

Calidad de servicio en proveedores de servicios IPTV

Quality of services in IPTV service providers

COLCIENCIAS TIPO 3. ARTÍCULO DE REVISIÓN

RECIBIDO: JULIO 12, 2012; ACEPTADO: AGOSTO 30, 2012

Ángela Andrea García

angedgarcia.21@gmail.com

Juan Carlos Cuéllar Q. M.Sc.

jcuellar@icesi.edu.co

Grupo de investigación i2T

Universidad Icesi, Cali

Resumen

La posibilidades de interactividad propias de la IPTV (e.g., video bajo demanda, pago por ver, E-Learning), hacen prever, a corto plazo, el fortalecimiento de su presencia en el país. Esa masificación, sumada al hecho de ser un servicio que se presta en tiempo real y a su reconocida sensibilidad a la latencia, los retardos y la pérdida de paquetes, constituyen un reto para proveer un servicio que reúna las expectativas de calidad de sus usuarios. En esa tarea, administrar la prioridad en el tráfico puede ser fundamental. Los mecanismos de QoS (Quality of Service) pueden ser un gran aliado, al permitir el manejo rápido de aplicaciones de misión crítica. El artículo inicia con una visión general de la IPTV, sus servicios y arquitectura; la presentación de algunos conceptos aplicados al tema (e.g. QoS, QoE, IPTV sobre ADSL) y cierra con la presentación de mecanismos de calidad de servicio aplicados a IPTV y una valoración de la situación de dos proveedores de este servicio en Colombia.

Palabras Clave

Calidad de Servicio; calidad de la experiencia; IPTV; multicast.

Abstract

Thanks to the range of possibilities offered by IPTV system (e.g., video on demand, pay per view, advertising on demand and e-Learning), it is likely to take much strength in Colombia in the coming years. Fast growing, added to particular aspects of this technology (i.e., be a real-time service and be sensitive to latency, delays and loss packages), becomes a big challenge to the providers: They have to deliver their services, meeting the QoE user's expectative. QoS can help them to manage priorities in traffic, a key task. QoS also could be a big partner, by improving the management of critical mission applications. This paper begun with an IPTV overview, its services and architecture; presents some key concepts (e.g., Qos, QoE, IPTV over ADSL) and close showing the IPTV QoS mechanisms and valuating two local providers.

Keywords

Quality of service; quality of experience; IPTV; multicast

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, uno de los principales temas de discusión, ha sido la posibilidad de implementar nuevos servicios y contenidos en la televisión digital, con el fin de introducir un fuerte componente de interactividad entre el usuario y el proveedor.

IPTV es uno de estos servicios que últimamente se ha venido ofreciendo y que muy seguramente tomará fuerza en el país en los próximos años, todo esto gracias a las diferentes posibilidades que presenta este sistema, como son: video bajo demanda, pago por ver, publicidad a la carta y E-Learning, entre otros (Camelo, Castro, & Donoso, 2008).

IPTV es un servicio en tiempo real, sensible a la latencia, a los retardos, y a la pérdida de paquetes, entre otros. El reto en esta nueva forma de hacer televisión es la calidad que el cliente va a percibir, puesto que ya está acostumbrado a un buen servicio, en cuanto a la calidad de las transmisiones se refiere, así que no estará satisfecho si durante estas, se congela la imagen y los programas no se ven con fluidez, o el tiempo de respuesta al cambiar de canal es largo, etc. Los usuarios esperan ver satisfechas sus expectativas de calidad de servicio, las cuales ya han sido suministradas por la televisión convencional, independiente de la tecnología utilizada.

Frente a los contenidos de texto e imagen, el video representa una mayor cantidad de datos circulando por la red, lo cual aumenta la carga que se le adhiere a los backbones y demás enlaces, exigiendo así más ancho de banda y un trato diferenciado para cada tipo de tráfico.

Es por esto que es tan importante garantizar que este tipo de tráfico tenga cierta prioridad sobre otros tantos; es aquí donde los mecanismos de QoS (Quality of Service) se presentan como un gran aliado (Navarrete, 2005; Pietroseoli, 2003).

Existen varios componentes importantes a la hora de mejorar la calidad del servicio que se está prestando, como son: identificar cual es la arquitectura más adecuada a implementar, analizar el comportamiento este tipo de tráfico a través de la red y determinar cuáles son los esquemas y parámetros de calidad de servicio más apropiados para el tráfico de video.

Habitualmente se piensa que al tener un gran ancho de banda no es necesario trabajar con QoS, pero la realidad es que, tanto en los hogares como en las empresas, los

anchos de banda no son tan amplios, así que se debe trabajar lo mejor posible con los recursos que disponibles.

La gran ventaja de QoS es que permite el manejo rápido de aplicaciones de misión crítica como el video; cabe resaltar que es muy importante manejar adecuadamente estos mecanismos, ya que si no se aplican apropiadamente, este servicio se puede apoderar de la red, afectando considerablemente a los demás.

Es por esta razón que se hace tan importante la implementación de mecanismos de QoS, con el fin de prever los problemas de congestión que se presentarán en el momento en que los proveedores empiecen a ofrecer los servicios de IPTV. Estos mecanismos deben estar de acuerdo con los requerimientos del tráfico de video, puesto que cada día los usuarios de esta tecnología querrán tener más servicios, los cuales entrarán a competir por el ancho de banda (Huari, 2001).

II. IPTV (TELEVISIÓN SOBRE EL PROTOCOLO IP)

A. Vista general

IPTV es generalmente asociado a la transmisión de señales de televisión, sobre el protocolo de Internet. Según sus siglas es el protocolo de televisión por Internet, pero en realidad, IPTV se ha ido desarrollando basado en el video-streaming y no es un protocolo en sí mismo.

Según la definición oficial de la ITU *IPTV es un servicio multimedia como la televisión, video, audio, textos, graficas y envío de datos sobre redes basadas en administración IP que proveen el nivel requerido de calidad de servicio, experiencia, seguridad, interactividad y confiabilidad*. Como se puede ver los sistemas IPTV consisten en aplicaciones dinámicas, las cuales permiten ofrecer a los usuarios gran variedad de servicios que permiten mayor interactividad entre este y el proveedor (Torres, Ramírez, & López, 2011).

A diferencia de la televisión tradicional, donde el proveedor emite sus contenidos y espera que el usuario se conecte, en IPTV los contenidos llegaran en el momento en que el cliente los solicite, logrando así un alto grado de personalización de los contenidos que cada uno quiere ver; esta tecnología facilita el despliegue de gran variedad de servicios como son: video bajo demanda, transmisión de televisión en vivo sobre video-streaming, E-learning, pago por ver, métodos de búsqueda para series o películas según genero y, en el sector publicitario, la posibilidad de personalizar los anuncios, con el fin de que con solo hacer un clic sea posible comprar el producto que se está

pautando. Como se puede apreciar, en este sistema el contenido juega un papel muy importante y se convierte en un elemento clave para el negocio.

B. Servicio y aplicaciones

La programación de IPTV se basa en canales tradicionales y en canales con contenidos específicos, así el cliente podrá seleccionar lo que le interese; también se emitirán películas y eventos deportivos en la figura de pago por ver, es decir el usuario podrá cargar un valor adicional a su cuenta para ver estrenos o algunos eventos específicos. En general de lo que se trata es de comprar contenidos para elaborar una televisión a la carta, según los gustos y preferencias del cliente. Entre los servicios más comunes se encuentran:

1) *Video bajo demanda*: Este servicio permite a los suscriptores pagar para visualizar contenidos, generalmente películas, los cuales están almacenados por el operador y pueden ser vistos el día y a la hora que el cliente lo prefiera. Por lo tanto, el usuario no estará ceñido a los horarios que disponga el proveedor para disfrutar de ellos (Muñoz, 2009).

2) *Pago por ver (PPV)*: Este tipo de servicios generalmente se utilizan para eventos que se están emitiendo en vivo, como conciertos y eventos deportivos (e.g., partidos, olimpiadas, mundiales). La idea es cargar el valor adicional a la factura; de esta manera, se puede disfrutar de este evento desde la comodidad de la casa y con el plus de visualizarlo en tiempo real.

3) *E-Learning*: Gracias a la interactividad que provee IPTV, el usuario podrá escoger y recibir contenidos educativos muy variados, por ejemplo, cursos interactivos de inglés y otros idiomas, documentales, tutoriales, aulas virtuales y demás. Esto lleva a que el usuario no solo sea un espectador, si no que forme parte del proceso de aprendizaje (Cachinero, 2009).

