

Análisis del retardo en el cambio de canal en IPTV

Jackson Reina Alzate
Diego Hernando Agudelo Gómez
Juan Camilo Montoya

Facultad de Ingeniería Informática y Telecomunicaciones
Universidad Pontificia Bolivariana
jackson.reina@upb.edu.co
sirdaget@gmail.com
juanchitomonga@gmail.com

Abstract

La televisión basada en redes IP (IPTV) es una tecnología que en los últimos años está tomando gran acogida en todo el mundo, la creación de servicios interactivos de alta calidad, son necesarios hoy en día. Por tal motivo la investigación en IPTV ha alcanzado mucha fuerza en la actualidad, desarrollándose una cantidad de investigaciones y propuestas alrededor de esta; en concordancia, hoy en día quedan varios temas que requieren mayor análisis, como por ejemplo, la reducción del tiempo en el cambio de canal (más conocido por su término en Inglés *Channel Zapping Delay* o CZD). El CZD es un problema crítico que está afectando la calidad de experiencia del usuario con los servicios de IPTV. En este artículo se analiza el problema en CZD y se presentan algunas de las propuestas que más aportan a la solución de dicho problema.

Palabras Claves— *Channel zapping delay*, Calidad de Experiencia, IPTV.

I. Introducción

El servicio de IPTV, como resultado de la convergencia de redes, se presenta a los usuarios como una opción diferente de disfrutar de la televisión por suscripción[1]. En la actualidad, en IPTV aún se deben superar varios retos para asegurar el éxito del mismo frente a su predecesor, la televisión analógica [2]. Uno de los aspectos que más atención necesita es la gran cantidad de tiempo requerido al momento de realizar un cambio de canal (conocido en inglés como *channel zapping delay* o CZD), el cual afecta de forma desfavorable la aceptación que tiene el usuario respecto al servicio [3].

En IPTV el cambio de canal es un aspecto crítico pues el tiempo que transcurre desde que el usuario presiona el botón para cambiar de canal hasta que el canal solicitado es mostrado en el monitor es demasiado grande [4]. En [5] los autores mencionan una prueba realizada por Agilent Technologies para 1.000 usuarios de IPTV en donde se tiene como resultado un CZD que varía entre 0.9s y 70s.

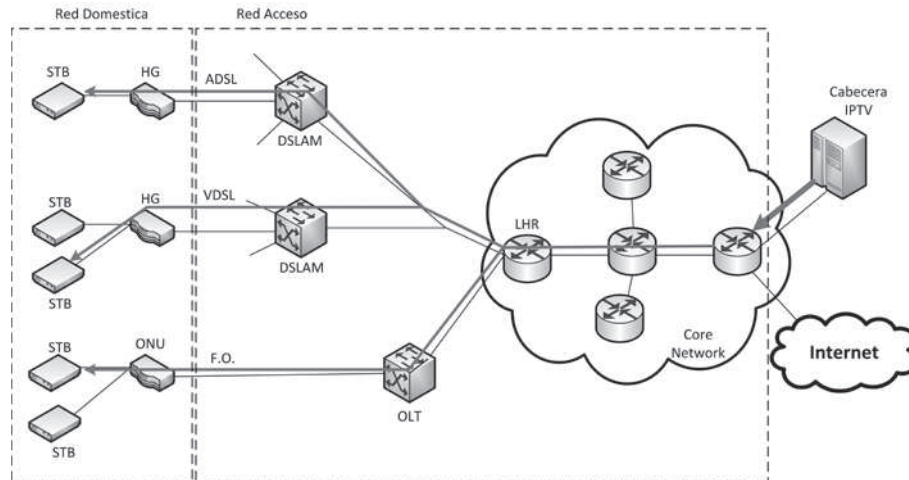
Para mejorar esta situación se han propuesto diversas soluciones que abordan desde diferentes frentes las causas del problema pero sin perder el objetivo principal, reducir significativamente el tiempo CZD. El resto de este artículo está estructurado de la siguiente forma: en la sección II se describe la infraestructura de IPTV y su funcionamiento; en la sección III se describe el problema de CZD con mayor detalle, describiendo las causas más representativas; luego, en la sección IV se describen las propuestas más significativas para mejorar el tiempo de cambio de canal en IPTV.

