesar
Los sistemas IPTV ¿una amenaza inminente para los actuales medios de teledifusión?
Tecnura, vol. 15, núm. 28, enero-junio, 2011, pp. 101-122
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257019614010>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Los sistemas IPTV

¿una amenaza inminente para los actuales medios de teledifusión?

Are IPTV systems an imminent threat to the current broadcast media?

RICARDO ALONSO FERRO BOLÍVAR

Ingeniero Electrónico, candidato a Magíster en Ciencias de la Información y Comunicaciones. Ingeniero de Mantenimiento en Radio y Televisión de RTVC. Bogotá, Colombia. rifer2411@gmail.com

CESAR HERNÁNDEZ

Ingeniero Electrónico, Especialista en Servicios Telemáticos e Interconexión de Redes, Magíster en Ciencias de la Información y Comunicaciones. Docente e investigador de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. cahernandezs@udistrital.edu.co

Clasificación del artículo: revisión (Recreaciones)

Fecha de recepción: agosto 19 de 2010

Fecha de aceptación: febrero 1 de 2011

Palabras clave: Difusión, IPTV, QoE, QoS.

Key words: Multicast, IPTV, QoE, QoS.

RESUMEN

En este documento se pretende mostrar las características y ventajas que tienen los sistemas IPTV sobre las actuales plataformas de televisión (TV), teniendo en cuenta los servicios y aplicaciones que pueden brindar utilizando la misma infraestructura de red. Muchas empresas proveedoras de servicios de Internet basan sus estrategias en ofrecer una integración de servicios en un solo paquete, como es video, voz, datos, y así entran a competir con la televisión satelital y la Televisión Digital Terrestre (TDT), las cuales con la implementación de nuevas tecnologías han desplazado, de alguna forma, a la televisión analógica.

Dentro de los sistemas de TV sobre IP existen una serie de parámetros requeridos que garantizan una

Calidad De Servicio (QoS) apropiada basada en una mínima Calidad De Experiencia del usuario (QoE). En los sistemas IPTV algunas veces es difícil ofrecer una excelente QoS al usuario final, debido a la heterogeneidad de las tecnologías y arquitecturas que se implementan en este tipo de transmisión y, a su vez, a una serie de parámetros que intervienen en garantizar una QoS deseable, como la limitación de ancho de banda que se requiere, el retardo, la pérdida de paquetes y otros factores que generan a una serie de problemas que se presentan en las transmisiones de TV y que conllevan a una baja QoE, como son el pixelado, la congelación de la imagen, etcétera.

re-creaciones |

ABSTRACT

This paper aims to show the features and advantages that IPTV systems on existing TV platforms taking into account the services and applications that can provide using the same network infrastructure. In this way many companies providing Internet services, base their strategies on providing an integration of services in one package, such as video, voice data. And so to compete with satellite TV and digital terrestrial television (TDT), which have shifted in some way with the implementation of new technologies for analog TV. Within the IPTV systems there are a number of parameters required to ensure quality

of service (QoS) appropriate based on a minimum quality of user experience (QoE). In IPTV systems is sometimes difficult to provide an excellent quality of service (QoS) to the end user, because of the heterogeneity of technologies and architectures that are implemented in this type of transmission and in turn to a number of parameters involved in ensuring Quality of Service (QoS) desirable, as are the limited bandwidth that is required, delay, packet loss and other factors that lead to a series of problems that arise in the transmission of TV and involve to low QoE such as pixelation, picture freeze, etc.

* * *

1. Introducción

En el ámbito de las comunicaciones, las transmisiones de video representan uno de los factores de tráfico con más influencia, debido a las exigencias de ancho de banda y funcionamiento en tiempo real. Para mejorar la calidad de servicio en una transmisión de video es fundamental conocer y evaluar su comportamiento a través de la red y, de esta forma, poder aplicar esquemas de modelamiento que permitan evaluar de una manera más precisa el comportamiento del video [1].

El desarrollo evolutivo de las telecomunicaciones y el auge de la necesidad de mostrar nuevas aplicaciones tecnológicas han hecho que los actuales medios de comunicación planteen propuestas innovadoras que permitan cada vez más una fácil adquisición de la información. Los sistemas de TV sobre IP han mostrado un crecimiento global, desarrollando estándares digitales de video que permiten mejorar la eficiencia en los sistemas de transmisión. Las empresas proveedoras de Internet o ISPs han venido estableciendo un conjunto de aplicaciones sobre la misma infraestructura de red, proporcionando así un mayor aprovechamiento y rentabilidad a la red ya desplegada y creando la opción de entrar a competir con la TV digital terrestre y la televisión satelital.

En los sistemas IPTV existe una serie de aplicaciones y de servicios que hacen de esta tecnología una herramienta más interactiva para el usuario, como son: la televisión por demanda, pago por ver, grabador de video personal, entre otras. Es de gran importancia analizar la arquitectura y tecnología que facilita la entrega de este servicio a los usuarios, de esto depende proveer a los clientes con señales de óptima calidad y la acogida que tenga este servicio en el mercado [1].

Los servicios de entretenimiento, transmisión de datos y telefonía están transitando una etapa de transformación radical que se identifica como un fenómeno denominado *convergencia* que está cambiando nuestras necesidades y ambientes de comunicación. Hasta hace poco los proveedores para cada uno de estos servicios estaban bien diferenciados, pero ahora, gracias a la digitalización, están migrando hacia una plataforma de banda ancha, capaz de transportar servicio de telefonía (voz), televisión (video), servicio de Internet (datos) para dar lugar a lo que conocemos como *triple play* [1] [5] [12].

2. Comparación entre los sistemas IPTV y otras tecnologías de difusión

La ventaja que tiene IPTV sobre los otros medios de difusión es la multiplicidad de servicios y la personalización de la programación única en este tipo de medios gracias a las redes IP.

2.1. TDT e IPTV

La principal diferencia entre estos dos sistemas es el público de cada uno; TDT está dirigido a un público en general y el único requerimiento para el usuario es tener un sintonizador de TV digital, conectado a un televisor o a un decodificador, y tiene la restricción de estar sujeto a la programación que imponga el operador. Por otra parte, IPTV está orientado a un público que desea disfrutar de una programación más personalizada y quiere obtener una serie de servicios de un sistema con una aplicación más interactiva. Otra diferencia básica es la forma de transmitir la programación, la TDT utiliza un medio aéreo VHF/UHF para su difusión e incorpora un canal de retorno para permitir la interactividad, por otro lado, IPTV utiliza redes cableadas privadas de operadores que cuentan con un canal físico dedicado a la interactividad [2] [6] [7].

2.2. Sistemas de cable e IPTV

La diferencia entre estos dos sistemas se puede ver desde un punto de vista arquitectónico y de servicios. Es importante mencionar que un sistema de TV por cable, basado en cobre, sólo puede transportar información analógica, de esta forma las redes troncales y de distribución utilizan tecnología analógica, a excepción de una troncal HFC, la cual utiliza tecnología mixta, ya que al utilizar enlaces de fibra óptica obliga a hacer una conversión electro-óptica y a digitalizar la información. Por otro lado, las redes IP que se implementan en los sistemas IPTV son completamente digitales.

El tipo de emisión para sistemas por cable es en *broadcast* y todos los canales en distintas frecuencias están presentes para el usuario, aunque nuevas aplicaciones pueden brindar el servicio de acceso condicional, permitiendo crear paquetes de programación al gusto del suscriptor. Por lo general, la transmisión es unidireccional y va desde el *head end* al usuario. Por el contrario, los sistemas IPTV son aplicaciones dinámicas que, gracias a las técnicas *multicast*, permiten brindar servicios personalizados como video por demanda y, además, su transmisión es bidireccional lo que permite mayor interactividad [7] [37] [43].

2.3. Web-TV e IPTV

Tabla 1. Comparación Web-TV e IPTV [7].