4) *Televisión móvil*: Esta funcionalidad permitirá al usuario descargar algún contenido, ponerlo en un formato adecuado para un reproductor portátil y posteriormente transmitir los datos de este contenido a dicho dispositivo. Este servicio puede ser muy atractivo para el usuario ya que normalmente este servicio no se tiene en la televisión tradicional o digital y representa un alto grado de movilidad (Ferro, & Hernández, 2011).

5) *Guía Electrónica de Programación (EPG)*: Es principalmente una agenda donde se muestra la

programación de los canales tradicionales y las opciones de los contenidos ofrecido por VoD y PPV. Esta opción constituye una manera fácil de ver que programas se están emitiendo y un rápido cambio de canal, ya que no es necesario pasar por todos los canales para llegar al contenido que se quiere ver.

6) *Time ShiftingTV (TST)*: Este servicio permite pausar una imagen de un programa que está sucediendo en vivo, repetir alguna de las escenas anteriores y, luego, seguir mirando el programa, pero desfasado un poco en el tiempo, según la duración de la pausa (o la repetición).

7) *Grabadora de video personal (PVR)*: Este servicio le permite al suscriptor grabar sus programas favoritos para ser reproducidos posteriormente. La ventaja es que tiene las opciones de reproducir, pausar, devolver y hacer un avance rápido como lo tiene cualquier dispositivo personal de grabación, lo que le da al usuario la posibilidad de mirar sus contenidos predilectos las veces que desee.

C. Descripción de un sistema IPTV

IPTV es un sistema que utiliza el protocolo IP para transportar los datos; se basa en el video streaming y, a diferencia de la televisión tradicional, su difusión se hace mediante multicast o unicast.

El envío de los contenidos se realiza desde los servidores, hacia los ordenadores o Set top Box (STB) (dependiendo desde donde esté haciendo la recepción de la señal); dicha señal puede provenir de una señal satelital o una transmisión en vivo, si es el caso, primero tendrá que pasar por un codificador para convertir la señal de análoga a digital, después los datos serán encapsulados en paquetes IP, previo a su distribución la señal debe ser encriptada y posteriormente será transmitida hacia el usuario. En la Figura 1 se puede observar el esquema ya explicado de IPTV (Méndez, 2011).

D. Arquitectura

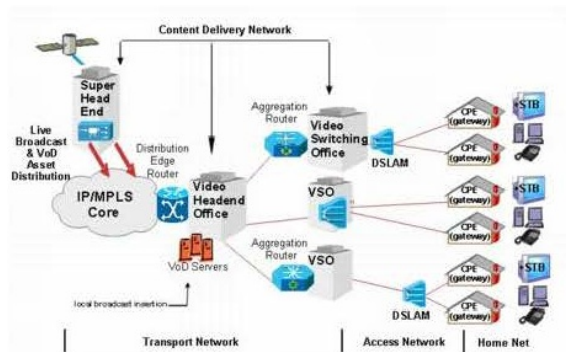
Las redes IPTV son sistemas conformados por numerosos elementos. Esta es una de las razones por las que existen diferentes arquitecturas utilizadas para transporte de servicios de video. Sin embargo, en general, es importante que dicha arquitectura contemple los siguientes componentes (Walko, 2005):

- cabecera de la red,
- gestión de contenidos,

- red de distribución,
- red de acceso, y
- red del cliente.

En la Figura 1 se puede apreciar la arquitectura general de una solución IPTV.

Figura 1. Arquitectura general de IPTV (Telecomunicaciones 2101, 2009)



1) *Cabecera.* En la cabecera de la red se encuentran los contenidos del proveedor. Es aquí donde se alojan los dispositivos encargados de recibir, transformar y distribuir los diferentes contenidos a los suscriptores.

Como es en la cabecera donde se reciben los contenidos, se debe tener en cuenta que se pueden dar dos situaciones, la primera, que los datos ya sean digitales y que por lo tanto no sea necesaria su digitalización, y la segunda, que el contenido sea una señal analógica. Si este es el caso, se tendría que pasar esta señal por los codificadores para digitalizar el video, se tendría que comprimir para poder optimizar los recursos que se van a utilizar y luego pasaría a la etapa de encriptación, con el fin de que la señal no sea fácilmente interceptada en el transcurso de su recorrido desde el proveedor hasta el cliente (Méndez, 2011; Vallejo, 2007).

2) *Middleware.* Es la plataforma que gestiona, controla y coordina la interacción entre los usuarios (mediante las peticiones enviadas por los STB) y los contenidos y servicios que se encuentran en la cabecera de la red.

La plataforma middleware está basada en un conjunto de aplicaciones de software, las cuales se ejecutan sobre una cierta arquitectura de servidores, con el fin de soportar toda la interacción requerida para entregar de manera óptima una serie de servicios de IPTV. Por ejemplo, cuando un usuario hace una petición para visualizar una película (mediando VoD), el STB establecerá una sesión

con el middleware; este último, a su vez, será el que autorice o no la petición del cliente, autorización que dependerá del perfil del usuario, de si tiene o no derecho a pedir este servicio o si tiene o no crédito en su cuenta. Para esto el middleware deberá estar en capacidad de comunicarse con varios sistemas (autenticación, control digital de derechos y facturación, entre otros) y garantizar que todos los servicios de IPTV sean interoperables (Lloret, García, & Boronat, 2010).

3) *Sistema de gestión de contenidos.* Es el encargado de autogestionar todo el ciclo de vida de los contenidos del proveedor. Desde la codificación online, la fijación de precios y el empaquetamiento, hasta la introducción de marketing en dichos contenidos.

Su meta es facilitar la gestión de los recursos comunes a todas las aplicaciones y servicios. Para que esta gestión sea mucho más fácil, se deben tener diferentes categorías de gestores, con el fin de que cada tipo se centre y especialice en una única función, logrando así el mejor desempeño y los mejores resultados (Villegas, 2011).

4) *Red de distribución.* Será la que conectará la cabecera de red con el inicio de la red de acceso (donde se encontrarán los routers de agregación para multicast). La red de distribución es la encargada de la conmutación y la transmisión de datos.

Esta red debe ser de alta capacidad ya que el flujo de datos que pasa por ella es bidireccional; es importante que esta red cuente con esta alta capacidad de transferencia puesto que es necesario ofrecer buena calidad a los clientes (Arévalo & Flores, 2010).

En esta parte de la arquitectura se encuentran los routers de agregación, estos dispositivos son una parte fundamental del sistema y por lo tanto deben tener ciertas características para poder cumplir a cabalidad sus funciones. Dichas características son:

- calidad de servicio por abonado y servicio,
- soporte de Multicast IP,
- control de acceso para conmutación Ethernet,
- soporte de protocolos de señalización,
- alta disponibilidad,
- transición de IPv4 a IPv6, y
- escalabilidad y rendimiento.

4) *Red de acceso.* Es el enlace entre el proveedor y el usuario, es decir, dicha red termina donde comienza el

equipo del usuario. Esta red está conformada por diferentes elementos, los cuales están encargados de entender y suministrar los contenidos de las peticiones hechas por los usuarios (Ojeda, 2009).

Es necesario que esta red provea el suficiente ancho de banda al cliente, pues deberá soportar múltiples canales de televisión (HD y SD) y reservar una porción de ancho de banda suficiente para los demás servicios. En la actualidad existen diferentes tecnologías de acceso, como son: xDSL, HFC, FTTx, entre otras.

5) *Red del cliente*. Permite el paso de información entre los diferentes dispositivos que tienen la posibilidad de conectarse a ella y acceder a los recursos que esta le ofrece. Para poder disponer de dichos servicios, cada dispositivo debe estar conectado (sea por red cableada o inalámbrica) al Gateway residencial, el cual actuará de puente entre la red de acceso y la residencial (Sánchez, 2008).

Los dispositivos más comunes en esta red son: los Set Top Box (STB), los computadores (portátiles o de mesa), Teléfonos IP y SmartPhones (Jiménez, 1999).

III. CALIDAD DE SERVICIO Y CALIDAD DE LA EXPERIENCIA

Si las redes no se congestionaran y se sobredimensionaran los enlaces, sería muy fácil garantizar calidad de servicio para todos los servicios que presta la red. Desafortunadamente este escenario no se cumple en las redes actuales y es por esto que es necesario usar algunos mecanismos para garantizar que se le de prioridad a algunos tipos tráficos, que son más sensibles a ciertos efectos que causa la congestión en las redes. Estos efectos son: retardo, pérdida de paquetes, Jitter, entre otros (Huang, Wang, Li, & Ross, 2008; Correa & López, 2011).