II. IPTV

Antes de hablar en profundidad sobre el problema presentado al momento de cambiar de canal en IPTV es importante que el lector tenga claros los conceptos básicos sobre el funcionamiento del servicio. Origen, topología física, protocolos y codificación serán los temas por tratar en esta sección.

La aparición de la televisión digital (DTV) ha sido uno de los avances más significativos en el servicio de televisión [6]; una gran ventaja de la televisión digital frente a los sistemas de televisión analógicos es la alta calidad del audio y el video; además, de un consumo eficiente del ancho de banda disponible en las redes de acceso [7] [40]. La DTV permite dar un valor agregado al cliente gracias a la interactividad, es decir, el usuario puede tener contacto con su operador brindando nuevos servicios paralelos a la televisión. IPTV surge como un tipo de televisión digital, donde el video y el audio viajan sobre redes basadas en el protocolo IP [8]. En [9] el autor menciona que IPTV se convertirá en la tecnología dominante de la televisión digital durante los próximos 20 años.

Fig. 1. Diagrama básico de red de IPTV.



Fuente: Chunglae Cho, Intak Han, Yongil Jun y Hyeongho Lee, “*Improvement of Channel Zapping Time in IPTV Services Using the Adjacent Groups Join-Leave Method*”, 2007.

La iniciativa de desarrollo de sistemas de IPTV comenzó por parte de las empresas privadas, pero en estos momentos ya hay varios organismos de estandarización trabajando en el tema y publicando documentos que permitan la interoperabilidad, algunos de los organismos son: *The Digital Video Broadcasting (DVB) Project*, *ETSI TISPAN (European Telecommunications Standards, Institute Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking)*, *ATIS IIF (The Alliance for Telecommunications Industry Solutions, IPTV Interoperability Forum)*, *ITU-T IPTV Focus Group and GSI y Open IPTV Forum*. [10].

IPTV se define como el sistema que presta servicios multimedia como la televisión, video, audio, texto, gráficos y datos a través de redes privadas basadas en IP. Las redes son gestionadas para proporcionar un requerido nivel de calidad de servicio y de experiencia, además de garantizar seguridad, interactividad y confiabilidad. En este punto vale aclarar que IPTV tiene ciertas diferencias con televisión por Internet, conceptos que se confunden frecuentemente. La tabla I muestra algunas de las diferencias [11].

Tabla I. Diferencias entre iptv y televisión por internet

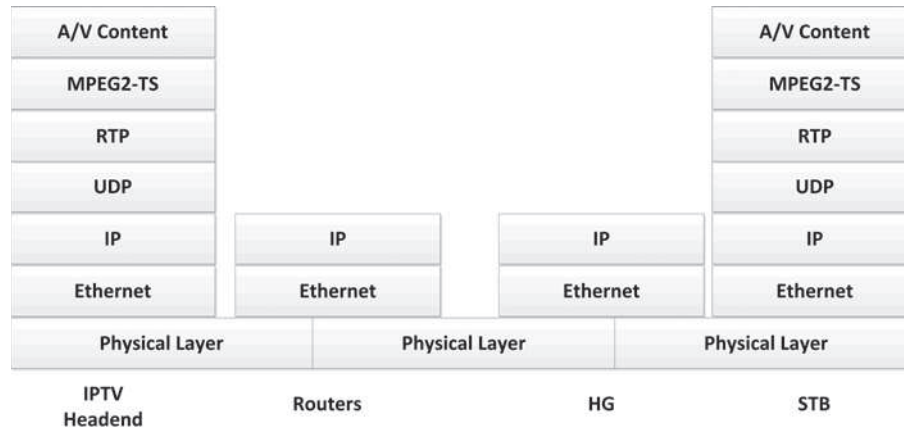
IPTV	TV por Internet
Red privada de un proveedor de IPTV	Red pública de Internet
Limitación geográfica	No tiene límites, se puede acceder desde cualquier lugar del mundo.
Se garantiza calidad de servicio y de experiencia.	No se puede garantizar calidad de servicio y de experiencia .
El <i>Set Top Box</i> (STB) dispositivo del usuario.	El computador dispositivo del usuario.
Se paga por el contenido, en especial si el contenido es personalizado.	La mayoría del contenido es gratuito.