Web-TV	IPTV
<ul style="list-style-type: none"> No se restringe a un territorio sino que es de alcance mundial. No garantiza Calidad De Servicio (QoS). El servicio es orientado al PC. Modelo abierto a cualquier interesado en subir contenido. Navegación por Internet para obtener contenido de audio y video. Ancho de banda compartido con otros usuarios. Se produce congestión en la red al tratar de ingresar muchos usuarios al mismo video. 	<ul style="list-style-type: none"> Restringido a una zona específica. Calidad De Servicio. Es orientado al televisor y requiere un decodificador (<i>Sat Top Box</i>). Utiliza un sistema cerrado controlado por el operador. El operador utiliza una infraestructura de red cerrada. Ancho de banda dedicado para cada usuario.

3. Servicios y aplicaciones IPTV

En los sistemas de TV sobre IP existe una serie de servicios y aplicaciones, las cuales hacen que se despliegue una interactividad más directa entre los contenidos programáticos y el usuario final. Estos

re-creaciones |

servicios son controlados por el operador de red, permitiendo que el proveedor pueda intervenir en el acceso a los contenidos y, a su vez, en la calidad de la imagen que es transmitida. Dentro de las aplicaciones IPTV encontramos:

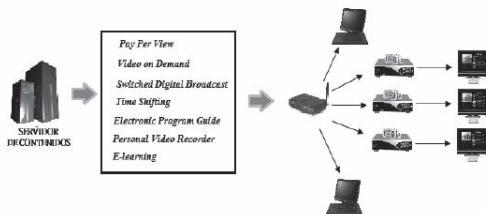


Figura 1. Servicios IPTV.

3.1. Triple play

Si un proveedor de servicios ofrece telefonía por un par de hilos, televisión por cable, acceso a Internet, mediante un módem ADSL, y promete cobrar un único pago mensual por estos tres servicios, esto no es un servicio *triple play*, simplemente está ofreciendo una única factura por los tres servicios en lugar de tres. Ahora, si el mismo proveedor ofrece estos tres servicios, pero implementando una sola infraestructura de red y conexión de banda ancha, se habla de *triple play*. Su finalidad no es sólo ofrecer servicios de telefonía, televisión e Internet, con una única facturación, sino de aprovechar los recursos de red para combinarlos inteligentemente para proveer muchas aplicaciones; por ejemplo, mientras se mira televisión uno también podría contestar una llamada entrante o aceptar una invitación a chatear en el mismo terminal donde se mira la televisión e, incluso, también se podrían realizar consultas en Internet usando el mismo terminal [3] [4] [15].



Figura 2. Ejemplo servicio triple play.

El servicio *triple play* es el futuro cercano para el desarrollo integral de la comunicación entre hogares. El desarrollo actual de las empresas proveedoras de servicios (empresas de telecomunicaciones, televisión por cable, televisión satelital, eléctricas, etcétera) conlleva a una solución única para varios problemas: servicio telefónico, televisión interactiva y acceso a Internet, todo en un mismo servicio. La diferencia distintiva de esta nueva categorización de tecnología consiste en que todos los servicios se sirven por un único soporte físico, ya sea cable coaxial, fibra óptica, red eléctrica, microondas o cable par trenzado, como se ve en el ejemplo de la Figura 2 [4] [14] [15] [40].

3.2. Televisión móvil

Con el fin de acercarse rápidamente al *triple play*, los operadores necesitan añadir servicios que se puedan incluir en un paquete y la movilidad es muy atractiva para ellos. Una ampliación de un servicio de televisión de IPTV sería la de permitir que el suscriptor digital pueda descargar y decodificar el contenido de audio y video, o sólo el contenido de audio en un formato portátil adecuado para reproductores portátiles (como, por ejemplo, los reproductores de MP3). La descarga y decodificación del contenido es un trabajo que hace el receptor STB; éste no solamente tiene que transcodificar sino que posiblemente tenga que volver a codificar el contenido con un sistema de protección y deba guardarlo en una unidad de disco duro. Finalmente, el STB puede transferir el contenido a un dispositivo por-

tátil a través de una interface de alta velocidad con interface USB 2.0 [4] [14].

3.3. Pay Per View (PPV)

También conocido como televisión a la carta o pago por evento. Es una aplicación en la cual el usuario puede solicitar a su proveedor de servicio, a través de un costo específico, el acceso a los contenidos de eventos en vivo: conciertos musicales, programas deportivos o, si lo requiere, el contenido programático de un canal completo. A diferencia de los sistemas de video a la carta (*video ondemand*), la señal se transmite de forma simultánea para todos los compradores. El canal empleado puede ser tanto digital como analógico y el usuario no recibe señal o la recibe distorsionada en tanto que no efectúa la compra. Ésta se puede realizar de forma automática, con el mando a distancia del propio equipo decodificador, conectado a una línea telefónica o por el propio cable si se trata de televisión por cable; también de forma manual, a través de un distribuidor o realizando una llamada telefónica [5] [3] [15] [40].

3.4. Video On Demand (VoD)

Es un servicio que de forma interactiva le permite al usuario solicitar cualquier tipo de contenido, ya sean películas, eventos o cualquier acontecimiento y, de esta forma, disfrutarlo en el horario que desea, teniendo un mayor control sobre el contenido. La reproducción es enviada desde los servidores al usuario final en forma individual, teniendo la opción de pausar, rebobinar, o reproducir a su voluntad [6] [15].

Existen dos maneras de distribución de VoD: a través de LAN se puede realizar una distribución mucho más rápida a los usuarios. En cambio, a través de WAN la respuesta es más lenta pero el alcance es mucho más amplio [5] [37].

3.5. Personal Video Recorder (PVR)

El grabador de video personal es una aplicación interactiva de grabación de televisión en formato digital. Físicamente está compuesto por un disco duro, con gran capacidad de almacenamiento, y un software para el control y configuración de los contenidos, como aplicaciones de búsqueda avanzada. Entre las funciones de los PVR encontramos la grabación retroactiva, grabación auxiliar, archivo en carpetas, lista de preferencias y otras aplicaciones que hacen de este servicio una herramienta más interactiva para los usuarios de TV [6] [36] [46].

3.6. Switched Digital Broadcast (SDB)

Es la difusión de los contenidos de la forma convencional, donde los usuarios pueden acceder a todos los programas de TV. En los sistemas IPTV funciona en *multicast*, garantizando una optimización en la multidifusión de los contenidos.

No tiene sentido difundir en toda la red el programa que sólo quiere ver un cliente (*narrowcast*). Ni tampoco tiene sentido transmitir dentro del grupo de servicio todos los canales, cuando existen algunos con una baja demanda (ahorro de ancho de banda). La idea del servicio SDB es difundir sólo la programación que el usuario quiere ver.

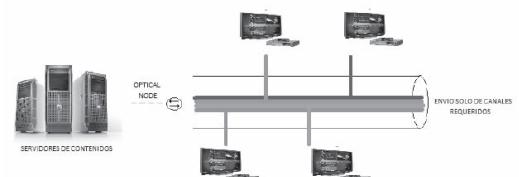


Figura 3. Esquema de red SDB.

3.6.1. Características

- SDB es un recurso complementario para liberar ancho de banda.

re-creaciones |

- Sólo puede aplicarse sobre señales digitales.
- SDB soporta cualquier códec de video, desde MPEG-2 hasta H.264.
- SDB maneja un tipo de transmisión *narrowcast* que utiliza modulación *edge QAM*.
- Requiere un *Upstream* (velocidad de subida) robusto para interactuar con los STB [16] [17] [18].

3.7. Electronic Program Guide (EPG)

Es una aplicación de la TV digital, donde se puede encontrar de manera rápida y organizada todos los canales y un menú de opciones para facilitar la búsqueda por parte del suscriptor del servicio. Así, el usuario puede elegir lo que desea, sin necesidad de acudir al habitual *channel-hopping*, recurso que resulta molesto debido a la gran cantidad de canales que maneja la TV digital. En un EPG, además, podemos realizar búsquedas exhaustivas, seleccionando diferentes temáticas o, incluso, cuando se trata de largometrajes nos muestra una sinopsis del mismo [6] [15] [46].

3.8. Time Shifting

Es el almacenamiento en un lapso corto de tiempo de la programación transmitida recientemente; con esta aplicación el usuario puede acceder en su totalidad a un contenido que ya ha iniciado [2] [7] [15].