Calidad de servicio o QoS son una serie de procedimientos y estándares que permiten garantizar (u ofrecer) que el tráfico generado por algunos servicios (sensibles a los efectos de la congestión) sean priorizados sobre otros (Cachinero, 2009).

Existen diferentes niveles de calidad de servicio:

- *Máximo Esfuerzo o Besteffort*. Es una conexión básica, que no garantiza la entrega de los paquetes en caso de congestión.
- *Servicios diferenciados o Diffserv*. Es típicamente usado en grandes redes, clasifica los diferentes tipos de servicios y agrega a los encabezados de estos paquetes un código

para que al momento de enrutarlos se les de la prioridad adecuada.

- *Servicios integrados o Intserv*. Este tipo calidad de servicio garantiza que el servicio tendrá un ancho de banda reservado para el flujo del tráfico.

El modelo de servicio diferenciado define varias clases de servicios, los cuales tendrán diferentes requerimientos de QoS. Cuando se usa este modelo, la red y específicamente los enrutadores hacen un reparto de los recursos de la red con base en la clasificación de los paquetes, dándole a cada tipo de tráfico un nivel de prioridad con el que serán procesados en cada enrutador donde se configure QoS.

El modelo de servicios garantizados o integrados está basado en la reserva de recursos para un tipo de tráfico específico. En este modelo, se realiza una petición de reserva de recursos en los enrutadores de la red antes de enviar los datos de la aplicación. La petición se hace mediante una señalización explícita, donde se informa las características del tráfico y se pide un ancho de banda determinado que pueda satisfacer sus requerimientos.

IV. CALIDAD DE SERVICIO Y CALIDAD DE LA EXPERIENCIA SOBRE REDES IPTV

En las redes que prestan servicios de IPTV la QoS suele ser una medida del rendimiento de la red. Calidad de servicio incluye cualquier mecanismo que contribuya a la mejora del rendimiento general de la red y, por lo tanto, a la mejora de la calidad de la experiencia del usuario final (López & Castillo, 2008).

Dichos mecanismos se pueden implementar en diferentes niveles. Por ejemplo, a nivel de red, con políticas para la gestión de tráfico, tales como el almacenamiento en buffers o la diferenciación de servicios y el manejo de prioridades en los dispositivos de red; a nivel de transporte, con la ocultación de pérdida de paquetes y la aplicación de *Forward Error Correction* (FEC) (Álvarez, M. & González, A. (2009). En general, existe una relación entre la calidad de la experiencia, que es subjetiva, y varios parámetros objetivos del rendimiento de los servicios, como por ejemplo, la tasa de bits de codificación, la pérdida de paquetes, los retardos, el jitter y la disponibilidad. En general, los niveles de rendimiento de la red tendrán impacto sobre la calidad de la experiencia; por lo tanto, la relación entre estos dos conceptos se da en dos vías (Davidson, & Peters, 2006):

a) midiendo la calidad de servicio se podría predecir la calidad de la experiencia que percibirán los usuarios, y

b) dado un objetivo de la calidad de la experiencia que se le quiera presentar a los usuarios, se podría deducir el rendimiento requerido en la red (ITU-T, 2008; Pérez, Ruiz, & García, 2010).

A. Análisis de calidad de servicio en IPTV

Las expectativas de los usuarios frente a los servicios que presta IPTV o, dicho de otra manera, la calidad de la experiencia de los suscriptores, va de la mano con los mecanismos de calidad de servicio que son los que permitirán a las redes entregar un buen servicio, lo cual se verá reflejado en la satisfacción de los clientes (ITU-T, 2008).

Para lograr cubrir estas necesidades, se hace necesario estudiar los parámetros que tengan efectos directos o indirectos sobre el servicio. Como primera herramienta para seleccionar estos parámetros, es necesario tener claro cuáles son los distintos tipos de servicios que fluyen por la red, puesto que cada uno de ellos presenta requerimientos de transmisión específicos.

De esta manera, la diferenciación de tráfico se convierte en una característica inherente de los mecanismos de QoS y, por consiguiente, define el tratamiento que se le debe dar a cada uno. De acuerdo con esto, la ITU-T Y.1541 (2006) define los objetivos de funcionamiento de red basados en la diferenciación de los tipos de servicios según clases. En la Tabla 1 se puede apreciar los tipos de servicio y los atributos que caracterizan a cada uno de ellos.

Tabla 1. Clases de servicios establecidas por la ITU-T Y.1541

Clase de QoS	Aplicaciones	Mecanismos de nodo	Técnicas de red
0	Tiempo real sensible a retardos, alta interactividad (VoIP, IPTV)	Colas separadas con servicio preferencial, preparación de tráfico	Utilizar la menor distancia o utilizar encaminamiento
1	Tiempo real sensible a retardos, alta interactividad		
2	Datos transaccionales altamente interactivos (señalización)	Colas separadas, prioridad por supresión	Utilizar la menor distancia o utilizar encaminamiento (menor prioridad en los enrutadores)
3	Datos transaccionales, interactivos		
4	Solo pérdida baja (transacciones cortas)	Cola larga, prioridad por supresión	Utilizar cualquier ruta
5	Aplicaciones tradicionales de redes IP	Cola separada (prioridad inferior o Best Effort)	Utilizar cualquier ruta

IPTV se sitúa en la clase 0 por ser un servicio en tiempo real que necesita ser tratado con la mayor prioridad posible, con el fin de otorgar al cliente un buen servicio.

Para poder integrar un parámetro subjetivo, como la percepción de un cliente frente a la calidad del video suministrado, con un parámetro objetivo, como el rendimiento de la red, es necesario comenzar por tener una visión clara de los factores más críticos para el ojo humano. Para esto es necesario definir que existen diferentes tipos de factores como son: factores afectados por el rendimiento de la red, configuración de la red y perfil de los servicios y contenidos. A continuación se mostrará los factores antes presentados y los sub factores que influyen en estos.

1) *Rendimiento de la red.* Dentro de los parámetros de rendimiento de la red se tiene:

Pérdida de paquetes. Este fenómeno puede suceder por múltiples razones; limitaciones en el ancho de banda, fallo en los enlaces y errores en la transmisión. Dependiendo del tipo de protocolo de transporte que se utilice para el video streaming, la pérdida de paquetes tendrá diferente impacto en la calidad del video percibida por los clientes. Por ejemplo, si se utiliza UDP, esta pérdida afectará directamente la calidad ya que no habrá retransmisión de los paquetes y simplemente se tendrá que presentar al usuario los paquetes que si llegaron; como consecuencia la imagen se vería congelada (Brix Networks, 2006; Palacios, 2009).

Jitter. El deterioro en el video causado por el jitter generalmente se puede ver como congelación progresiva en las imágenes o cambios bruscos de un escenario a otro. En general, se dice que esta fluctuación o jitter debe estar por debajo de los 50 milisegundos para asegurar un video de alta calidad; sin embargo, en la práctica, esta fluctuación podrá ser mayor dependiendo del tamaño del buffer de video con el que cuente el STB y la tasa de descarga que se tenga.

Reordenamiento de paquetes. Generalmente los paquetes de un mismo flujo atraviesan un camino virtual predeterminado de extremo a extremo y por lo tanto los paquetes llegarán en el mismo orden en que fueron enviados. El reordenamiento de paquetes sucede cuando se presentan pequeñas interrupciones o cuando los segmentos de red están configurados para retransmitir paquetes perdidos (Erman & Matthews, 2008).

2) *Configuración de la red.* Dentro de los parámetros de Configuración de la red se tiene:

Codificación y compresión. La calidad del video que se distribuye a través de la red puede ser afectada desde la fuente, es decir, en la cabecera del sistema. Esto se da por el proceso de codificación y compresión. Es por esto que es necesario encontrar un buen equilibrio entre la calidad del video y el nivel de compresión deseado. Además, dependiendo de la codificación utilizada, la cantidad de información de cada paquete IP variará y, por lo tanto, la pérdida de un paquete podrá representar solo el daño de un punto imperceptible, un largo periodo de degradación del video o, en el peor de los casos, la pérdida total del video por cierto lapso de tiempo (Moumtadi, Escobar, López, & Laneros, 2008).