A. Arquitectura de IPTV

La arquitectura de IPTV está constituida por diferentes dispositivos que realizan ciertos procesos para adecuar la señal de video y audio para ser llevada hasta el usuario final, como se observa en la Fig. 1; a continuación se describe cómo está conformada dicha red:

1. Cabecera: es el elemento central de la infraestructura de IPTV y se encarga de recibir el contenido por parte de las productoras y redistribuirlo a los suscriptores. Por lo general, en la cabecera se encuentra el codificador de video, encapsulador IP, transcodificador, servidor de gestión de contenido, servidor de *streaming*, almacenador de contenido y el sistema DRM (*Digital Rights Management*) [8][12][13].
2. Red de distribución: Consta de dos partes: red núcleo (*core*) y la red de acceso. La primera respectivamente se localiza desde la cabecera del operador hasta el LHR (*Last Hop Router*). La segunda se localiza desde el LHR, pasando por el HG (*Home Gateway*) hasta el STB (*Set Top Box*) encargado de decodificar el video [14] [15]. El HG es el encargado de ser la puerta de enlace entre los equipos de IPTV del usuario y la red de acceso. El tráfico que viaja a través de toda red de distribución es de dos tipos: *unicast* para un suscriptor en específico (en el caso de Video bajo Demanda, VoD) o *multicast* para un grupo de suscriptores, opción que permite reducir el consumo de ancho de banda. Para la transmisión del flujo *multicast* se hace uso del protocolo IGMP (*Internet Group Managment Protocol*), que mediante los mensajes *Join* y *Leave* permite obtener un canal de televisión o también llamado grupo *multicast* en el STB [16] [17].
3. Los protocolos usados en el sistema IPTV se muestran en Fig. 2.

Fig.2. Protocolos para la transmisión de video y audio en IPTV.



Fuente: Chunglae Cho, Intak Han, Yongil Jun y Hyeongho Lee, "Improvement of Channel Zapping Time in IPTV Services Using the Adjacent Groups Join-Leave Method", 2007.

B. Codificación y Decodificación

La codificación y decodificación se definen como la compresión y descompresión del video respectivamente. Su uso, especialmente, es para reducir su tamaño y poder transmitir la misma información a una menor tasa de *bits* [18]. Hoy en día se encuentran diferentes estándares de codificación (CODECS), algunos de estos CODECS son: MPEG 2, MEPEG 4 parte 2 y H.264. Todos los estándares parten de la base de que el video se fracciona en imágenes, las cuales se estructuran en una secuencia de cuadros (*frames*) I, P y B. Los *frames* se agrupan de 12 a 15 imágenes con una estructura definida, conocida como GoP (*Group of Pictures*)[19]. Cada GoP comienza con un *I-frame* que contiene la información de imagen completa y es seguido por una secuencia de *frames* P y B que proporcionan sólo los cambios en relación a los *frames* anteriores dentro del mismo GoP [20][21]. Entonces, un STB al recibir un flujo *multicast* o *unicast* sólo puede decodificar el video habiendo recibido previamente el *I-frame* correspondiente al mismo GoP, aspecto importante para el cambio de canal.

III. Channel zapping

De la sección anterior se puede observar como en IPTV el proceso para prestar el servicio de televisión involucra una gran cantidad de dispositivos a través de los cuales deberá viajar la información. El cambio de canal, también conocido como *channel change* [22] o *channel zapping*, no es ajeno a este proceso que, a diferencia de su



predecesor (televisión analógica) en donde solo están involucrados la señal transmitida y el sintonizador del televisor [3], requiere seguir una serie de pasos y protocolos que se mencionaran más adelante en esta sección. El envío de la información y paquetes inherentes a IPTV a través de los diferentes dispositivos de la infraestructura del operador hace que el tiempo requerido para pasar de un canal a otro sea grande en comparación con la televisión tradicional (CATV) [23]. Este retardo trae como resultado que la calidad de experiencia (QoE) de los usuarios finales se reduzca y, como consecuencia, una mala percepción del servicio [24].

La calidad de experiencia, en inglés *Quality of Experience* (QoE), se define como la aceptación general de una aplicación o servicio, tal y como se percibe subjetivamente por el usuario final; esta se mide desde dos enfoques: el objetivo, que se logra por medio de parámetros que determinan el grado de satisfacción de un usuario (*Quality of Service*, QoS); y el subjetivo, con el indicador *mean opinion score* (MOS) que mide las expectativas, actitud y motivación del usuario [25].

