

Análisis de las alternativas de funcionamiento de la red LTE para la entrega de servicios de IPTV con QoS

Analysis of operating alternatives of LTE network for delivery of IPTV services with QoS

Diego Fernando Rueda Pepinosa^{1*}

¹Investigador del Grupo de Investigación en Telemática de la Universidad Nacional de Colombia (GITUN), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. *dfruedap@unal.edu.co

Fecha de recepción del artículo: 02/10/2013 Fecha de aceptación del artículo: 29/10/2013

Resumen

La evolución de las redes móviles hacia redes de banda ancha como LTE (*Long Term Evolution*) está orientada a incrementar la capacidad de la red para soportar los requisitos de calidad de nuevos servicios móviles. Sin lugar a duda, Mobile IPTV (*Internet Protocol Television*) es uno de los servicios más exigentes en términos de consumo de recursos de red, puesto que requiere que la red garantice la calidad de servicio (QoS, *Quality of Service*) para una adecuada entrega de los contenidos a los usuarios. De este modo, cuando la implementación del servicio se realiza sobre redes LTE, los operadores de la red deben ofrecer los recursos necesarios para satisfacer los requisitos de QoS demandados por este servicio. Por tanto, en este artículo se realiza el análisis de las alternativas de funcionamiento que ofrecen este tipo de tecnologías para la entrega de servicios de IPTV con QoS en dos escenarios: el primero corresponde al uso de un servicio básico de IPTV y el segundo a un servicio de video bajo demanda (VoD, *Video on Demand*). Dichos escenarios utilizan diferentes configuraciones de los parámetros de QoS que ofrece la red LTE para la prestación de estos servicios de IPTV, por lo cual, son dos escenarios idóneos para realizar el análisis.

Palabras clave

Calidad de servicio (QoS), IPTV móvil, Redes móviles LTE.

Abstract

The evolution of mobile networks to broadband networks like LTE (*Long Term Evolution*) is focused on increasing the capacity of the network to support quality requirements of new mobile services. Undoubtedly, Mobile IPTV (*Internet Protocol Television*) service is one of the most demanding in terms of network resource consumption, because it requires that the network ensures quality of service (QoS for proper delivery of content to users. So when the service implementation is done on LTE networks, network operators must provide the resources needed to satisfy QoS requirements demanded by this service. Therefore, in this article we make an analysis of operating alternatives that offer this type of technology for the delivery of IPTV services with QoS in two scenarios: the first one corresponds the use of a basic service of IPTV and the second is a video on demand (VoD) service. These scenarios use different configurations of

QoS parameters offered by the LTE network for the provision of these IPTV services. .

Keywords

Mobile IPTV, LTE Mobile Network, Quality of Service (QoS).

1. Introducción

La evolución de la tecnología de las redes móviles hacia redes de banda ancha LTE busca incrementar la capacidad de la red, hacer más eficiente el uso de los recursos ofrecidos por las redes móviles, disminuir el retardo y aumentar la velocidad de transmisión de datos en el enlace ascendente (UL, *uplink*) y en el enlace descendente (DL, *downlink*) [2] [11]. Estas mejoras están orientadas a satisfacer los requisitos de nuevos servicios y aplicaciones como lo es *Mobile IPTV*.

El servicio de *Mobile IPTV* es uno de los más exigentes en términos de consumo de recursos de red, puesto que requiere de una red de alta velocidad, baja tasa de error y bajo retardo para permitir la reproducción en tiempo real del contenido seleccionado por el usuario[10]. De este modo, cuando la implementación del servicio se realiza sobre la red LTE, los operadores deben ofrecer los recursos necesarios para satisfacer los requisitos de QoS demandados por este servicio. Por tanto, en este artículo se realiza el análisis de las alternativas de funcionamiento que ofrecen este tipo de tecnologías para la entrega de servicios de IPTV con QoS en dos escenarios: el primero corresponde al uso de un servicio básico de IPTV y el segundo a un servicio de VoD. Dichos escenarios utilizan diferentes configuraciones de los parámetros de QoS que ofrece la red LTE para la prestación de estos servicios de IPTV y se basan en la arquitectura funcional propuesta en [8].

Este artículo está organizado de la siguiente manera: en la Sección 1 se encuentran los trabajos relacionados con la temática tratada en esta investigación;

en la Sección 2 se muestra la arquitectura funcional detallada sobre la cual se orienta el análisis realizado en este trabajo; seguidamente, en la Sección 3 se analizan las alternativas de funcionamiento de la red LTE para la entrega de servicios de IPTV en los escenarios propuestos; por último, se presentan las conclusiones obtenidas con el desarrollo de este trabajo de investigación.