3.9. E-learning

Es un servicio que tienen los sistemas IPTV en el cual se desarrolla una serie de cursos que fomentan el aprendizaje en diferentes grupos de usuarios como, por ejemplo, cursos infantiles para niños [15].

4. Descripción de los sistemas IPTV

El proceso de transmisión de la televisión sobre IP puede comenzar desde un servidor donde esté almacenado el video, desde una transmisión en vivo o puede ser una señal satelital. Para convertir la señal de la fuente en datos digitales, debe pasar por un codificador, luego estos datos digitales son encapsulados en paquetes IP. Antes de ser distribuidos al usuario final, la señal de IPTV debe ser encriptada; luego, es transmitida para llegar a un *Sep Top Box* que convierte los datos digitales en señal analógica para que pueda ser interpretada por el televisor [7] [2].

IPTV 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 y fragmentarla, encapsulando los paquetes para ofrecerlos en la red IP *core*, mediante *multicast* o *unicast* (1). Una de las ventajas de los sistemas de TV sobre IP es la gestión que se ejerce sobre el tráfico para garantizar niveles de QoS más elevados, donde podemos señalar algunos parámetros que definen la QoS tanto para el audio como para el video, entre los que mencionamos el retardo, la pérdida de paquetes, el *jitter* promedio, entre otros. De esta forma, se establecen unas métricas como son el tiempo de retardo al efectuar un cambio de canal, la disponibilidad que tiene el canal, fallos en el cambio de canal, etcétera [2] [13].

4.1. Características técnicas

El tráfico para IPTV crece debido a que el video se entrega en flujos constantes en el *Set Top Box*. La calidad de la imagen es controlada por el proveedor del servicio, el cual determina la tarifa de codificación (cantidad de bits por trama) [11].

IPTV tiene características que lo diferencian de otros servicios de difusión, como consumir un mayor ancho de banda y, de esta forma, requerir una conexión de alta velocidad en el tramo de

acceso. Dentro de las características principales de un sistema de TV sobre IP para su adecuado funcionamiento encontramos las siguientes:

- Utiliza redes de acceso de alta velocidad: ADSL2, ADSL2+, FTTH, VDSL, Carrier-Grade-Ethernet, entre otras.
- Distribución de los contenidos a través de una red de alta velocidad con funciones *multicast* de red y calidad de servicio garantizada.
- Se implementa fibra óptica en la red troncal y se utiliza como núcleo de la red para realizar *multicast*.
- Utiliza un sistema de decodificación Sep Top Box como dispositivo de recepción del usuario.
- La TV varía de 6 Mbps a 15 Mbps, dependiendo de la tarifa de codificación.
- Selección de canal, almacenamiento local para funcionalidades de avance rápido, rebobinado, etcétera. 1~4Mbps para definición estándar y 4~12Mbps para HDTV [8] [10].

4.2. Formatos de video en sistemas IPTV

El empleo de un estándar abierto, como por ejemplo H.264, fomenta la competitividad en el desarrollo de dispositivos de codificación y, a su vez, reduce el costo de los mismos; promoviendo e incentivando al consumidor a gestionar más contenidos. Entre los códec de videos implementados en sistemas de TV sobre IP, encontramos MPEG-2, MPEG-4, H.264.

MPEG son las iniciales del grupo de ingeniería experto en las imágenes en movimiento. Éste está encargado de establecer los estándares para la codificación y transmisión de audio y video. El video se puede definir como una reproducción secuencial de imágenes a una determinada velocidad para dar una sensación de movimiento al ojo humano. Estas

imágenes denominadas fotogramas se representan de manera digital, debido a que esta información ocupa un gran ancho de banda es necesario codificarla [8] [20] [22].

4.2.1. Formato MPGE-2

MPEG-2 básicamente es implementado para codificar audio y video en señales de transmisión, que incluyen televisión digital terrestre, por satélite o cable. MPEG-2, con algunas modificaciones, es también el formato de codificación usado por los discos SVCD's y DVD's comerciales de películas. Logra relaciones de compresión de más de 50:1, pero mantiene la calidad visual del video original, a diferencia de MPEG-1. MPEG-2; es similar a MPEG-1, pero también proporciona soporte para video entrelazado (el formato utilizado por las televisiones). MPEG-2 no está optimizado para bajas tasas de bits (menores que 1 Mbit/s), pero supera en desempeño a MPEG-1 a 3 Mbit/s y superiores [4].

El estándar de compresión MPEG-2, a través de una trama de video comparada con sus sucesivas, permite que se almacene sólo la información de los cambios entre las tramas, generando redundancia en la información que transporta la primera trama y teniendo como ventaja la reducción en el ancho de banda, ya que va existir información original que va a dejar de ser transmitida. Presentando el inconveniente que el mínimo común denominador de una trama sigue siendo considerable [8] [23].

4.2.2. Formato MPGE-4

MPEG-4 (Moving Pictures Experts Group) es un estándar desarrollado por MPEG, el mismo grupo que desarrolló los estándares MPEG-1 y MPEG-2. Su principal función es ofrecer un mayor grado de interactividad y control de los contenidos multimedia al usuario. Este formato maneja una serie de códecs y estándares internacionales de video, audio y datos, creados especialmente para la web.

re-creaciones |

Está formado por algoritmos de compresión que codifican datos, audio, y video, optimizando su calidad de almacenamiento, codificación y distribución en redes. Es un codificador de video que trabaja tasas de bit muy bajas para comunicaciones inalámbricas, hasta tasas de bit en HDTV. Entre sus usos se encuentra el flujo de medios audiovisuales y emisión de TV [9] [8] [22].

MPEG-4 reconoce los objetos individualmente dentro de cada trama y puede manipular cada objeto de forma individual. Este formato maneja niveles de compresión de ocho a doce veces más que MPEG-2. Por ejemplo, el estándar de la compresión MPEG-2 consume aproximadamente 3.75 Mbps, el nuevo estándar de compresión, MPEG-4, consume solamente 2 Mbps, mientras que proporciona la misma imagen de alta calidad.

MPEG-4 permite integrar los contenidos naturales y sintéticos en forma de objetos, ofreciendo mayor versatilidad en cuanto a relaciones de flujo, desde 5 Kbps hasta 5 Mbps para video. Agregando que MPEG-4 ofrece una administración y protección mejorada de la propiedad intelectual. Durante la decodificación, MPEG-4 recupera la información de cada objeto, ofreciendo al usuario la posibilidad de modificar cualquier parámetro disponible sin la necesidad de nuevas decodificaciones [6] [8] [26].

4.2.3. Formato H.264

El nuevo estándar de video H.264 no sólo es eficiente para el almacenamiento de video sino que también proporciona un alto rendimiento en compresión y es más robusto a errores de transmisión que sus antecesores MPEG-2, H.263 y MPEG-4 parte 2. Las comparaciones demuestran que el H.264 tiene una eficiencia de codificación de aproximadamente 1.5 veces mayor en cada secuencia de prueba, con relación a otros estándares.

El H.264 cuenta con los mismos elementos o bloques funcionales que sus antecesores, ya que también

adopta un algoritmo híbrido de predicción y de transformación para la reducción de la correlación espacial y de la señal residual, control de la velocidad binaria o *bit rate*, predicción por compensación de movimiento para reducir la redundancia temporal, así como la codificación de la entropía para reducir la correlación estadística. Sin embargo, lo que hace que este estándar proporcione mayor eficiencia de codificación es la manera como opera cada bloque funcional. Por ejemplo, el H.264 incluye predicción intra cuadro (INTRA), característica única de este estándar (Huang, 2005); transformación por bloques de 4x4 muestras, cuyos coeficientes transformados resultan enteros (Wien, 2003), anteriormente, se incluía transformación de 8x8 muestras; referencia múltiple para predicción temporal; tamaño variable de los macro bloques a comprimir; precisión de un cuarto de píxel para la compensación de movimiento; filtro de desbloqueo (List, 2993) y codificador de entropía mejorado. Todas estas mejoras vienen acompañadas de un aumento en la complejidad de la implementación [3] [24].