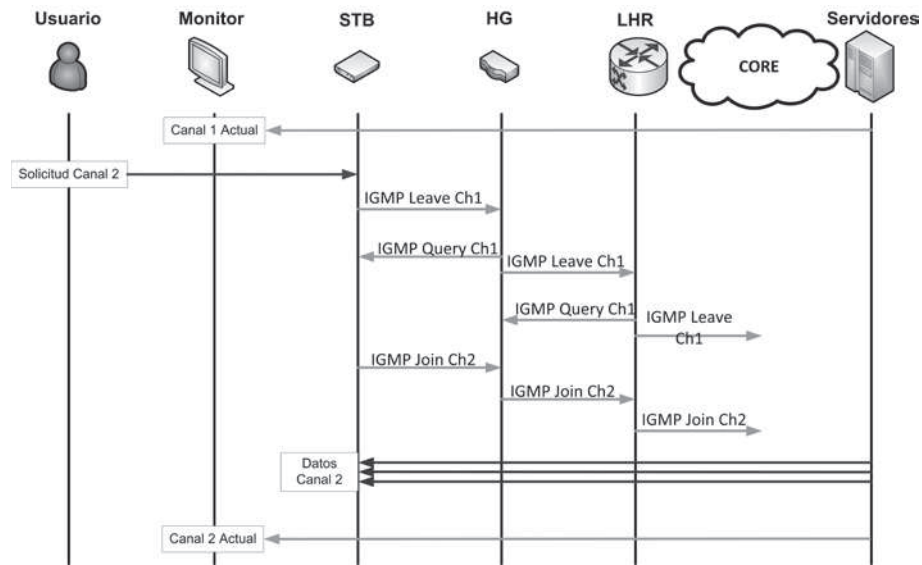
En [22], [26] y [27] los autores coinciden en que el tiempo requerido por el sistema de IPTV para el cambio de canal varía entre 0.6s y 2s, mientras que en CATV este tiempo es de unos 0.43s; este tiempo es medido desde que el usuario presiona el botón del control remoto para cambiar de canal hasta que la imagen es mostrada en la pantalla. En [3] se realiza un análisis de cómo estos tiempos afectan el MOS del usuario; los autores afirman que un cambio de canal de 0.1s a 0.5s hace percibir al usuario que la respuesta del sistema es prácticamente instantánea, lo que aumenta los puntos del MOS, es decir, el servicio comienza a ser bien recibido y se aumenta el número de suscripciones; mientras que un tiempo de más de 1s hace que el usuario pierda la sensación de que el servicio opera continuamente (algo que se debe tener muy en cuenta en aplicaciones interactivas) lo que resta puntos en el MOS teniendo como consecuencia deserciones y usuarios insatisfechos.

Todo el proceso de cambio de canal está representado en la Fig. 3 y es explicado a continuación paso a paso, luego en la tabla II se muestra el tiempo estimado necesario para cada una de las etapas del proceso.

1. El usuario realiza una solicitud de cambio de canal por medio del control remoto hacia el STB la cual es recibida y procesada.
2. Si este canal se encuentra disponible actualmente en el STB, este comienza a decodificarlo y a mostrar el video en pantalla; si no está disponible, este envía a la red un mensaje IGMP-*Leave* para el canal actual y uno IGMP-*Join* para el canal solicitado.
3. El HG recibe esta solicitud IGMP y la replica a su red en caso de no tener el canal disponible ya, si está disponible este responde enviando el flujo del canal al STB.

4. Este mensaje es tomado por el LHR y, al igual que en el paso 3, si el canal está disponible este lo envía al HG; sino, se envía la solicitud a los servidores ubicados en el *core*.
5. Ya que en el *core* se encuentran todos los canales disponibles, el LHR que solicitó el contenido es agregado a la lista *multicast* para que reciba el flujo de datos del canal.
6. Luego de que el flujo atraviesa toda la red, es recibido por el STB el cual debe esperar al siguiente *I-frame* para comenzar a llenar el buffer y luego a decodificar la señal.

Fig. 3. Diagrama del proceso de cambio de canal en IPTV.



Fuente: Hyunchul Joo, Hwangjun Song, Dai-Boong Lee, and Inkyu Lee, *An Effective IPTV Channel Control Algorithm Considering Channel Zapping Time and Network Utilization*, *Transaction On Broadcasting*, Junio 2008.