2. Antecedentes

Entre los trabajos relacionados con esta investigación se pueden citar inicialmente a [6], donde los autores realizan el análisis de la arquitectura propuesta en [5] para el despliegue de servicios de IPTV sobre Redes de Nueva Generación (NGN, *Next Generation Network*), basada en Subsistema Multimedia IP (IMS, *IP Multimedia Subsystem*) [15] como componente esencial para el control de las sesiones, el lanzamiento del servicio y los mecanismos autenticación, autorización y contabilidad (AAA, *Authentication, Authorization, and Accounting*), así como para la aplicación de políticas, control de admisión y gestión de recursos.

En [12] se realiza un estudio de la señalización para la prestación de servicios de video sobre redes LTE integrando el IMS junto al servicio de MBMS (*Multimedia Broadcast Multicast Service*)[16]. El IMS se implementa para controlar las sesiones, proporcionar la admisión a la red y el control de políticas, mientras que el MBMS se utiliza para la entrega de contenido multimedia a través de portadoras de multidifusión y difusión a múltiples usuarios dentro de la misma zona de cobertura[12]. Del mismo modo, en [7], mediante un análisis y experimentación, se muestran las opciones de configuración de la red para el servicio E-MBMS (*Enhanced MBMS*), *streaming* de video y compartición de archivos. En [7] se obtuvo que la formación de un área de frecuencia única (MBSFN) de gran tamaño para la entrega del servicio de streaming de video permite el empleo de esquemas de modulación y codificación de nivel superior, pero implica más canales de *streaming* por área MBSFN.

Por su parte, los autores de [1] proponen una arquitectura sobre la red LTE para aplicaciones de video vigilancia móvil usando el núcleo de paquetes (EPC, *Evolved Packet Core*) para garantizar QoS. Los componentes clave de esta arquitectura propuesta son la plataforma de desarrollo de servicios (SDP, *Service Development Platform*) usada en el desarrollo y gestión de las aplicaciones de video vigilancia móvil con QoS, y la pasarela M2M (*Machine to Machine*), para la interacción con los dispositivos M2M, tales como detectores de movimiento y cámaras. En esta arquitectura el SDP actúa directamente con el PCRF (*Policy and Charging Rule Function*) para la asignación de políticas de calidad y reserva de recursos en la red LTE. En [3] se describen los conceptos clave de la arquitectura PCC (*Policy and Charging Control*) y se explica en detalle su interacción con el EPC de la red LTE para aplicar las políticas de QoS mediante reglas PCC.

Cabe señalar que los trabajos relacionados, a pesar de que analizan la entrega de servicios de IPTV usando IMS, MBMS o PCC, no estudian los parámetros de QoS de la red LTE para soportar este servicio. Así, esta investigación se diferencia de dichos trabajos, puesto aquí se realiza el análisis de las alternativas

de funcionamiento de la red LTE para la entrega de servicios de *Mobile IPTV* con QoS, basándose en la arquitectura funcional propuesta en [8].

3. Arquitectura funcional para la entrega de servicios de IPTV sobre redes LTE

Las características técnicas de la red LTE mejoran la capacidad de las redes móviles para satisfacer los requisitos de calidad de servicios exigentes en consumo de recursos como lo es IPTV[11]. La arquitectura funcional para la implementación de IPTV sobre redes LTE/LTE-A está orientada a garantizar la calidad de los contenidos entregados a los usuarios y la adecuada gestión del servicio[8]. En la Figura 1 se presenta la arquitectura funcional detallada para la implementación del servicio de IPTV sobre redes LTE/LTE-A [8]. La arquitectura se basa en capas (aplicaciones, control, transporte, acceso, gestión, proveedor de contenidos y equipos de usuario), cada una de las cuales cumplen con funciones bien definidas y ofrecen servicios entre sí. Para obtener una descripción detallada de la funcionalidad que desempeña cada uno de los componentes de la arquitectura se puede revisar [8].