4.3. Protocolos implementados en un sistema IPTV

En los servicios IPTV existen una serie de protocolos, dentro de los que se encuentran los protocolos para el transporte, el control de señales de video en tiempo real a través de una red IP y los protocolos para una transmisión *multicast* de red. A continuación mencionaremos algunos protocolos que explican el transporte y comportamiento en una transmisión de video a través de la red.

4.3.1. Protocolos de transporte y de control

En las transmisiones de video existen protocolos básicos utilizados para ofrecer servicios IPTV, dentro de los cuales encontramos protocolos de transporte como: TCP, UDP, RTP, RTCP, y protocolos de control de la sesión como RTSP Y SDP [6].

- **TCP y UDP**

Los protocolos TCP Y UDP suministran las funciones básicas de transporte a través de una red IP. Estos también realizan las funciones de multiplexado, control de flujo y errores. Debido al retraso que genera la implementación de TCP, en cuanto a proceso de control y transporte, las transmisiones de video en tiempo real utilizan más el protocolo UDP, pero igualmente, dado que este protocolo no garantiza la entrega, el receptor debe implementar una capa superior (RTP) para poder detectar la pérdida de los paquetes [9] [10] [39].

- **RTP (Real Time Transport Protocol)**

Es un protocolo de nivel de sesión utilizado para la transmisión de información en tiempo real. La función de RTP es brindar un medio más estable a la red IP en el transporte de información como video, voz y datos, teniendo en cuenta las limitaciones en tiempo real que éste genera. Dentro de sus funciones encontramos: marcador temporal, numeración de secuencias, identificación del tipo de carga e identificación de fuente [4] [6] [9].

- **RTCP (RTP Control Protocol)**

RTCP es un protocolo que se utiliza para transmitir paquetes de control hacia todos los miembros de una sesión, implementando los mismos mecanismos de distribución de datos que el protocolo RTP. Su función principal es proporcionar una realimentación de calidad de servicio en la información recibida. Éste recoge estadísticas de conexión, tasa y acumulado de paquetes perdidos, paquetes enviados, *jitter* y retardo desde el último paquete enviado [4] [6] [9] [44].

- **RTSP (Real Time Streaming Protocol)**

Es un protocolo de nivel de aplicación que sirve para controlar la entrega de datos que requieran

envío de información en tiempo real. Los mensajes del protocolo incluyen los métodos describe, play, pause y record, entre otros, a través de éstos se controla la entrega de paquetes multimedia [12]. En la mayoría de los casos, RTSP utiliza TCP para datos de control de reproductor y UDP para audio y video. También RTSP permite la elección de los canales de envío, y los mecanismos de envío, basados en RTP y RTCP, funcionan tanto en unicast como en multicast [4] [6] [25] [44].

- **SDP (Session Description Protocol)**

Éste describe los parámetros de inicialización de los flujos multimedia. Entre sus funciones está describir las sesiones de comunicación multimedia, cubriendo aspectos como anuncio de sesión, invitación a sesión y negociación de parámetros [4] [6] [9].

4.4. Protocolos multicast

La distribución *multicast* está basada en la capacidad de los *routers* de hacer multiplexación de flujo de datos a través de diversos dominios y sistemas autónomos, teniendo la ventaja de generar una reducción en la cantidad de datos que circulan a través de Internet, así como una disminución en la carga de las fuentes de datos y servidores. Como ejemplo más significativo se tiene la distribución de canales de televisión en implementaciones IPTV, dentro de las ofertas de servicios *triple play*. Como cada canal supone un flujo de video similar para todos los abonados que lo estén viendo en un momento dado, la entrega mediante *multicast* libera mucha carga tanto en el núcleo de la red y la sección de distribución como en el borde y la zona de acceso. Su distribución genera un “árbol” cuyas ramas se van bifurcando a medida que el flujo atraviesa la red, estas bifurcaciones llegan hasta cada usuario final. De este modo, la capacidad consumida en la red, sobre todo en el núcleo, es muchísimo menor que la capacidad agregada existente cuando el número de usuarios que ven el canal es significativo.

re-creaciones |

En la Figura 1 se observa la distribución *multicast* generada en un sistema de TV sobre IP [3] [8] [49].

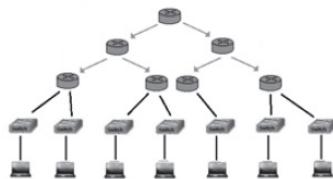


Figura 4. Sistema multicast.

Para la realización de *multicast* en una red es necesario un soporte por parte de los sistemas finales y los equipos intermedios de ésta. En concreto, los *routers* de la red han de ser capaces de ejecutar una serie de protocolos, uno principal para realizar el encaminamiento con replicación de flujos y varios auxiliares para mantener bases de datos de rutas, mecanismos de seguridad, interacción con los miembros de los grupos, control de admisión, descubrimiento de fuentes de datos y mantenimiento de redundancia en previsión de fallos. Dentro de los protocolos *multicast* encontramos los siguientes: [3].

4.4.1. PIM (Protocol Independent Multicast)

Es un protocolo que opera de forma *Soft-State* (estado volátil), el cual establece el estado de enrutamiento *multicast* basándose en la información contenida en las tablas de enrutamiento *unicast*. Es un protocolo de enrutamiento *unicast* independiente y se puede operar en dos modos:

- PIM-SM (PIM Sparse Mode): es el protocolo de enrutamiento *multicast* más usado, ya que es independiente del protocolo *unicast*, en el cual se basa su funcionamiento. Éste limita la distribución de datos de manera que una cantidad mínima de *routers* de la red los reciban.
- PIM-DM (PIM Dense Mode): en el modo denso los paquetes se envían a través de todas

las interfaces emisoras hasta que se produce truncamiento [3] [8] [12] [39].

4.4.2. IGMP (Internet Group Management Protocol)

Es un protocolo que opera en la capa tres del modelo OSI. Se implementa cuando el envío de datos a una dirección IP puede alcanzar múltiples servidores y a todos los dispositivos de una subred. (4) IGMP es usado entre los *host* y enruteadores locales. Cuando un miembro potencial desea unirse a un grupo *multicast* ha de enviar una petición de unión al *router* designado de su subred, el cual se encarga de extraer la información relevante y generar un mensaje de unión específico del protocolo de encaminamiento *multicast* [3] [39] [49].

4.4.3. BGMP (Border Gateway Multicast Protocol)

A pesar de que en principio resultó válido para la realización de multicast interdominio, es desestimado debido a que por su complejidad fue rechazado por los operadores de red y proveedores de servicios de Internet para su implementación a gran escala. Actualmente no existen despliegues de red con este protocolo.

4.4.4. DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol)

Este protocolo fue el primero diseñado para realizar enrutamiento *multicast*. Actualmente sólo se usa en la periferia de redes de operador que contienen sistemas heredados como cortafuegos que no soportan otros protocolos más eficientes [3] [8].

4.4.5. MOSPF (*Multicast Open Shortest Path First*)

Es un protocolo de enrutamiento *multicast* basado en el camino de enrutamiento más corto. Es una extensión de OSPF, el cual funciona adecuadamente en redes pequeñas y medianas, pero no en escala de plataformas interdominio.

4.4.6. GMRP (*Global Multicast Routing Protocol*)

GMRP realiza un enrutamiento *multicast* basado en una división jerárquica de la red, en ésta los nodos de cada nivel representan los nodos pasarela de los niveles inferiores. Éstos son los encargados del envío y recepción de paquetes *multicast* de modo de que no circulen duplicados entre niveles al tener sólo un punto de entrada.

4.4.7. DCM (*Domain Constrained Multicast*)

DCM realiza un enrutamiento *multicast* entre dominios de red, basado en las tablas de enrutamiento *unicast* y en un formato especial de direcciones que resulta de la modificación de las direcciones *multicast* IPv6. Los *routers* frontera de dominio ejecutan entidades del protocolo DCM para reenviar los paquetes *multicast* a un dominio destino en concreto, realizándose el envío entre dominios de modo *unicast*. Los destinos son todos los dominios en los que haya una correspondencia en las tablas de estado de la entidad DCM, es decir, que cuenten con fuentes receptoras para el grupo con dirección *multicast* la de destino del datagrama [3] [8] [49].