La tabla II muestra los valores promedio presentados en cada una de las etapas mencionadas anteriormente [28] [29]. En esta se puede observar cómo el tiempo de espera por el siguiente *I-frame* es el más grande; este tiempo está directamente relacionado con la duración total de un GoP (entre 0.5s y 2s) [30]. En el mejor de los casos un STB comenzará a recibir el flujo *multicast* justo antes de que el *I-frame* sea enviado por la red, haciendo así que el retardo generado por esta etapa sea aproximadamente cero; mientras que, en el peor de los casos, un STB recibirá el flujo *multicast* justo después de que fue enviado un *I-frame*, lo que ocasionaría que este deba esperar a que se envíe el siguiente, es decir, se deberá esperar el tiempo que dura un GoP (0.5s a 2s) [24].

Tabla II. Tiempos medios para el proceso de cambio de canal.

Etapas del cambio de canal.	Tiempo promedio (s)
Solicitud control remoto - STB	0.005
Procesamiento del mensaje IGMP (<i>join-leave</i>) en el STB	0.005
Procesamiento del mensaje IGMP (<i>join-leave</i>) en el HG	0.005
Procesamiento del mensaje IGMP (<i>join-leave</i>) en el LHR	0.005
Procesamiento en los servidores	0.01
Espera por el siguiente I-frame	0 ~ duración GoP (0.5s - 2s)
Llenado del buffer	0.06
Decodificación de los datos	0.01

IV. Propuestas para reducir el tiempo de *channel zapping*

Con el objetivo de disminuir el tiempo durante el cambio de canales han surgido varias propuestas, que abordan el problema desde diferentes frentes, buscando reducir alguno de los tiempos mencionados en la tabla II. Antes de describir algunas de estas propuestas es importante tener claro que para que puedan llevarse a cabo requieren adicionar elementos de red o algoritmos ajenos al concepto básico de IPTV; razón por la cual es recomendable que estas soluciones cumplan con ciertos parámetros que buscan que el impacto sobre la infraestructura existente sea mínimo. A continuación se mencionan los parámetros que debe cumplir una solución completa e integral [31].

- El tiempo de respuesta debe ser bajo tanto para el mejor como para el peor de los casos (redes congestionadas).
- Los usuarios no deben percibir modificaciones o reducciones en la calidad de la imagen o el audio.
- La cantidad de ancho de banda adicional para implementar la solución debe ser mínimo.
- Debe ser fácilmente escalable, en caso de crecimiento de la red.
- Debe ser aplicable independientemente del sistema de acceso.
- El número de cambios en la infraestructura básica debe ser mínimo.
- No se debe modificar la información ni el flujo multimedia.

En [32] y [33] se propone realizar un estudio del comportamiento de los usuarios cuando están cambiando de canal, con el fin de predecir los próximos canales a los que el usuario hará *zapping*. Ya con esta predicción, ambos hacen uso del método *multi-channel*, que consiste en enviar varios canales hasta el STB. Aunque ambas soluciones

usan la misma idea para disminuir el CZD, estos difieren en su procedimiento. En el primer artículo los autores exponen un nuevo esquema de *channel zapping* para IPTV en EPON, define dos situaciones de CZ dado el comportamiento del usuario, estas situaciones son *intra-* e *inter-stream*. *Intra-stream* es la situación donde el usuario solo cambia de canales de forma creciente o decreciente, o sea, el cambio es un solo salto; *Inter-stream* es la situación donde el cambio es de dos o más saltos. A partir de estas situaciones hacen uso de *multi-channel*, es decir, dependiendo de la situación envían los múltiples canales. Los canales que no está viendo el usuario son almacenados en una etapa de *pre-buffering* para que cuando un usuario cambie a un canal no tenga que esperar. En el segundo artículo los autores explican la forma como se envían los múltiples canales de acuerdo con un historial de comportamiento del usuario que se guarda en el STB. Si bien en ambos artículos se afirman disminuir el CZD, son propuestas donde la utilización del ancho de banda no es muy eficiente, debido que a través de la red se están enviando dos o más canales que estarían utilizando gran capacidad del enlace (un canal en definición estándar consume aprox. 2Mbps y en alta definición 8Mbps en MPEG-4 [34]).