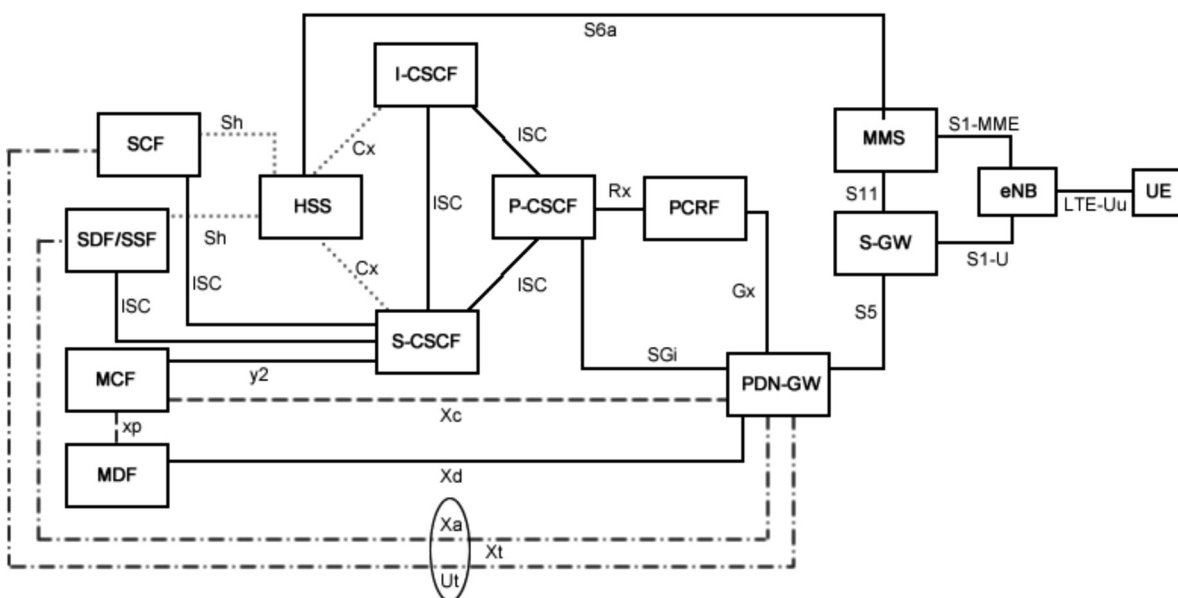


Figura 1. Arquitectura para la implementación de IPTV sobre redes LTE/LTE-A. Fuente: [8]

4. Análisis de las alternativas de funcionamiento de la red LTE para la entrega de servicios de IPTV con QoS

Con el fin de realizar el análisis de las alternativas de funcionamiento de la red LTE para la implementación del servicio de IPTV con QoS se han planteado dos escenarios: el primero corresponde al uso de un servicio básico de IPTV y el segundo a un servicio de VoD. Dichos escenarios utilizan diferentes configuraciones de los parámetros de QoS que ofrece la red LTE para la prestación de estos servicios de IPTV, por lo cual son idóneos para cumplir con este objetivo de la investigación. En este análisis se utilizaron diagramas de secuencia donde se muestra la intervención de las entidades funcionales mostradas en la arquitectura de la Figura 1.

Cabe señalar que el análisis asume que el usuario ya se encuentra conectado a la red LTE, por lo cual este aspecto no será descrito en detalle en el presente análisis y se inicia desde que el usuario hace la petición del servicio de IPTV que desea.

4.1 Análisis de la entrega de un servicio básico de IPTV sobre la red LTE con QoS

El servicio de IPTV básico puede ser un servicio de televisión radiodifundida, en el cual una misma señal es recibida por múltiples usuarios autorizados para acceder a los contenidos. En este caso la red LTE forma un único canal de transmisión usando el subsistema MBMS para formar una MBSFN [13][16]. Este canal se conoce como servicio portador MBMS al cual la red LTE garantiza la QoS requerida por el servicio de IPTV y al que todos los usuarios del grupo de multidifusión van a unirse [12]. El diagrama de secuencia para la prestación del servicio de IPTV de difusión con QoS en la red LTE se muestra en la **Figura 2**. A continuación se describen los pasos mostrados en la **Figura 2**:

(1) *Conexión y registro a la red LTE*: es el primer paso que un usuario debe realizar para recibir los servi-

cios de IPTV. Este proceso usualmente se lleva a cabo cuando se enciende el equipo de usuario y se detecta la presencia de la red LTE. Después de un proceso de autenticación del usuario, se establece una conexión PDN (*Packet Data Network*) con la activación del servicio portador EPS (*Evolved Packet System*) por defecto, con lo cual, el usuario dispone de un servicio de conectividad IP operativo (*always-on*) [17].