4.4.8. NBM (*Next Branch Multicast*)

Es un protocolo basado en nodos de ramificación, siendo estos puntos determinados *routers* de la red que ejecutan entidades del protocolo NBM. Pueden formar parte del “árbol” *multicast*, *routers unicast*. El envío de paquetes se basa en la tabla de

enrutamiento del protocolo *unicast* que opera en los puntos de ramificación.

4.4.9. QoS-MIC (*Quality of Service Sensitive Multicast Internet protocol*)

Éste permite el establecimiento de caminos en el “árbol” de distribución *multicast* que cuenten con unas características determinadas de QoS. Éstas se establecen en base a las métricas obtenidas estática y dinámicamente en la red, y a los requisitos demandados por las aplicaciones que se ejecutan en los potenciales miembros. Algunos de los nodos del “árbol” más próximos al potencial miembro envían información con alternativas de caminos para la unión y el miembro elige la mejor de todas ellas [3] [8] [12] [39].

4.5. Infraestructura de red

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 datos, voz, y vídeo puede ser hecho a través de distintas tecnologías físicas (FTTx, xDSL, WLAN, WIMAX, etcétera). Por último, los *Set Top Boxes* u otros dispositivos multimedia se encargan de decodificar la información y presentarla al usuario. Esta es una abstracción simplificada de las distintas arquitecturas reales que podemos encontrar, en base a todas las tecnologías IP heterogéneas que existen.

re-creaciones

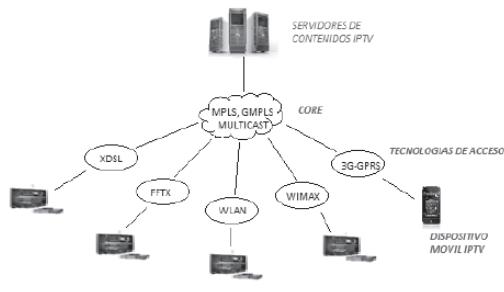


Figura 5. Arquitectura genérica IPTV.

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. [1]

4.5.1. El core de la red

El *core* de la red consiste en un *backbone* de fibra óptica (WAN) que interconecta varias centrales de distribución, y que recibe los datos del *headend* (fuentes de contenido), transportándolos hacia la red de acceso. El objetivo principal del *Core* es proporcionar suficiente ancho de banda para el transporte de datos y video y, de esta forma, mantener el tráfico de red entre varias áreas de servicio y el *headend*. Éste también proporciona la capacidad de insertar contenidos locales (incluyendo los sistemas de alarmas de emergencia) en cada área de servicio; a su vez, debe tener la capacidad de transportar más tráfico si el sistema crece en clientes y contenido, esto se logra aumentando el ancho de banda entre las conexiones del *core* [4] [5] [45].

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.

4.5.2. Red de acceso

La red de acceso provee el enlace entre el *core* de la red y los consumidores en los hogares. Ésta suministra una traslación de la red comutada hacia los equipos de acceso que tenga el proveedor para llegar hacia la red de los hogares. La red de acceso, por lo general, es llamada última milla. El último enlace hasta la red del hogar encargado de distribuir datos, voz, y video puede ser hecho a través de distintas tecnologías físicas (FTTx, xDSL, WLAN, WiMAX, etcétera). Las tecnologías de acceso que se pueden utilizar son:

• Acceso por cobre

La mayoría de operadores de telecomunicaciones utilizan tecnologías DSL (Línea de Subscriptor Digital) para entregar los servicios de banda ancha e IPTV a los hogares en su red de acceso. Ellos pueden elegir entre varias tecnologías DSL como los son: ADSL (DSL asimétrico) o DSL, DSL2 DSL2+, VDSL (DSL de alta velocidad) y G.SHDSL. Los multiplexores de acceso a líneas de suscripción digital (DSLAM's) transfieren la señales provenientes de la óptica hacia los cables de cobre para la entrega de DSL en los hogares de los clientes. DSL2+ es una evolución del ADSL que permite mayores anchos de banda y menores interferencias. Entre mayor sea el ancho de banda, la posibilidad de acceder a servicios multimedia aumenta, como por ejemplo: juegos, video bajo demanda, etcétera. De esta forma, al existir menor interferencia, las empresas proveedoras podrán ofrecer una mayor calidad del servicio [4] [5] [6] [41].

• Acceso por fibra óptica

La introducción de la fibra óptica en el nodo de acceso permite disponer de un medio de transmisión de gran ancho de banda para el soporte de servicios de banda ancha, tanto actual como futuro. En este caso, la técnica de transmisión más utilizada es la multiplexación por división en longitud de onda

WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) y la configuración punto a punto.

Los operadores utilizan el despliegue de fibra óptica hasta el domicilio del cliente (FTTH). El sistema FTTH provee un gran ancho de banda para el consumidor y se pueden tener varios servicios simultáneamente, pero utilizar fibra óptica hasta los hogares de los consumidores es sumamente caro [4] [5].

- **Acceso por cable coaxial**

Las redes de acceso por un operador de cable utilizan Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM) para modular la señal de RF a través del cable coaxial. Así como la tecnología DSL de banda ancha permite transmitir datos y video a través de los cables de cobre de par trenzado (líneas telefónicas), la DOCSIS (*Data Over Cable Service Interface Specification*) permite a los operadores de cable transmitir datos de banda ancha a través de cables coaxiales. En DOCSIS una parte de la red de cable se convierte en una red IP que permite la descarga y transmisión de video IP.

- **Tecnología inalámbrica**

En cuanto a la tecnología inalámbrica podemos considerar: el estándar 802.11n o llamado WLANs que 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 al incremento en la distancia de comunicación. El estándar 802.16 WIMAX 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, en ésta también podemos encontrar 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 un servicio portador más eficiente para el acceso a redes IP como Internet. La velocidad máxima de GPRS es de 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 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. Éstas permiten conectividad ubicua, aunque a tasas más bajas que otras ya explicadas [5] [34].

5. Calidad de Servicio (QoS) en sistemas IPTV

Para poder desplegar satisfactoriamente servicios IPTV es necesario disponer de buena QoS, tanto para el video como los datos y voz. La implantación de QoS en el *backbone* es esencial para el éxito de aplicaciones avanzadas como videoconferencias, telemedicina y, en éste caso, servicios IPTV.

En los sistemas IPTV, la QoS está relacionada de forma directa con la gestión eficiente del tráfico. Dentro de los parámetros de calidad de servicio para un sistema de TV sobre IP podemos encontrar la disponibilidad del canal, el tiempo de comienzo del visionado, fallos y retardos en el cambio del canal, teniendo en cuenta que para una transmisión de audio y video existe una serie de métricas; para el video se incluyen: el *jitter*, el retardo, la probabilidad de pérdida de paquetes, la probabilidad de error del canal, etcétera. Para la voz encontramos: el ratio de pérdida de paquetes de voz, el *jitter*, el retardo, entre otros. Para el tráfico de bajada se

re-creaciones |

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, le envía de nuevo una petición. Cuando el sistema acepta la petición, mediante el control de admisión, construye un “árbol” *multicast* para enviar la voz y el video al usuario [8] [9] [19] [38].

5.1. Calidad de Experiencia del Usuario (QoE)

La calidad de experiencia del usuario (QoE) es un parámetro que está relacionado directamente con el servicio prestado y el usuario final, el cual cuantifica el funcionamiento del servicio pero de forma subjetiva y a un alto nivel, mientras que la QoS se encarga de determinar parámetros como el *jitter* o el retardo. La QoE afecta en forma directa lo que el usuario puede apreciar directamente en la recepción, como el pixelado y congelación de la imagen, anulación del audio, desfase entre el video y el audio (fuera de *lipsing*).

Para evitar la congelación de la imagen, o la interrupción del servicio, se puede disponer de *streams* de video 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 a una calidad superior en caso contrario. En este sentido, también existe la alternativa de usar codificación de video escalable (SVC, Scalable Video Coding), así se ofrecerían *streams* de video 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 procesamiento 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 [1] [50].