En [35] se enfocan en el tráfico *multicast* de IPTV. Proponen optimizar el CZD enviando primero un mensaje *IGMP-Join* al canal solicitado antes del mensaje *IGMP-Leave* con el fin de reducir la latencia del comando *Join*. En esta propuesta no atacan los tiempos que más aportan al retraso que se presenta cuando hay cambio de canal. El tiempo que puede llegar a reducir esta propuesta no es significativo en comparación con los tiempos de llenado de *buffer* y la espera del siguiente *I-frame* (ver tabla II), además con la aparición de *IGMPv3* donde minimizan el tiempo de los comandos *Join* y *Leave*, esta propuesta no es de mucho impacto [31].

En [36] los autores proponen reducir la espera del *I-frame*, adicionando un flujo *unicast* que envíe el último GoP recibido en la cabecera. Esto se realiza almacenando en el servidor de multimedia el último flujo RTP que comienza con el respectivo *I-frame*. Además, para disminuir la complejidad de comparación entre los dos flujos (*multicast* y *unicast*) al lado del cliente el campo de secuencia del datagrama de RTP es usado para indicar cuándo comienza el *I-frame*. La solución propuesta reduce el CZD significativamente (atacando la espera por el *I-frame*), sin embargo, es una solución poco escalable debido a los flujos *unicast* ya que al momento de un cambio de canal masivo (por ejemplo, al final de un noticiero) el número de conexiones *unicast* es demasiado grande.

En [37] se desea reducir el CZD sin afectar mucho la calidad del video adoptando el estándar H.264/SVC (*Scalable Video Coding*). SVC introduce el uso de dos flujos, donde uno de los flujos lleva información de video pero con una calidad reducida y el otro flujo contiene el resto de la información del video para dar una calidad máxima; en el momento de decodificar, los flujos se combinan para dar la calidad adecuada al video [38]. En la propuesta hacen uso de esta funcionalidad usando el flujo de calidad reducida para el momento en que el usuario está haciendo *zapping*;

luego de que el usuario se establezca en un canal se envía el otro flujo para dar la calidad completa; cada flujo tiene su dirección *multicast* independiente. Además en el momento de cambiar el canal se almacenan los canales de preferencia del usuario. Esta propuesta reduce el tiempo de solicitud del nuevo canal, sin embargo, no reduce el tiempo más significativo y por consiguiente el más importante (la espera por el siguiente *I-frame*).

En [4] los autores proponen adicionar un flujo de datos para llenar rápidamente el *buffer* del STB y así disminuir el tiempo de CZ. A diferencia de [36], donde el flujo es *unicast*, en esto autores proponen un flujo *multicast* para disminuir la sobrecarga en la red que involucraría usar *unicast*. En otras palabras, si un operador tiene n usuarios y en un momento todos comienzan a cambiar de canal, el operador debería crear n flujos *unicast*, situación que no es deseable por la carga que le significa a la red. Por esta razón, en este artículo se usa el mismo concepto pero con un flujo adicional *multicast*. Esta solución busca reducir el tiempo de llenado del *buffer* en los STB con el fin de que la decodificación comience más rápido; sin embargo, los autores parten del hecho de que los usuarios cambian de canal al mismo tiempo, lo cual al momento de una implementación real es poco probable.

En [39] se propone un algoritmo de control del canal que mantiene el CZD en rango tolerable. El algoritmo determina la distribución de los *I-frames* en un canal con el fin de adicionarlos en un flujo rápido, para aumentar la frecuencia de llegada de *I-frames* al STB. Además, la solución permite hacer una diferenciación entre canales estáticos y dinámicos. Los canales estáticos son los canales que los usuarios más solicitan y son llevados hasta el LHR; dicha clasificación se realiza para introducir más *I-frames* en los canales estáticos. Esta propuesta propone reducir tanto el tiempo de espera por el siguiente *I-frame* como el tiempo de petición del nuevo canal; no obstante, al introducir más *I-frames* y enviar todos los canales estáticos hasta el LHR el consumo de ancho de banda en la red se incrementa considerablemente.