Tamaño del buffer del decodificador. El impacto del Jitter y la latencia en el video dependen del tamaño del buffer del decodificador. Este buffer le permitirá al decodificador compensar tanto los retardos como el jitter en el flujo de video que está llegando al STB.

Ancho de banda. Tal vez uno de los factores más importantes en el despliegue de IPTV es que el ancho de banda sea el suficiente para poder ofrecer una calidad óptima al cliente. Es por esto que además de pensar en cómo garantizar esta calidad se debe tener en cuenta que el ancho de banda sea el necesario.

3) *Perfil de los servicios y contenidos.* Dentro de los parámetros de perfil de los servicios y contenidos red se tiene:

Tamaño del cuadro del video. El tamaño de cada cuadro del video, en conjunto con la velocidad, determinará la relación de compresión del video y la cantidad de información que se generará al momento de la codificación. Por lo tanto, el tamaño de cada cuadro será un factor importante, que tendrá un gran impacto en la calidad del video, al momento en que un paquete se pierda o se dañe (Agilent, 2008).

Tiempos de respuesta ante el cambio de canal. Los STB utilizados por la televisión digital tradicional están en capacidad de recibir de manera simultánea todos los canales del sistema de televisión, lo que permite que el usuario cambie de canal sin percibir retardos. En IPTV los canales llegan en flujos individuales, por lo tanto la selección de otro canal genera una petición de un nuevo flujo de información, lo que provoca un retardo en la transmisión de la señal (DSL Forum, 2006). Según el

ADSL Forum, para asegurar una interactividad satisfactoria por parte de los usuarios, el retardo relacionado con el cambio de canal debe mantenerse por debajo de los 2 segundos. Este factor tiene tres componentes que adicionan retardo: el retardo en el proceso IGMP (*Internet Group Multicast Protocol*), el retardo en el *buffering* y el retardo en la decodificación (IneoQuest, 2009).

B. *Calidad de la experiencia en IPTV*

En los últimos años la calidad de la experiencia se ha convertido en una de las palabras más populares de la industria de los servicios soportados sobre IP, con mayor énfasis en los servicios en tiempo real como lo son VoIP e IPTV. En cuanto a IPTV se refiere, los proveedores deben estar en la capacidad de prestar a los clientes un excelente servicio, ya que los suscriptores esperan que la experiencia brindada por IPTV sea igual o mejor a la ofrecida por la televisión por cable o satélite; de lo contrario, correrán el riesgo de perder clientes, con facilidad y rapidez (Brix Networks, 2006).

Otros aspectos importantes que afectan la calidad de la experiencia percibida son: el tiempo de respuesta al cambiar el canal, la pérdida de sonido y la pérdida de sincronización entre audio y video (es importante que el audio no esté significativamente adelantado respecto al video. Su máximo debe ser 15 ms; sin embargo cuando es el audio el que está retrasado existe mayor tolerancia, pero esta debe ser de máximo 45 ms) (Agilent, 2008).

Al ser la calidad de la experiencia un parámetro subjetivo, lo ideal sería tener a un grupo de personas —o a los mismos clientes— calificando constantemente los contenidos suministrados por los proveedores del servicio; sin embargo, esto sería muy difícil, costoso y poco escalable, dado el despliegue que se tendría que hacer. Es por esto que los proveedores de servicios y fabricantes han optado por construir modelos y mecanismos para tratar de hacer objetivas y medibles las características que influyen en la percepción del usuario. A continuación se muestran algunos de los mecanismos utilizados para esta función y se explica cómo contribuyen a encontrar posibles anomalías en la red, ayudando a aplicar mecanismos de calidad de servicio acertados y por ende a mejorar la calidad que reciben los usuarios.

1) *Mecanismos para medir la calidad de la experiencia.* La calificación MOS (*Mean Opinion Score*) es una escala en la

cual se mide la calidad de la experiencia en los usuarios de la voz sobre IP, y algunas veces se la ha querido utilizar para medir la calidad en el video; sin embargo, el tráfico de video es más complejo y existen muchos más factores que afectan la experiencia que el usuario tiene al visualizarlo; por lo tanto, esta no es suficiente para medir las características del video y es preciso adoptar otra calificación que reúna todos los aspectos necesarios. Para satisfacer esta mayor profundidad en las pruebas, la IETF en conjunto con *Cisco Systems* desarrollaron el MDI (*Media Delivery Index*).

El MDI es un estándar del sector de las telecomunicaciones definido en el RFC 4445. Este modelo está ganando gran aceptación en la industria puesto que permite probar la calidad de los medios; esta medida, está ligada con la calidad de la experiencia y permite al proveedor monitorear los servicios de IPTV con base en medidas hechas sobre la red. El propósito del MDI es representar cómo se está comportando la red actualmente y cómo podría comportarse en un futuro para servicios de flujo de video; también es un indicador de cuál deben ser el tamaño adecuado del buffer utilizado para la reducción del jitter en los STB. El MDI tiene dos componentes: el DF (*Delay Factor*) o factor de retardo y el MLR (*Media Lost Rate*) o tasa de pérdida de medios, para en conjunto hacer un diagnóstico de la red. Estas mediciones se pueden realizar para cada trama de video en cualquier punto de la red que se desee y proveen una guía de la efectividad de la red para manejar *streaming* de video en tiempo real (Vinod & Srinivas, 2011).

MLR. Mide el número de paquetes perdidos y el número de paquetes que llega en desorden al destino (por segundo); es importante saber cuál es el porcentaje de paquetes que están llegando en desorden, puesto que muchos dispositivos no realizan ningún reordenamiento de ellos y estos son pasados directamente al decodificador. Cuando el MLR es mayor a cero, muestra que existe un porcentaje de pérdida de paquetes, lo cual puede introducir distorsión en la imagen y una reproducción irregular del video, comprometiendo seriamente su calidad.

DF. Dado que las condiciones de la red son variables, los paquetes de video llegan en tiempos diferentes, haciendo que el flujo no sea constante y el cliente experimente ciertos efectos incómodos en la visualización del video. Es por esto que es necesario almacenar este tráfico al momento en que llega a los STB y antes de ser reproducido en la pantalla. Esta variación entre los tiempos

de llegada de los paquetes siempre se encuentra entre un límite mínimo y otro máximo; estos límites, y el tiempo que tardan los buffers de video en vaciarse, son utilizados para calcular el factor de retardo. Este factor de retardo es definido matemáticamente de la siguiente manera (Agilent, 2009).

Índice de calidad VQI. Su objetivo es medir la calidad de video, su rendimiento, el análisis de raíz de los problemas que se puedan presentar y la medición en general de la calidad del video en el contexto de IPTV y VoD; se basa principalmente en las métricas de rendimiento de la red (pérdida de la red, jitter, latencia, pérdida de paquetes, almacenamiento en buffer, etc.) las cuales tienen una relación directa sobre la calidad del video. El VQI proporciona una puntuación que representa la calidad de la experiencia percibida por el usuario de la aplicación dada (Brix Networks, 2006).

V-FACTOR. Este mecanismo para medir la calidad de la experiencia en usuarios de IPTV fue creado por QoSmetrics y utiliza los modelos ya utilizados en la Voz sobre IP, MOS y R-Factor. V-Factor mide con gran precisión la calidad del video entregado a los suscriptores, puesto que mide tanto la calidad del audio como la del video. Aunque por ser un método propietario no se ha publicado exactamente como es el proceso para medir la calidad de la experiencia, si se ha presentado en algunos artículos que parámetros son utilizados para realizar este cálculo (Cognes, 2009).

V. IPTV SOBRE ADSL

Diversas degradaciones pueden suceder desde cuando el contenido sale de los servidores de IPTV, pasa por la red de núcleo y la red de acceso del proveedor hasta el cliente. Algunos de los problemas más frecuentes suceden por: ancho de banda insuficiente, errores en la transmisión en el acceso ADSL, calidad en la compresión del video, la no priorización del tráfico de video y el descarte de paquetes. Al ser ADSL una de las tecnologías de acceso más utilizadas actualmente, es importante tener claro sus bondades y limitaciones, para poder saber que problemas se pueden encontrar en el despliegue del servicio.

Cuando se diseña una red para IPTV es necesario calcular el ancho de banda que se necesitará para soportar todos los servicios. Es necesario tener en cuenta que habrá dos capacidades a calcular, una para el *core* de la red y otro para la red de acceso. Esta última debe ser bastante

robusta, ya que sin importar cual sea el número de suscriptores, necesitará soportar la totalidad de los canales, tanto SDTV como HD. Sin embargo, en la red de acceso es posible lograr una eficiente optimización de su rendimiento; una forma de hacerlo es que el DSLAM no reciba el tráfico de todos los canales, sino que se suscriba a los canales que pedidos por los clientes que estén conectados a él.