(2), (3) *Registro en el sistema IMS*: después de que el usuario se haya conectado y registrado en la red LTE mediante la interfaz *Gm*, debe hacer la solicitud de registro al P-CSCF (*Proxy-Call Session Control Function*) del IMS para que pueda acceder a los servicios de IPTV. Una vez recibida esta solicitud, el I-CSCF (*Interrogating-CSCF*) por medio de la interfaz *Cx* se comunica con la base de datos de suscriptores HSS (*Home Subscription Server*) para autenticar al usuario y cargar el perfil de suscripción a los servicios de IPTV [5][6]. Si el registro del usuario en el sistema IMS es exitoso, se le informa al usuario y se procede con los siguientes pasos. En este proceso se usa el Protocolo de Inicio de Sesión (SIP, *Session Initiation Protocol*) para la interfaz *Gm* y el protocolo *Diameter* para la interfaz *Cx*.

4), (5) *Descubrimiento y selección del servicio*: posterior al registro del usuario en el sistema IMS el servidor de aplicaciones de IPTV, encargado del descubrimiento (SDF, *Service Discovery Function*), selección (SSF, *Service Selection Function*) y control (SCF, *Service Control Function*) del servicio, recibe desde el S-CSCF (*Serving-CSCF*) la confirmación del registro [5][6]. Con esta notificación el servidor de aplicaciones de IPTV consulta al HSS, por la interfaz *Sh*, el perfil de suscripción a los servicios de IPTV y preferencias del usuario para conformar y enviar al UE (*User Equipment*) una interfaz gráfica (GUI), generalmente una página en HTML (*Hyper Text Markup Language*), con la lista de los servicios de IPTV que tiene disponibles según lo contratado con el proveedor del servicio [6]. El usuario en su UE selecciona desde la GUI el servicio de IPTV deseado enviando una solicitud del servicio, la cual es respondida por el servidor de aplicaciones de IPTV