El enfoque de [31] consiste en crear réplicas retrasadas en el tiempo de un canal. Estas réplicas son grupos *multicast* independientes que están almacenados en un dispositivo que los autores llaman *Zapping Accelerator (ZA)*; por medio de una reforma en el *software* del STB este es capaz de calcular en cuál de estas réplicas se enviará el *I-frame* más pronto, reduciendo así el tiempo de espera por este *frame*. Adicionalmente, luego de cierto tiempo, el sistema se encarga de migrar a los usuarios al flujo *multicast* primario con el fin de disminuir la sobrecarga de tráfico sobre la red. Esta solución abarca todos los parámetros mencionados al principio de esta sección, haciéndola atractiva para una implementación; sin embargo, al requerir agregar *software* nuevo en los equipos entregados por los fabricantes implicaría procesos externos como negociaciones, pedidos específicos e incluso cambio de proveedores, tema que no es objetivo de este artículo.

V. Conclusiones

El proceso de *channel zapping* es un aspecto fundamental para la experiencia de los usuarios finales, ya que de este depende su percepción de cuán satisfactorio es el servicio de IPTV; por esto, los operadores deben tener especial cuidado en minimizar el tiempo de este; permitiendo a los proveedores la captación de más suscriptores al servicio y el abaratamiento de sus tarifas.

El principal factor que hace que el tiempo para el cambio de canal sea grande es la espera por el siguiente *I-frame* dentro del flujo *multicast*, esto se debe a que sin este *frame* no se pueden decodificar los demás *P-* y *B-frames*. En el mejor de los casos la espera por el siguiente *I-frame* será cercana a cero, sin embargo, en el peor de los casos será cercana a la duración de un GoP (0.5s a 2s).

A pesar de que en la actualidad existen varias propuestas de solución al problema de *channel zapping* en IPTV, muy pocas de estas atacan la principal causa del retardo (la espera por el *I-frame*); por lo tanto, a pesar de que el tiempo se reduce, no tiene mayor impacto en la totalidad del problema.

VI. Referencias

- [1] Ken Kerpez, Dave Waring, George Lapiotis, J. Bryan Lyles, & Ravi Vaidyanathan, *IPTV Service Assurance*, IEEE Communications Magazine, Septiembre de 2006.
- [2] Mubashar Mushtaq, Toufik Ahmed, P2P-based Mobile IPTV: Challenges and Opportunities, Mayo de 2008.
- [3] R. Kooij, K. Ahmed, and K. Brunnström, "Perceived Quality of Channel Zapping", in *Proceedings of the Fifth IASTED International Conference Communications Systems and Networks*, Ago. 2006.
- [4] Chikara Sasaki, Atsushi Tagami, Teruyuki Hasegawa, Shigehiro Ano, *Rapid Channel Change for IPTV Broadcasting With Additional Multicast Stream*, IEEE Communications Society, 2008.
- [5] Yuna Kim, Jae Keun Park, Hong Jun Choi, Sangho Lee, Heejin Park, Jong Kim, Zino Lee, Kwangil Ko, "Reducing IPTV Channel Zapping Time Based on Viewer's Surfing Behavior and Preference".
- [6] BENOIT, Hervé. *Digital televisión. Satellite, cable, terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB framework*. 3ª ed. Francia.: Elsevier. 2006. p. 20.
- [7] Ulf Jennehag, "Bandwidth Efficient IPTV Distribution" *Department of Information Technology and Media Mid Sweden University: Doctoral Thesis No. 39 Sundsvall, Sweden*, 2007. p.1.
- [8] GREENFIELD, Howard and SIMPSON, Wes. *IPTV and Internet video: New markets in television broadcasting*. EE.UU: Elsevier, 2007.
- [9] GREENFIELD, Howard and SIMPSON, Wes. Op. Cit., p.1
- [10] Julien Maisonneuve, Muriel Deschanel, Juergen Heiles, Wei Li, Hong Liu, Randy Sharpe, and Yiyan Wu, *An Overview of IPTV Standards Development*, IEEE Transaction On Broadcasting, Junio de 2009.