El DSLAM es el último dispositivo del lado del proveedor que manipula los flujos de datos que viajan desde la red IP hacia los usuarios y por lo tanto es el que hará que la calidad de servicio sea realmente de extremo a extremo; por otro lado, será el que gestione las peticiones de los usuarios y, en consecuencia, el que tendrá una gran influencia en los tiempos de respuesta generados a los clientes. Por estas razones, es muy importante que este dispositivo sea dimensionado acorde con los clientes que deberá atender y claro está, que se configuren adecuados mecanismos de calidad de servicio (Gutierrez, 2008).

Es necesario anotar que la mayoría de los proveedores han migrado a los IP-DSLAM para poder sacar el mayor provecho a sus redes de acceso. Estos DSLAM son capaces de manejar VLANs para la separación de flujos de tráfico; es de esta manera como garantizan QoS.

VI. PROTOCOLOS IMPLEMENTADOS

Para presentar el escenario completo de protocolos utilizados en la red IPTV se requiere detallar las técnicas para la transmisión de video sobre IP. Por lo general se utilizan protocolos de *Streaming* de video, como RTP y *Multicast*, para la difusión de los contenidos. En los siguientes apartados se presenta una explicación de los protocolos más utilizados en estas redes y posteriormente se muestra cómo estos ayudan al correcto funcionamiento del servicio.

1). *Real-time Transport Protocol* [RTP]. Fue diseñado por el *Audio-Video Transport Working Group* del IETF, planteado para soportar aplicaciones de tiempo real como el flujo multimedia en Internet. RTP es un protocolo ligero el cual por sí solo no proporciona reserva de recursos, ni mecanismos de control de flujo y calidad de servicio. Generalmente viaja sobre los paquetes UDP puesto que ellos poseen un menor retardo que TCP; pero a cambio, sacrifica la confiabilidad que ofrece TCP. Por esta razón, RTP no garantiza la entrega confiable y ordenada de paquetes, por lo que, para esta tarea, es necesario que sea acompañado por otros protocolos de control de los cuales

se hablará más adelante (Taufiqul & Hoque, 2008).

2). *Real-time Control Protocol* [RTCP]. Protocolo complementario a RTP que brinda mecanismos de control sobre las sesiones establecidas con éste, como por ejemplo, información básica sobre los participantes de la sesión y la QoS. RTCP establece comunicación utilizando el puerto adyacente al siguiente puerto que está siendo utilizado por RTP. Este está basado en la transmisión periódica de paquetes de control hacia los participantes de la sesión, ofreciendo información adicional de la calidad de los datos distribuidos desde la fuente hacia el destino.

3). *Real Time Streaming Protocol* [RTSP]. Es un protocolo no orientado a conexión para sistemas de streaming, que se utiliza para controlar uno o muchos flujos de datos, ya sean de audio o de video, sobre redes IP. Este protocolo le permite al usuario establecer control sobre el contenido que está descargando (e.g., reproducir, pausar, retroceder, avanzar), este control se logra mediante el establecimiento de una conexión TCP para enviar los mensajes, permitiéndole al usuario establecer funciones de mando a distancia a través de la red. Cabe resaltar que RTSP no es un protocolo de envío de información sino de control; para esta labor se utiliza el protocolo RTP (Gil, 2009).

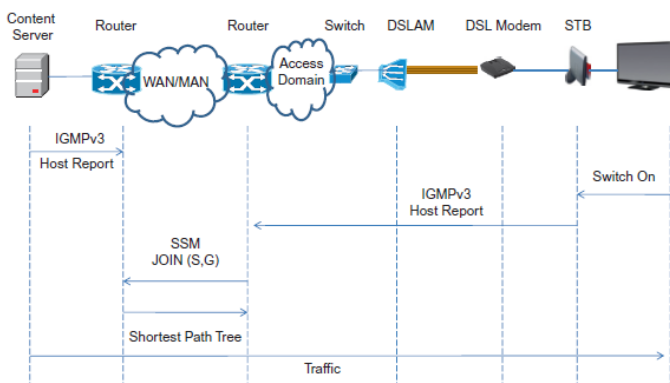
4). *Multicast*. Es el método generalmente utilizado para la transmisión de flujos de datos en redes IP; a través de él, es posible la entrega de datos a sistemas interconectados de la misma o de diferentes redes. Sin embargo, con el rápido crecimiento y alta exigencia de los servicios multimedia, como gráficos, voz y video, se ha hecho necesaria la transmisión de una gran cantidad de datos, lo cual afecta la carga tanto de las redes como la de los servidores que suministran el contenido. Con Multicast solo una copia del paquete de datos se envía desde el servidor hacia la red, utilizando solo una IP para todos los grupos de receptores, lo cual permite liberar a los enlaces y a los servidores de la carga extra que representan estos múltiples flujos (Pañeda, Marín, & Melendi, 2008).

5). *Multicast en un ambiente IPTV*. En redes que prestan el servicio de IPTV se utiliza tanto *Unicast* como *Multicast*. Habitualmente los canales en vivo se transmiten por Multicast ya que se espera que sean observados por una gran parte de los usuarios y su envío mediante Unicast llenaría los enlaces de información redundante. Por el contrario en un servicio como VoD, que por naturaleza es punto a punto, ya que un usuario requerirá un contenido en específico, se suele utilizar Unicast (Arceiz, 2008).

A continuación se explicarán algunos de los protocolos que soportan Multicast, pero desde el enfoque de una red IPTV, y como estos hacen posible el correcto despliegue de los servicios ofrecidos por IPTV.

1) *Internet Group Multicast Protocol [IGMP]*: Es el protocolo usado por las redes de IPTV para unirse a los grupos multicast, cuando hay un flujo multicast disponible en la red; los STB tendrán que unirse a dicho grupo para poder recibir el tráfico multicast; de igual manera, cuando el usuario no desea recibir más datos de ese flujo, el STB mandará un mensaje de *leave* para notificar que no quiere recibir más contenidos de ese grupo. En la Figura 2 se puede visualizar el funcionamiento de IGMP en redes IPTV con red de acceso DSL (Amir, 2010).

Figura 2. Funcionamiento de IGMP en redes IPTV

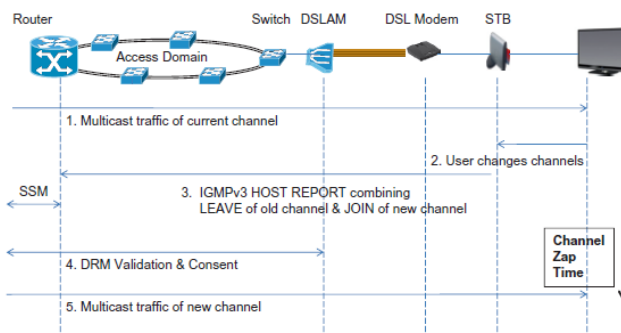


2) *Multicast e IGMP para el cambio de canal*. Cuando un usuario desea cambiar de canal, el tiempo que demora desde que es presionado el botón del control, hasta que el contenido del canal escogido se despliega en la pantalla, es conocido como *tiempo de zapping* de canal o cambio de canal. La señalización durante el cambio de canal se muestra en la Figura 6 (Internet Society, 2006).

Cuando el usuario cambia de canal, manda dos mensajes, un *leave* asociado al canal que estaba visualizando, y un *join* para asociarse al nuevo canal que desea ver.

En IGMPv3 es posible optimizar esta señalización, puesto que se puede combinar estos dos mensajes en una sola señal que será mandada a la red; una vez es recibida esta señal, el tráfico asociado con el canal actual es frenado en el DSLAM y posteriormente es asociado con el nuevo canal; en este momento el DSLAM empieza a transmitir el contenido. Este proceso se puede ver gráficamente en la Figura 3.