5.2. Conceptualización de parámetros

Para poder estimar los parámetros a evaluar se trata un documento de la asociación internacional Video Services Forum, el cual está compuesto por usuarios y fabricantes dedicados a la interoperabilidad, métricas de calidad y enseñanza relacionadas con tecnologías de red para difusión de video. En éste se realiza una selección y un análisis de las métricas que permiten caracterizar con más exactitud redes IP para la realización de *streaming* de video. Dentro de los parámetros a evaluar encontramos [5]:

5.2.1. Jitter acumulado

El *jitter* se define técnicamente como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por gestión de la red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas de los paquetes para llegar al destino. El *jitter* es un efecto de las redes de datos no orientadas a conexión y basadas en comutación de paquetes; como la información se discreta en paquetes, cada uno de éstos puede seguir una ruta distinta para llegar al destino [3] [4] [6].

El *jitter* se mide a partir de la suma de la variación del retardo en un intervalo de tiempo, normalmente de un segundo. Los puntos de medida se toman en las interfaces de red donde se deseen detectar congestiones transitorias. Un incremento de su valor refleja el crecimiento de colas en los *routers*, evento precursor de una posible pérdida de paquetes [3] [8] [27].

5.2.2. Retardo extremo a extremo (latencia)

Se define como la latencia o la suma de los retardos temporales dentro de la red. Los retardos están constituidos por el retardo de propagación y de transmisión del paquete. Básicamente se dice que es la latencia media calculada sobre un período de tiempo, que presenta la ruta entre dos puntos de medida. Una manera de medición es cuando se transmiten paquetes con marcas de tiempo sincronizadas y en el extremo receptor se compara dicho

valor con el tiempo instantáneo, obteniendo así la diferencia [4] [6] [28].

5.2.3. Tiempo de vinculación

Es el tiempo de latencia entre una orden de envío *multicast* o un IGMP *Join* por parte de un miembro y la recepción del primer paquete *multicast* por dicho miembro. Se mide como la diferencia entre el instante de tiempo de transmisión del primer bit del IGMP *Join* y el instante de llegada del primer bit del primer paquete *multicast* para el grupo suscrito [4] [6].

5.2.4. Pérdida de paquetes

La pérdida de paquetes IP se puede generar por varias razones: congestión de la red, limitación de ancho de banda, errores en los enlaces y en la transmisión. Dependiendo del protocolo de transporte implementado, la pérdida de paquetes puede ser apreciada por el usuario de diferentes maneras. Si el transporte de información se efectúa mediante UDP, la calidad del video va ser afectada de forma directa, debido a que los paquetes perdidos no podrán ser recuperados, produciendo una imagen corrupta o pixelada. De otra forma, si se implementa TCP, una pérdida de paquetes genera una retransmisión, la cual puede producir un desbordamiento en el *buffer* que afecta la calidad del video, produciendo congelamiento en la imagen [15].

6. Comparación de diferentes factores que intervienen en una transmisión IPTV

Los valores concretos de retardo, *jitter* y pérdidas de paquetes para servicios de video sobre IP los podemos obtener en una primera referencia de la recomendación de ITU-T Rec.Y.1541, apéndice VIII [13]. En éste se definen dos nuevas clases de servicio que caracterizan los objetivos de los

parámetros de QoS de red para servicios de video sobre redes IP. Las dos clases adicionales son una revisión de las ya existentes para video definidas por ITU-T; la clase 6 hace referencia a servicios que impliquen interactividad, tales como videoconferencia, y la clase 7 es específica para IPTV. Las cotas, mostradas en el Cuadro 2, son muy rigurosas al estar definidas en el ámbito de un organismo internacional de estandarización [3] [8] [47].

Tabla 2. Requisitos de QoS para aplicaciones de video.

Parámetro	Clase de QoS	
	Clase 6	Clase 7
Retardo	100 ms	400 ms
<i>Jitter</i>		50 ms
Probabilidad pérdida de paquetes		1x10E-5
Tasa de errores en paquetes recibidos		1x10E-6
Tasa de fallos en reordenación de paquetes		1x10E-6

Por otro lado, se han desarrollado estudios sobre la supervisión de la calidad percibida en plataformas de TV sobre IP. Un caso particular es una publicación de *Telefónica I+D* de Madrid, donde se realizó un registro de la calidad de los servicios multimedia. La propuesta presentada en este artículo se ha aplicado sobre una red de IPTV real, en concreto las medidas de calidad percibida se han realizado sobre una red móvil de tercera generación (3G) para un servicio de *video streaming* en modo *multicast*. A continuación se muestra un cuadro con los parámetros analizados y sus resultados ponderados obtenidos [11] [12] [21].

re-creaciones

Tabla 3. Ejemplo de los valores estimados de calidad de servicio en IPTV.

Parámetro	Medio	Funcionalidad			Característica QoE
		Correcto	Regular	Pobre	
<i>Jitter</i> medio	Video	$J < 200\text{ms}$	$200 < J < 1E4$	$J > 1E4$	Posee escasa repercusión en este tipo de servicios.
	Audio	$J < 200\text{ms}$	$200 < J < 1E4$	$J > 1E4$	
Pérdida de paquetes	Video	$L_p \leq 1\%$	$1\% < L_p < 5\%$	$L_p > 5\%$	Principal causante de pixelado en la imagen.
	Audio	$L_p \leq 2\%$	$2\% < L_p < 5\%$	$L_p > 5\%$	
<i>Throughput</i>	Video	$> 20\text{ kbps}$	$20 > Th > 15$	$< 15\text{ kbps}$	Produce congelado en la imagen y pérdida en el sonido.
	Audio	$> 10\text{ kbps}$	$10 > Th > 5$	$< 15\text{ kbps}$	

El grupo de Ingeniería y Desarrollo de la Universidad del Norte en Barranquilla ha desarrollado un análisis de los diferentes parámetros QoS, desplegados en tres plataformas tecnológicas diferentes, variando la tasa de transmisión, el códec de video y la aplicación de calidad de servicio. Para realizar el estudio se consideró la evaluación de las variables

relativas a la congestión, teniendo en cuenta la variación de parámetros como la plataforma tecnológica, el códec de video, la tasa de transmisión y la aplicación de QoS. A continuación se muestra el resultado de las pruebas realizadas sobre cada plataforma tecnológica: [2] [7] [31].

Tabla 4. Resultado de parámetros sobre la plataforma ADSL.

Tasa de transmisión	Códec	Calidad de Servicio	Parámetro		
			Pérdida de paquetes	Retardo máximo	<i>Jitter</i> Promedio
768 kbps	Mpeg-2	Sí	0.10	50 ms	4 ms
		No	0.08	53 ms	9 ms
	Mpeg-4	Sí	0.20	50 ms	3 ms
		No	0.22	52 ms	9 ms
1024 kbps	Mpeg-2	Sí	0.30	54 ms	3.6 ms
		No	0.28	54 ms	9 ms
	Mpeg-4	Sí	0.18	56 ms	3.8 ms
		No	0.16	58 ms	9 ms
1536 kbps	Mpeg-2	Sí	0.17	50 ms	4 ms
		No	0.22	50 ms	8.2 ms
	Mpeg-4	Sí	0.28	63 ms	3.8 ms
		No	0.32	65 ms	9 ms

Tabla 5. Resultado de parámetros sobre la plataforma WI-FI.

Tasa de transmisión	Códec	Calidad de Servicio	Parámetro		
			Pérdida de paquetes	Retardo máximo	Jitter promedio
768 kbps	Mpeg-2	Sí	0.04	30 ms	6.2 ms
		No	0.01	0.5 ms	0.2 ms
	Mpeg-4	Sí	0.03	30 ms	6 ms
		No	0.01	0.5 ms	0.2 ms
1024 kbps	Mpeg-2	Sí	0.02	40 ms	6.3 ms
		No	0.16	200 ms	3 ms
	Mpeg-4	Sí	0.04	40 ms	6.5 ms
		No	0.36	180 ms	3 ms
1536 kbps	Mpeg-2	Sí	0.04	45 ms	6.5 ms
		No	0.07	320 ms	8.3 ms
	Mpeg-4	Sí	0.03	40 ms	6.5 ms
		No	0.15	170 ms	8 ms

LAN Extended

Tabla 6. Resultados de parámetros sobre la plataforma LAN Extended.