- [11] O'DRISCOLL, Gerard. *Next generation IPTV services and technologies*. EEUU.:Wiley, 2008. p.3.
- [12] Sebastián Aristizábal Zapata, "Revisión del Estado del Arte de la Calidad de Servicio (QoS) en IPTV", Colombia: UPB, Tesis de pregrado, 2010, p. 52.
- [13] Ramirez David. *IPTV security. Protecting high value digital contenet*. UK:Wiley, 2008. p.28.
- [14] Chunglae Cho, Intak Han, Yongil Jun y Hyeongho Lee, "Improvement of Channel Zapping Time in IPTV Services Using the Adjacent Groups Join-Leave Method", 2007.
- [15] Suman Kalyan Mandal y Michael MBuru, *Intelligent Pre-fetching to Reduce Channel Switching Delay in IPTV Systems*, 2008
- [16] Wes Simpson, *Video over IP*.UK.: Elsevier, 2008. P.253.
- [17] RFC 3376, "Internet group management protocol, version 3." [Online]. Available: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3376.txt>
- [18] Julian Arango Ochoa, "Construcción de un Simulador de Tráfico de Video para IPTV" Colombia: UPB, Tesis de pregrado, 2010, p. 31.
- [19] RICHARDSON, Iain E. *H.264 and MPEG-4 Video Compression: Video Coding for Next-generation Multimedia*. Reino Unido: Wiley, 2003. p.52.
- [20] Iain E. G. Richardson, "H.264 and MPEG-4 Video Compression", Reino Unido: Wiley, 2003, p. 29.
- [21] ACTERNA, "MPEG-2 Digital Broadcast Pocket Guide" USA: Acterna. P.5.
- [22] Peter Siebert, Tom N. M. Van Caenegem, and Marcel Wagner, *Analysis and Improvements of Zapping Times in IPTV Systems*, IEEE *Transaction On Broadcasting*, Junio de 2009.
- [23] Ali C. Begen, Neil Glazebrook, y William Ver Steeg, "Reducing Channel-Change Times with the Real-Time Transport Protocol", IEEE *Computer Society*, 2009.
- [24] Young-Ho Song y Taeck-Geun Kwon, "Fast Channel Change IPTV System for Enhanced User Experience", *Fifth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, 2009.
- [25] ITU-T, *IPTV Focus Group Proceedings*, 2008. P 240.
- [26] Damodar Banodkar, K.K. Ramakrishnan, Shivkumar Kalyanaraman, Alexandre Gerber y Oliver Spatscheck, "Multicast Instant Channel Change in IPTV Systems", 2007.
- [27] F. Mountadi, M. Escobar - Argota, R. López - Moreno y S. Landeros - Ayala, "Reducción del retardo en el cambio de canal en servicios de IPTV". *Ingeniería Investigación y Tecnología IX*, 2008
- [28] Huseyin Uzunalioglu, *Channel Change Delay in IPTV Systems*, Alcatel-Lucent, 2009.
- [29] Harald Fuchs y Nikolaus Färber, "Optimizing channel change time in IPTV applications", 2008.
- [30] Ali C. Begen, Neil Glazebrook y William Ver Steeg, "A Unified Approach for Repairing Packet Loss and Accelerating Channel Changes in Multicast IPTV" 2009.
- [31] Yigal Bejerano y Pramod V. Koppol, "Improving Zap Response Time for IPTV", in IEEE *INFOCOM*, 2009.
- [32] Chuan-Ching Sue, Chi-Yu Hsu, Yu-Shiang Su, Yung-Yi Shieh, "A New IPTV Channel Zapping Scheme for EPON", 2009.
- [33] Kan Lin, Weiqiang Sun, *Switch Delay Analysis of a Multi-channel Delivery Method for IPTV*, 2008.
- [34] William Cooper y Graham Lovelace, "IPTV Guide Delivering audio and video over broadband", 2006. P. 18.
- [35] Mounir Sarni, Benoit Hilt, Pascal Lorenz, "A Novel Channel Switching Scenario in Multicast IPTV Networks", IEEE *Computer Society*, 2009.
- [36] Jinghua Lin, Weimin Lei, Song Bai, Lingnan Li, *The Implementation of Fast Channel Switching in IPTV*, *Second International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, 2009.

- [37] Yonghee Lee, Jonghun Lee, Inkwon Kim, and Heonshik Shin, “*Reducing IPTV Channel Switching Time Using H.264 Scalable Video Coding*”, IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 54, No. 2, Mayo de 2008.
- [38] Heiko Schwarz, Detlev Marp y Thomas Wiegand, “*Overview of the Scalable Video Coding Extension of the H.264/AVC Standard*”, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, Septiembre de 2007.
- [39] Hyunchul Joo, Hwangjun Song, Dai-Boong Lee, and Inkyu Lee, *An Effective IPTV Channel Control Algorithm Considering Channel Zapping Time and Network Utilization*, Transaction On Broadcasting, Junio 2008.
- [40] Marcel Wagner and Peter Siebert, *A Scalable Fast Channel Change Solution*,