Figura 3. Funcionamiento de IGMPv3 para cambio de canal



VII. MECANISMOS DE CALIDAD DE SERVICIO PARA REDES IPTV

A. Mecanismos en la red de Core

Como se pudo ver en los anteriores apartados, IPTV es sensible a ciertos problemas puntuales de las redes, los cuales son retardo, Jitter y pérdida de paquetes. Para mejorar la calidad del servicio y mitigar estos problemas, es necesario que en los dispositivos de conexión (especialmente en los enrutadores y en el DSLAM) se configuren ciertos mecanismos de calidad de servicio que garanticen una adecuada priorización del tráfico IPTV. A continuación se presentan dos enfoques tanto para la red de Core como para la red de acceso, los cuales son ideales según las características del tráfico IPTV (Buzila, Lazar, Blaga, & Dobrota, 2007).

1) MPLS (*Multiprotocolo de Conmutación de Etiquetas*) es un estándar de conmutación de paquetes propuesto por la IETF, que ofrece algunas características de las redes orientadas a conexión, a las que no lo son. MPLS ofrece varios beneficios entre ellos: la ingeniería de tráfico de IP sobre ATM, la operación y el diseño de red más sencillo, puesto que está diseñado para operar sobre cualquier tecnología a nivel de enlace y mayor escalabilidad.

En MPLS a cada trama se le asigna un identificador (una etiqueta corta de longitud fija), el cual le indicará a los enrutadores el camino que deben seguir los datos. MPLS permite poner estas etiquetas según algunos parámetros por ejemplo, dirección IP fuente, camino que deben seguir los datos indiferente de su fuente o destino y de acuerdo con el tipo de servicio. Puesto que en MPLS es posible etiquetar los paquetes según el tipo de servicio, se convierte en uno de los mecanismos de calidad de servicio más efectivos. MPLS define cinco clases de servicio conocidos como CoS: video, voz, datos de alta prioridad, datos de prioridad y datos no prioritarios (Juniper Networks, 2009; Sierra, 2003).

2) RSVP (*Protocolo de Reserva de Recursos*). Protocolo de control de la red que trabaja en conjunto con el protocolo de transporte RTP, puesto que su diseño fue influenciado por los requerimientos de aplicaciones de video, y permite la reserva de ancho de banda para asegurar la QoS a través de toda la red de Core. RSVP diferencia cada paquete, lo marca y lo clasifica para darle un trato diferenciado, dependiendo del servicio que requiera.

La funcionalidad de este protocolo de reserva se basa en tres cosas: sesión, especiación del flujo y especificación del filtro. En la parte de sesión se identifica el flujo de datos según su destino y se hace la reserva de los recursos por un camino en particular, cada dispositivo entiende esto como el establecimiento de una sesión y le asigna los recursos; en la especificación del flujo se indica la calidad de servicio que se desea recibir para posteriormente ser tratado de forma preferente en cada nodo; por último, en la especificación del filtro define el conjunto de paquetes a los cuales se les hará la reserva y por lo tanto a cualquier otro paquete diferente (así vaya hacia el mismo destino) no se le dará calidad de servicio (CISCO, 2010).

RSVP es un protocolo ideal para IPTV puesto que fue hecho para funcionar con tráfico Multicast (en este caso primero es necesario que se establezca el enlace mediante IGMP y posteriormente por RSVP) y de carácter simplex; es decir, está orientado a realizar calidad de servicio desde la fuente hacia el receptor puesto que es el receptor el que recibe los contenidos y las solicitudes que hace este no necesitan que se les reserve recursos.

B. Mecanismos en la red de Acceso

En las redes de acceso donde la tecnología de transmisión es ADSL la manera más óptima de ofrecer calidad de servicio es mediante la configuración de diferentes VLANs. Esto se logra mediante el etiquetado y encapsulamiento por parte del DSLAM de los diferentes flujos provenientes de la red de core y la transmisión prioritaria de los flujos que lo requieren.

En las especificaciones formuladas por el DSL Forum, se propone dos formas de agregar a los usuarios a la red en cuanto a VLANs se refiere, una de ellas es tener una VLAN por cada suscriptor y la otra es tener una VLAN por cada servicio ofrecido. La ventaja de utilizar VLANs es que permite la segregación de tráfico, sea por tipo de servicio o cliente, y en algunos casos una combinación de ambos.

1) *VLANs dedicada para cada servicio*. Al tener este mecanismo, es posible definir una VLAN por servicio a través de la red. Por ejemplo, en este momento algunos proveedores tienen una VLAN dedicada para la parte de Internet y otra para la voz sobre IP. Este diseño permite que el uso del ancho de banda sea más eficiente, sobre todo para servicios de multidifusión como son algunos contenidos de IPTV.

Tener una VLAN por cada servicio permite a la red ofrecer calidad de servicio en función de cada una de ellas y reservar ancho de banda en la red de núcleo.

2) *VLANs dedicadas para cada suscriptor*. Este enfoque dedica a cada suscriptor una VLAN diferente y todos los servicios que requiera dicho cliente serán suministrados mediante ella. Sin embargo, los 12 bits que están reservados para el ID de las VLANs solo proporcionarán la capacidad de tener 4096 VLANs. Este total de clientes, a través de una red, sería una gran limitación y, por lo tanto, en este enfoque se utilizan las VLANs apiladas.

Una de las principales ventajas de este mecanismo es que le permite al router de borde gestionar de manera más fácil el ancho de banda para cada suscriptor, puesto que, primero limita el tráfico en el DSLAM y posteriormente asegura el ancho de banda para cada suscriptor.

Por otro lado, una de las desventajas es que este mecanismo funciona bien si la mayoría del tráfico es unicast (por ejemplo video bajo demanda) a causa de que las rutas serían punto a punto y no soportarían la replicación mediante multidifusión entre VLANs; esto implica que es necesario adicionar una Vlan más para distribuir el tráfico de multicast al igual que los mensajes IGMP (Huidrobo & Millán, 2002).

VIII. PROVEEDORES DE IPTV EN COLOMBIA

En Colombia el auge de esta tecnología todavía no se ha dado completamente, puesto que solo un proveedor lleva algunos años prestando este servicio y algunos otros piensan lanzar al mercado próximamente el servicio.

A continuación se mostrará como dos proveedores en Colombia (Proveedor 1 y Proveedor 2) han implementado este servicio en sus redes, la arquitectura adoptada y como manejan la calidad de servicio para ofrecer una buena experiencia a sus usuarios.

A. Proveedor 1

Ofrece el servicio de IPTV desde 2009 aproximadamente, en este momento tienen a rededor de 300.000 STB con un promedio de 1 a 2 STB por cliente.

1) Servicios

En este momento cuenta con las aplicaciones típicas de IPTV más algunas desarrolladas por él, como son: canales en vivo en definición estándar, canales en alta definición (veinte en la actualidad y próximamente veinte más), guía electrónica de programación (que permite ver la programación de aproximadamente siete días delante de la fecha actual), video tienda o VoD (el catálogo de películas se actualiza cada 15 días aproximadamente), pago por ver, catch-up TV (tienen pre definidos 10 canales, los cuales tienen la opción de ver lo que se ha presentado 7 días atrás y son almacenados en sus servidores), correo, Facebook, Twitter, juegos, Wikipedia, principales noticias del país y grabación de canales en vivo (lo cual se puede hacer en los STB, puesto que tienen puerto USB).

2) Arquitectura.

El proveedor 1 tiene seis componentes en su arquitectura IPTV: cabecera, middleware, VoD, protección de contenidos, red de core y red de acceso (con tecnología ADSL).

Cabecera. En este componente de la arquitectura es donde ellos reciben el contenido de los canales en vivo, posteriormente estos son digitalizados y codificados en MPEG-4.

Middleware. Este es el cerebro de IPTV, puesto que es el encargado de toda la interacción con el usuario. Se encarga de manejar los recursos. Es ahí donde se encuentra alojada la interfaz gráfica; este es el que se comunica con la base de datos de los clientes (cada cliente tiene un identificador único, nombre, STB asociados, manejo de saldo).

VoD. En esta parte de la arquitectura es donde se tienen los servidores que alojan las películas y videos que se les ofrecerán a los clientes. Esta funciona de la siguiente manera: cuando el cliente hace un requerimiento de una película, este primero pasará por el middleware, el cual efectúa la validación del usuario y el saldo correspondiente; posteriormente, si la validación es exitosa, el middleware lo redirige al servidor donde se aloja el contenido.

Protección de contenidos. Esta parte de la arquitectura se utiliza para contenidos que requieren protección (por ejemplo canales como: Warner, HBO, TNT) puesto que es

necesario protegerlos para que no sea posible su grabación y posterior distribución. Aquí se encriptan los contenidos que lo requieren.