Tasa de transmisión	Códec	Calidad de Servicio	Parámetro		
			Pérdida de paquetes	Retardo máximo	Jitter promedio
768 kbps	Mpeg-2	Sí	0.015	32 ms	6.18 ms
		No	0.010	0.5 ms	0.2 ms
	Mpeg-4	Sí	0.001	30 ms	6.14 ms
		No	0.018	0.5 ms	0.2 ms
1024 kbps	Mpeg-2	Sí	0.007	37 ms	6.58 ms
		No	0.008	37 ms	6.53 ms
	Mpeg-4	Sí	0.012	39 ms	6.62 ms
		No	0.032	42 ms	6.60 ms
1536 kbps	Mpeg-2	Sí	0.028	43 ms	6.62 ms
		No	0.010	42 ms	6.60 ms
	Mpeg-4	Sí	0.018	36 ms	6.62 ms
		No	0.068	30 ms	6.64 ms

6.1. Análisis de resultados

Según los estudios realizados por parte del grupo de investigación de la Universidad del Norte de Barranquilla y los resultados obtenidos en los cuadros anteriores, se puede analizar lo siguiente:

- Los servicios IPTV sobre una plataforma ADSL presentan una pérdida de paquetes menor cuando se implementa el códec MPEG-2 que con MPEG-4. La implementación de la QoS no mejora notablemente el servicio en cuanto

re-creaciones |

a la pérdida de paquetes. En relación al retardo máximo, el códec de video implementado y la calidad de servicio son indiferentes a este parámetro. Mientras que la calidad de servicio sí influye bastante en el resultado del *jitter*, e igualmente que con el retardo, el códec utilizado es despreciable en este parámetro. Según los cálculos obtenidos la mejor tasa de transmisión para implementar IPTV sobre ADSL es 1024 kbps [2] [7] [14] [29] [45].

- La implementación de IPTV sobre una plataforma WI-FI nos muestra que es notoria la mejora en pérdida de paquetes cuando se implementa Calidad de Servicio. También se puede apreciar una mejora al utilizar el códec MPEG-2 si no se implementa calidad de servicio, mientras que si se implementa, el códec utilizado es indiferente. El retardo también presenta una gran mejora en la implementación con Calidad de Servicio y, al contrario de la pérdida de paquetes, el códec que mejor se comporta es MPEG-4, e igualmente que en el parámetro anterior al implementar QoS, el códec utilizado es indiferente. En cuanto al *jitter*, se observa una leve superioridad del códec MPEG4 sobre el MPEG2. Sin embargo, cuando se aplica QoS no predomina ninguno de los dos. Se recomienda implementar el servicio con una tasa de 1024 kbps, ya que es un punto en el que la imagen se ve bastante bien por apreciación visual y además no consume un ancho de banda bastante alto como sí lo haría una tasa de transmisión más alta [2] [8] [14] [45].
- En LAN Extended la pérdida de paquetes tiene un mejor comportamiento cuando se aplica Calidad de Servicio. Además, el rendimiento del servicio respecto a este parámetro es mayor en el códec MPEG2 que en el MPEG4. En cuanto al retardo de los paquetes, no presenta gran mejora con la aplicación de Calidad de Servicio. Con respecto a los códec, en algunos casos se observa una leve mejoría con MPEG2 y, en otros, con MPEG4, pero ninguna alcanza

una gran superioridad. Por tales razones, se concluye que la aplicación de QoS y del códec de video son independientes para el retardo de paquetes en LAN Extended. En cuanto al *jitter* promedio, se aprecia un comportamiento aproximadamente constante en todas las condiciones, por lo que se entiende que tampoco depende de la aplicación de QoS o del códec de video [2] [7] [32] [33].

7. Avances futuros

El principal requerimiento futuro de los sistemas de TV es que el cliente pueda ver el programa que quiere en el horario que más le convenga. De esta forma, deberá existir una gran guía programática dentro de la cual cada cliente podrá escoger la programación que desea ver.

Uno de los desafíos primordiales de los sistemas IPTV es el de lograr ofrecer QoS, ya que el hecho de que los servicios sean ofrecidos a través de la red, implica que las condiciones de tráfico aumenten. Otro paso importante es el de lograr estandarizar IPTV, aunque en estos momentos no está contemplado y no es obligatorio 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, algún componente de localización en los datos y nodos [1] [30] [48].

Dentro de los estudios a evaluar en los sistemas IPTV está la sincronización de reproducción en los clientes, donde, por ejemplo, en eventos en vivo puede suceder que los datos lleguen con distintos retardos a los usuarios, por lo que puede ocurrir que cuando interactúan estropeen la experiencia. Para solucionarlo, se pueden usar técnicas *overlay* y esquemas más eficientes de programación de los contenidos.

Otro gran desafío de la TV sobre IP es poder dar soporte a la cantidad de clientes heterogéneos, debido a la gran diversidad de tecnologías de acceso que existen, provocando descompensación en el sistema y haciendo que un *stream* de video pueda saturar nodos con recursos limitados y así degradar la calidad en nodos más potentes dependientes de los primeros. Con base en estas necesidades, se han realizado estudios donde se codifica el video a distintas calidades en paralelo para ser entregados con base en la capacidad de los nodos.

Hemos comprobado cómo la tecnología IPTV está muy avanzada, existen diversas arquitecturas y propuestas, pero se puede considerar que aún no está madura. Todavía hay mucho trabajo que realizar alrededor de ella, intentando solventar, por ejemplo, alguna de las carencias, relacionadas con las redes de nueva generación.

8. Conclusiones

Los servicios IPTV cada vez son más implementados, sacando ventaja de la arquitectura de red ya existente y, de esta forma, desplegando nuevas posibilidades de la TV multimedia. Así mismo, las exigencias de ancho de banda pueden convertirse

en una limitante a la hora de expandir y globalizar esta tecnología por los hogares.

Los sistemas IPTV implican la digitalización de los sistemas de cable, ya que IPTV es puramente digital y el protocolo IP sirve para una personalización de los contenidos y mejor administración de los servicios por la versatilidad de la red. De esta forma, se puede ver a los sistemas IPTV como una opción para digitalizar los sistemas de cable y optimizar la transición de la TV analógica a la digital.

Los requisitos de retardo y *jitter* no son demasiado altos, pero los requisitos de pérdida de paquetes sí lo son. Esto se debe a que las tecnologías actuales de codificación de video son intolerantes a pérdidas. La pérdida de un único paquete del flujo de video puede afectar de forma apreciable la imagen mostrada en el dispositivo de presentación. Dependiendo del tipo de codificación y de la importancia del paquete perdido dentro de la trama de video, el fallo puede ir desde la pixelación durante algunos cuadros hasta la congelación de la imagen durante un segundo.

Los sistemas IPTV por sus características físicas y técnicas permiten a los usuarios disfrutar de una serie de ventajas, respecto a los usuarios de TV por cable convencional.

Referencias bibliográficas

- [1] A. Santos, *Estado del arte en IPTV*, Universidad De Vigo: multimedia e internet, junio de 2009.
- [2] C. Viloria, J. Freja, Y. Donoso, *Análisis de rendimiento de la transmisión de IPTV sobre ADSL, Wifi y LAN extended*. Barranquilla (Colombia): Universidad del norte, junio 2008.
- [3] J.A. Cachinero Pozuelo. Donoso, *Ánalisis y modelado multicast interdominio para el soporte de servicios de video*. Madrid (España): Universidad Técnica de Madrid (España), 2008.
- [4] J. Velásquez Rivera, *Estudio de una red IP/MPLS para agregar servicios de televisión IP en operadoras telefónicas fijas tradicionales para usuarios residenciales mediante tecnologías XDSL para la ciudad de Quito*. Quito: Escuela Politécnica Nacional, mayo 2010.

re-creaciones |

- [5] E. Sánchez, Implementación de IPTV a través de enlaces de internet banda ancha (Televisión sobre IP). Guatemala: Universidad De San Carlos De Guatemala, noviembre 2008.
- [6] S. Arévalo, Proyecto de tesis sobre sistemas IPTV. Quito: Escuela Politécnica Nacional, mayo 2010.
- [7] C. Orbe, Estudios de migración de sistemas de audio y video por suscripción bajo la modalidad de cable físico a IPTV con sugerencias en el ámbito regulador. Quito: Escuela Politécnica Nacional, abril 2010.
- [8] J. Vega, G. Sabogal, Análisis de trazas de video MPEG-4. Bogotá: Fundación Universitaria Manuela Beltrán, 2006.
- [9] C. Martínez, M. Saray, *Técnicas de codificación de video para la transmisión inalámbrica de televisión paquetizada*. Tijuana, BC: Instituto Politécnico Nacional, (Citedi).
- [10] A. Díaz, P. Merino, *Un estudio práctico del rendimiento del servicio de Streaming de Video sobre redes móviles GPRS/UMTS*. Málaga (España): Universidad De Málaga.
- [11] F. Moumtadi, M. Escobar-Argota, R. López-Moreno, S. Landeros-Ayala, *Reducción del retraso en el cambio de canal en servicios IPTV*. México: UNAM, 2008.
- [12] A. Cuadra, Supervisión de la calidad percibida en plataformas de IPTV. Madrid (España): Telefónica I-D.
- [13] G. Poveda, D. Ramos, *La educación virtual en ambientes IPTV basada en servicios De tercera generación*. Bogotá (Colombia): Universidad Distrital Francisco José De Caldas.
- [14] Video Services Forum, “Recommended Video over IP Metrics”, en Video Services Forum, Inc. (VSF). Test and Measurements Activity Group, diciembre 2006.
- [15] J. Joskowicz, R. Sotelo, Medida de la calidad de voz en redes IP. Montevideo (Uruguay): IIE/FING/UDELAR, FI/UM, 2005.
- [16] T. Cloonan, *Evolution of the HFC Network and the Docsis CMTS*, Arris.
- [17] P. Glaber, *Challenges and Design Considerations for Deploying SVD*, Comcast.
- [18] “Quality of Service and Network Performance Objectives for IP – Bases Service”, ITU-Rec. Y.1541, 2003.
- [19] E. Casilar, A. Reyes, A. Díaz-Estrella, F. Sandoval, *Ándisis en cola de la naturaleza del tráfico del video VBR*. Málaga (España): Dpto. Tecnología Electrónica, Universidad de Málaga.
- [20] G. Sabogal, J. Vega, *Análisis de trazas de video MPEG4, Umbral científico N° 008*. Bogotá: Fundación Universitaria Manuela Beltrán, 2006.
- [21] M. Crovella, A. Bestravos, “Self Similarity in www. Traffic: evidence and possible causes”, *IEEE/ACM Trans on networking*, vol. 5, no 7, 1997.
- [22] O. Rose, “Simple and efficient models for variable bit rate MPEG video traffic”, *Performance Evaluation*, vol. 30, pp. 69-85, 1997.
- [23] O. Rose, *MPEG-1 vídeo traces*, [públicamente vía FTP]. Disponible en: www3.informatik.uni-wuerzburg.de/MPEG.
- [24] J. M. Díez, V. Casares, “Modelo de Tráfico para Vídeo MPEG VBR Escalable y no

Escalable”, Ieee Latin America Transactions, vol. 3, no. 3, julio 2005

- [25] M.W. Garrett, W. Willinger, *Analysis, Modeling and Generation of Self-Similar VBR Video Traffic*. Londres: Proceedings de ACM Sigcomm’94, pp. 269-280, 1994.
- [26] G.Pagan, J. Mata, S. Sallent, *Análisis y modelado del tráfico agregado de video MPEG4 en redes MTA*. Barcelona (España): Departamento de Matemática Aplicada y Telemática Universidad Politécnica de Cataluña.
- [27] D. Heyman, T. Lakshman, “What are the implications of Long-Range dependance for VBR-vídeo traffic engineering?”, *IEEE/ACM Trans on Networking*, vol. 4, no. 3, pp. 301-317, junio 1996.
- [28] D. Heyman, T. Lakshman, “Source models for VBR Broadcast vídeo traffic”, *IEEE/ACM Trans on Networking*, vol. 4, no. 1, pp. 40-48, febrero 1996.
- [29] M.A. Álvarez, “Modelos de tráfico en análisis y control de redes de comunicaciones”, *Revista de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, Bogotá (Colombia), junio 2004.
- [30] M. Papadopouli, H. Sheng, E. Raftopulos, M. Ploumidis, F. Hernandez, *Short-term traffic forecasting*, campus-wide wireless network, 2004.
- [31] L. Fillatre, D. Marakov, S. Vaton, *Forecasting seasonal traffic flows*. Paris (Francia): Computer Science Department, ENST Bretagne, 2003.
- [32] C. Hernández, L. Pedraza, “Aplicaciones de las series de tiempo en modelos de tráfico para una red de datos”, *Scientia et Technica*, año XIV, no. 38, Universidad Tecnológica de Pereira, I, junio 2008.
- [33] J. Won, J. Won-Ki, M. Choi, C. Hwang, J. Yoo, “Measurement of Download and Play and Streaming IPTV Traffic”, *IEEE Communications Magazine*, octubre 2008.
- [34] X. Zhang, J. Liu, B. Li, T. Yum, “Donet/coolstreaming: A datadriven overlay network for live media streaming”, *IEEE INFOCOM*, vol. 3, pp. 2102–2111, marzo 2005.
- [35] S. Vanhastel, R. Hernandez, “Enabling IPTV: What’s Needed in the Access Network”, *IEEE Communication Magazine*, agosto 2008.
- [36] D. Manzato, N. Fonseca, *Peer-to-Peer IPTV Services*, IEEE 2008.
- [37] Web Oficial De Imagenio. Disponible en: <http://www.telefonica.es/imagenio-television>
- [38] “Quality of Service and Network Performance Objectives for IP – Bases Service”, *ITU-T Rec. Y1541*, 2003.
- [39] “Next Branch Multicast (NBM) Routing Protocol”, Irán: University of Tehran, febrero 2005.
- [40] Y. Xiao, X. Dujingyuan, Z. Fei Hu, S. Guizani, “Internet Protocol Television (IPTV): The Killer Application for the Next Generation Internet”, *IEEE Comunications Magazine*, University of Alabama, Tuscaloosa.
- [41] J. Liu, S.G. Rao, B. Hui Zhang, “Opportunities and Challenges of peer to peer Internet Video Broadcast”, *Proceedings in the IEEE*, vol. 96, no. 1, enero 2008.

re-creaciones |

- [42] J. Weber, *IPTV Crash Course*, McGraw Hill, 2007.
- [43] H. Held, *Understanding IPTV*, Auerbach Publications, 2007.
- [44] H. Schulzrinne, S. Casner et al, “RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications”, *RFC 3550 - IETF*, Estados Unidos, junio 2003.
- [45] A. Castro, A. Cuadra, Sistema de caracterización de uso de la red. Madrid: XV Jornadas Telecom I+D., noviembre 2005.
- [46] L. Aldean, D. Marivel, *Diseño de una red para proveer el servicio de video bajo demanda (VoD) sobre IP*. Quito (Ecuador): Escuela Politécnica Nacional, 2009.
- [47] D. Heyman, T. Lakshman, “What are the implications of Long-Range dependance for VBR-video traffic engineering?”, *IEEE/ACM Trans on Networking*, vol. 4, no. 3, pp. 301-317, junio 1996.
- [48] X. Hei, C. Liang, J. Liang, Y. Liu, W. Ross, “A measurement study of a large-scale p2p IPTV system”, *IEEE Transactions on Multimedia*, noviembre 2007.
- [49] J. Liu, B. Li, Y. Zhang, “Adaptive video multicast over the Internet”, *IEEE MultiMedia*, vol. 10, no. 1, pp. 22–33, 2003.
- [50] A. Sentinelli, G. Marfia, M. Gerla, L. Kleinrock, S. Tewari, “Will IPTV Ride The Peer-To-Peer Stream?”. *IEEE Communications Magazine*, junio 2007.