3) Calidad de servicio y calidad de la experiencia

En lo que se refiere a calidad de servicio este proveedor tiene dos enfoques, uno para su red de core y otro para la red de acceso. En la red de core no se tiene limitaciones en ancho de banda puesto que son canales en fibra óptica y es una red MPLS, lo que permite reservar un ancho de banda específico para cada servicio (voz, IPTV y datos) y en cada enrutador ubicado en esta red dos sub interfaces, una para todo el tráfico en tiempo real y otra para datos. En la red de acceso cuentan con DSLAMs IP los cuales les permiten ofrecer calidad de servicio por medio del enfoque de VLANs por tipo de servicio, dándole prioridad a la voz, después a IPTV y por último a los datos (el cual se maneja mediante *Best Effort*).

B. Proveedor 2

Este proveedor todavía está en fase de pruebas con 500 clientes y tiene presupuestado salir oficialmente al mercado en el mes de julio del 2012. Entre sus proyecciones está tener 30.000 usuarios para el próximo año y ofrecer 90 canales más aplicaciones que permitan un alto grado de interactividad con el usuario.

1) Servicios

Al estar en una fase inicial este proveedor ofrece los servicios básicos de IPTV como son: canales en vivo en definición estándar, canales en alta definición, guía electrónica de programación, grabación de canales (que se realiza en los servidores del proveedor; cada cliente puede reservar un espacio en Mb que se le cobrará en la factura), VoD, pago por ver y Wikipedia.

2) Arquitectura

La arquitectura adoptada por este proveedor cuenta con los siguientes componentes: cabecera, middleware, red de distribución o de core y red de acceso (ADSL).

Cabecera. En este punto de la red es donde llegan los contenidos de canales en vivo, cuando dichos canales vienen de forma analógica son pasados a MPEG-2 para poder transportarlos mediante fibra óptica hacia el middleware; si por el contrario ya están en formato digital, pasan directamente al middleware.

Middleware. Es la parte más importante de su arquitectura, pues es aquí donde se centralizan todos los

servicios que serán prestados a los usuarios, como visualización de canales en vivo, pago por ver, video bajo demanda y otros. De igual manera, en el middleware se encuentran los mecanismos de encriptación, protección de contenidos, gestión de usuarios, bases de datos y servidores de streaming, entre otros. Cuando los contenidos llegan son codificados en MPEG-4 para después ser almacenados en los servidores o ser distribuidos hacia los clientes.

3) Calidad de servicio y calidad de la experiencia

En lo que se refiere a calidad de servicio este proveedor tiene dos enfoques, uno para su red de core y otro para la red de acceso. En la red de core hasta el momento no se han presentado problemas de congestión puesto que los dispositivos, interfaces y enlaces están sobredimensionados. Según el monitoreo realizado, constantemente el porcentaje de utilización de estos recursos es del 2%; por lo tanto, se ha determinado que todavía no es necesario manejar mecanismos de calidad de servicio. Por el contrario, en la red de acceso se han realizado estudios, simulaciones y laboratorios para poder determinar cuál es la mejor estrategia para garantizar la convivencia de los tres servicios (voz, televisión y datos).

IX. CONCLUSIONES

La calidad de servicio y de la experiencia son dos términos que siempre irán de la mano, puesto que el uno depende del otro; es decir, la calidad de la experiencia será un resultado de los mecanismos de calidad de servicio que se empleen en la red y dependerá de ellos la conformidad del usuario; a su vez la calidad de servicio depende de los requerimientos que tengan los suscriptores puesto que su configuración solo será acertada y efectiva si los clientes están conformes con la calidad. Por lo anterior es importante no solo implementar técnicas de calidad de servicio, si no también monitorear permanentemente el servicio, con el fin de asegurar que estas técnicas están surtiendo efecto sobre la calidad de la experiencia de los usuarios.

No solo es importante medir las métricas de calidad de servicio afectadas directamente por las condiciones tanto físicas como de configuración de la red (jitter, latencia, pérdida de paquetes) sino que también es necesario tener en cuenta factores externos, como el tipo de códec utilizado, puesto que éste es una de las partes más

importantes para tener una buena calidad en el video desde la fuente.

Los mecanismos que decida utilizar cada proveedor de servicio dependen del tipo de arquitectura en el core y el acceso que posea. Según las investigaciones realizadas, actualmente en el core no se aplican mecanismos de calidad de servicio debido al ancho de banda disponible, pero con la llegada de nuevos servicios, en algún momento se tendrán que configurar para no afectar la calidad de la experiencia a los usuarios.

X. REFERENCIAS

- Agilent Technologies (2008). Validating IPTV service quality under realistic triple play network conditions. Recuperado de <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-5607EN.pdf>
- Agilent Technologies (2009). *How network conditions impact IPTV QoE* [case study]. Recuperado de <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-6143EN.pdf>
- Agilent Technologies. (2008). *IPTV QoE: Understanding and interpreting MDI values*. Recuperado de <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-5088EN.pdf>
- Álvarez, M. & González, A. (2009). Estudio y configuración de calidad de servicio para protocolos IPV4 e IPV6 en una red de fibra óptica WDM. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Tarapacá*, 13(3), 104-113. Disponible en <http://www.scielo.cl/pdf/rfacing/v13n3/art15.pdf>
- Amir, Y. (2010, invierno). Multicast Protocols [material de clase]. Johns Hopkins University: Baltimore, MD. Recuperado de <http://www.cnds.jhu.edu/courses/cs437/Week3.pdf>
- Arceiz, J. (2008). Multicast-Mbone [curso de doctorado en telemática]. Recuperado de <http://usuarios.multimania.es/arceizb/MULTICAST%20MBONE.pdf>
- Arévalo, C. & Flores, F. (2010). Diseño de una red de video IP con arquitectura redundante para una empresa de CATV [tesis]. Universidad Politécnica Nacional: Quito, Ecuador. Recuperado de http://www.researchgate.net/publication/45204665_Diseño_de_una_red_de_video_IP_con_arquitectura_redundante_para_una_empresa_de_CATV
- Brix Networks (2006). *Service Quality Matters for IPTV: A Lifecycle Approach* [white paper]. Recuperado de <http://documents.exfo.com/Misc/WPaper-ServiceQuality-ang.pdf>
- Brix Networks. (2006). *Video Quality Measurement Algorithms: Scaling IP Video Services for the Real World* [white paper]. Recuperado de <http://documents.exfo.com/Misc/WPaper-VQI-ang.pdf>
- Buzila, A., Lazar, G., Blaga, T., & Dobrota, V. (2007). Evaluation of QoS parameters for IPTV. *Acta Technica Napocensis - Electronics and Telecommunications*, 48(3), 9-14. Disponible en http://users.utcluj.ro/~atn/papers/ATN_3_2007_3.pdf
- Cachinero, J.A. (2009). *Análisis y modelado de multicast inter-dominio para el soporte de servicios de video* [tesis]. Universidad Politécnica de Madrid: España. Recuperado de http://oa.upm.es/1840/1/PFC_JUAN_ANGEL_CACHINERO_POZUELO.pdf
- Camelo, M. Castro, H., & Donoso, Y. (2008). Convergencia de servicios en redes de próxima generación. *Sistemas*, 108, 42-51. Disponible en http://www.acis.org.co/fileadmin/Revista_108/dos.pdf
- CISCO (2010). *Internetworking Technology Handbook* [en línea]. Recuperado de http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/ito_d oc.html
- Cognes, Y. (2009). *Quality of Experience metrics for IPTV* [presentación]. San José, CA: Symmetricom
- Correa, A., & López, E. (2011). *Identificación de las variables que causan el retardo en cambio de canal del servicio de IPTV próximo a comercializar sobre la red multiservicios de un operador de telecomunicaciones y medición de los parámetros que contribuyen al mismo* [tesis]. Universidad Icesi: Cali,

- Colombia
- Davidson, J., & Peters, J. (2006). *Voice over IP Fundamentals*. Indianapolis, IN: Cisco Press. Disponible en <http://docstore.mik.ua/cisco/pdf/other/Cisco%20-%20Voice%20over%20IP%20Fundamentals.pdf>
- DSL Forum. (2006). T. Rahrer, R. Fiandra, & S. Wright [Eds.], *Technical Report TR-126: Triple-play Services Quality of Experience (QoE) Requirements*. Recuperado de <http://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-126.pdf>
- Erman, B. & Matthews, E. (2008). *Analysis and Realization of IPTV Service Quality*. Recuperado de http://www.alcatel-lucent.com/enrich/v2i22008/pdf/Analysis_IPTV.pdf
- Ferro, R. & Hernández, C. (2011). Los sistemas IPTV ¿una amenaza inminente para los actuales medios de teledifusión? *Tecnura*, 15(28), 101-122. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v15n28/v15n28a10.pdf>
- Gil, J. (2009, julio 4). RTP - Protocolo de transporte en tiempo real [pdf en Blog]. recuperado de <http://yisux.wordpress.com/2009/06/04/rtp-protocolo-de-transporte-en-tiempo-real/>
- Gutierrez, A. (2008, diciembre 10) *Tecnología DSL* Recuperado de <http://www.scribd.com/doc/8773817/Tecnologia-DSL>
- Huang, C. Wang, A., Li, J. & Ross, K. (2008). *Measuring and Evaluating Large-Scale CDNs* [en línea]. Brown University, Providence, RI. Recuperado de <http://www.cs.brown.edu/courses/cs2950-u/papers/CDN-measuring-IMC08-huang.pdf>
- Huari, F. (2001). Tecnología xDSL para comunicaciones. *Industrial Data*, 4(1), 66-70. Disponible en http://sisbib.unmsm.edu.pe/Bibvirtual/publicaciones/indata/v04_n1/tecnologia.htm
- Huidrobo, J. & Millán, R. (2002). *MPLS (MultiProtocol Label Switching)*. Recuperado de <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/mpls.php>
- IneoQuest Technologies. (2009). *MDI / QoE for IPTV and VoIP Quality of Experience for Media over IP*. Recuperado de http://ftp.ineoquest.com/pub/docs/Papers/MediaQualityofExperience_060105.pdf
- International Telecommunications Union - Standardization [ITU-T]. (2008). *IPTV Focus Group, Proceedings*. recuperado de <http://www.itu.int/pub/T-PROC-IPTVFG-2008/es>
- Jiménez, D. (1999). Aplicación de la tecnología inalámbrica LMDS en el futuro, alternativas y opciones. *Revista Electrónica de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central de Venezuela*, 5. Recuperado de <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No5/DJimenez.htm>
- Juniper Networks (2009). *VLAN Design for IPTV/Multiplay y Networks* [white paper]. Recuperado de <http://www.juniper.net/kr/kr/local/pdf/whitepapers/2000186-en.pdf>
- Lloret, J., García, M., & Boronat, F. (2010). *IPTV: La televisión por internet*. Málaga, España: Vértice
- López, L. & Castillo, R. (2008). *Modelo de gestión de calidad que garantice el QoS en las redes que intervienen en el transporte de IPTV* [tesis]. Recuperado de http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR2030_2.pdf
- Méndez, C. (2011, julio 29). *Redes de banda ancha: Televisión por protocolo internet* [Presentación]. Universidad de la Frontera: Temuco, Chile. Recuperado de [http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Redes_de_Banda_Ancha/Tarea_1/Carlo_Mendez_IPTV_\(Trabajo_Escrito\).pdf](http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Redes_de_Banda_Ancha/Tarea_1/Carlo_Mendez_IPTV_(Trabajo_Escrito).pdf)
- Moumtadi, F., Escobar, M., López, R., & Laneros, S. (2008). Reducción del retardo en el cambio de canal en IPTV. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 9(3), 217-229. Disponible en <http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=40490303>
- Muñoz, J. (2009). La tecnología IPTV en Colombia, 2009. *Tecnura*, 12(24), 70-77. Disponible en <http://tecnura.udistrital.edu.co/downloads/revista24/Articulo24-7.pdf>
- Navarrete, A. (2005, mayo 24). *La convergencia en las redes de telecomunicaciones por cable*. Recuperado de <http://www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=32>
- Ojeda, R. (2009). *Set-Top-Box: Microprocesadores para comunicaciones* [PDF en línea] Disponible en: <http://www.iuma.ulpgc.es/~nunez/clases-micros-para-com/mpc0809-trabajos/mpc0809RuymanOjedaSTBs.pdf>
- P. Silverman, & M. Hanrahan [Eds.]. (2012) *MR-180: Achieving Quality IPTV over DSL*. Fremont, CA: Broadband Forum. Recuperado de <http://www.broadband-forum.org/marketing/download/mktgdocs/MR-180.pdf>
- Palacios, F. (2009). IPTV testing over DSL [EXFO, application note 148]. Recuperado de <http://documents.exfo.com/appnotes/anote148-ang.pdf>
- Pañeda, X., Marín, I., & Melendi, D. (2008). *Arquitectura - Servicios de audio/video* [presentación - material de clase]. Universidad de Oviedo: España
- Pérez, P., Ruiz, A., & García, N. (2010) *Calidad de Experiencia en servicios multimedia sobre IP*. En *Jornadas Telecom I+D (Telecom I+D 2010)*, Valladolid, España. Recuperado de http://oa.upm.es/9282/1/INVE_MEM_2010_85904.pdf
- Pietrosemoli, E. (2003, octubre). *VoIP* [en línea]. Recuperado de <http://www.eslared.org.ve/articulos/ermannovoip.pdf>
- Sánchez, E. (2008). *Implementación de IPTV a través de enlaces de internet de banda ancha (televisión sobre IP)* [tesis]. Universidad San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0220_EO.pdf
- Sienra, L. (2003). *Ofreciendo Calidad de servicio mediante MPLS: Fundamentos y aplicación a las redes de cable*. Recuperado de <http://www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=14>
- Taufiqul. M. & Hoque, A. (2008). *Study of Reliable Multicast for IPTV Service* [tesis]. Recuperado de [http://www.bth.se/fou/cuppsats.nsf/all/2b911413d1c292ffc125751700753fdf/\\$file/Thesis_final.pdf](http://www.bth.se/fou/cuppsats.nsf/all/2b911413d1c292ffc125751700753fdf/$file/Thesis_final.pdf)
- Telecomunicaciones 2101. (2009). *IPTV*. Recuperado de http://telecom2101.comxa.com/1_8_IPTV.html
- The Internet Society. (2006). *Using Internet Group Management Protocol Version 3 (IGMPv3) and Multicast Listener Discovery Protocol Version 2 (MLDv2) for Source-Specific Multicast*. Recuperado de <http://tools.ietf.org/html/rfc2236>
- Torres, J., Ramírez, R., & López, D. (2011). Estado del arte de IPTV y consideraciones técnicas para su migración a IPv6 en Colombia. *Redes de Ingeniería*, 2(1), 45-64. Disponible en <http://ingenieria1.udistrital.edu.co/digital/index.php/redesdeingenieria/article/view/48>
- Vallejo, J. (2007). *Análisis y estudio de los requerimientos para la implementación de televisión sobre IP* [tesis]. Universidad Politécnica Nacional: Quito, Ecuador
- Villegas, E. (2011). Sistemas de Televisión sobre Infraestructura IP. *Boletín de Informática y Telecomunicaciones*, 9(44). Recuperado de <http://www.redciencia.cu/boletin.php?idtipo=11>
- Vinod, J. & Srinivas, M. (2011). *Deploying Next Generation Multicast-enabled Applications*. Waltham, MA: Morgan Kaufmann
- Walko, J. (2005). I love my IPTV. *IEEE Communications Engineer*, 3(6), 16-19

XI. CURRÍCULOS

Ángela Andrea García Muñoz (IEEE member 2010). Ingeniera telemática egresada de la Universidad Icesi. Analista de tecnología; actualmente se encuentra desarrollando proyectos de telefonía sobre redes IP y unificación de comunicaciones para pequeñas medianas y grandes empresas. Sus áreas de interés son la telefonía sobre redes IP y QoS sobre las mismas, el diseño de redes de comunicación, la administración de redes y los servicios de telecomunicaciones

Juan Carlos Cuéllar Quiñonez (IEEE member 2009). Ingeniero Electricista egresado de la Universidad del Valle, Especialista en Redes y Servicios Telemáticos de la Universidad del Cauca, Especialista en Redes y

Comunicaciones de la Universidad Icesi. Maestría en Telecomunicaciones en la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín. Actualmente se encuentra desarrollando sus estudios de doctorado en telemática en la Universidad del Cauca. Profesor de tiempo completo en la Universidad Icesi y actualmente coordinador del Departamento de Ciencias Físicas y Tecnológicas y las actividades en el Laboratorio de Redes y Comunicaciones. Sus áreas de interés QoS y QoE en Redes de Próxima Generación (NGN) y configuración de dispositivos de interconectividad.