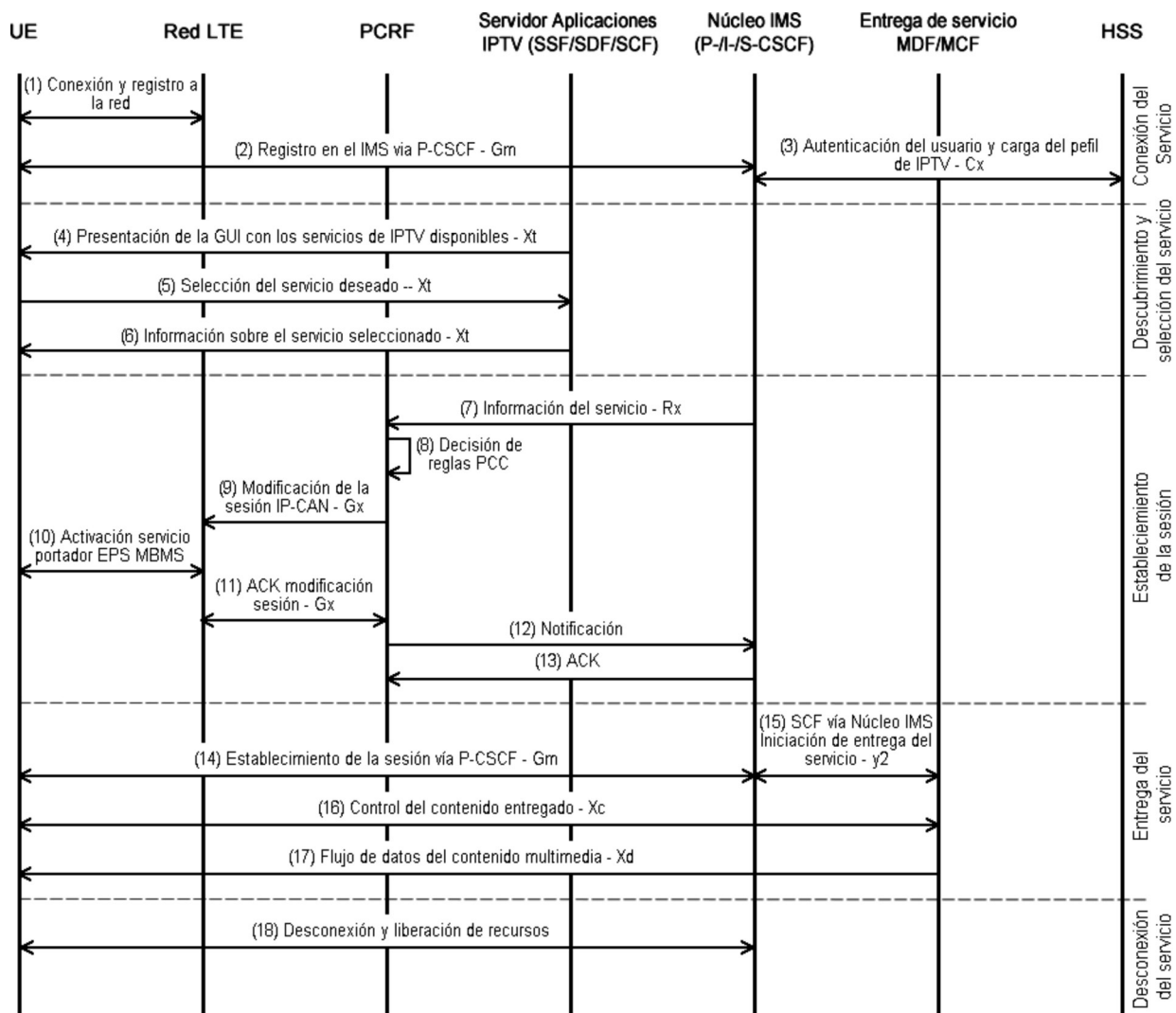


Figura 2. Diagrama de secuencia para la prestación de un servicio de básico de IPTV con QoS en la red LTE.

Fuente: Autores

con la información sobre el escogido. La interacción entre el servidor de aplicaciones de IPTV y el UE se realiza con el protocolo HTTPS (*HiperText Transfer Protocol Secure*) en la interfaz *Xt* [5].

(6) *Información sobre el servicio seleccionado*: mediante este anuncio se entrega al UE los parámetros que son necesarios para la activación del servicio de IPTV seleccionado [5]. Como se trata un servicio de radiodifusión de IPTV, la información que se entrega al UE corresponde a la dirección IP del grupo de multidifusión al cual el UE debe unirse para recibir los contenidos deseados.

(7) *Información del servicio*: después de la selección del servicio de IPTV, por medio de la interfaz *Rx*, el P-CSCF (que conoce las características del servicio que se va cursar) envía una notificación al PCRF para el establecimiento de las políticas de control de QoS de este servicio (reglas PCC) [3].

(8) *Decisión de reglas PCC*: el PCRF define cuáles son las reglas apropiadas para garantizar el comportamiento de QoS al servicio de IPTV seleccionado por el usuario, basándose en la configuración que el operador haya establecido para soportar los paquetes IP asociados al flujo de datos de IPTV [3].

[6]. Las reglas PCC definen la configuración de los parámetros de QoS (QCI, ARP, GBR y MBR) para soportar el servicio de radiodifusión de IPTV [14]. Como alternativas a la implementación del servicio de radiodifusión de IPTV en la red LTE se tienen las siguientes configuraciones de los parámetros de QoS:

- *Asignación y Retención de Prioridad (ARP, Allocation and Retention Priority)*: dado que en el servicio de IPTV se necesitan garantizar determinados recursos para satisfacer los requisitos de desempeño de QoS, se recomienda que el parámetro ARP sea configurado con valores entre cinco y ocho, en aras de mantener los recursos asignados por la red LTE. Valores muy bajos en ARP ocasionarán que en situaciones de congestión se liberen los recursos ocupados por las transmisiones del servicio de IPTV, lo cual se traduce en la degradación de la calidad de los contenidos entregados a los usuarios y, en el peor de los casos, la desconexión del servicio.
- *GBR: Tasa de Bits Garantizada (GBR, Guaranteed Bit Rate)*: debido a que se propone la utilización del subsistema MBMS para la entrega del servicio de radiodifusión de IPTV, entonces solo es posible usar portadoras GBR [17]. La configuración de una regla PCC de tasa de bits garantizada, considera que la red LTE está reservando los recursos de velocidad de transmisión para la prestación del servicio de IPTV. Para determinar el valor de GBR se debe tener en cuenta la calidad de los contenidos del servicio de IPTV, es decir, si se trata de un servicio en definición estándar (SD, *Standard Definition*) o alta definición (HD, *High Definition*). Con el valor GBR adecuado se contribuye a garantizar que la tasa de pérdida de paquetes esté dentro de los límites establecidos para ofrecer QoS, puesto que se evita el descarte de paquetes en situaciones de congestión [4]. No obstante, cuando la red LTE no pueda ofrecer la tasa de bits solicitada por esta configuración, es posible que el usuario no pueda acceder a los servicios, puesto que debe pasar por el proceso de control de admisión [4].

- *Tasa de Bits Máxima (MBR, Maximum Bit Rate)*: en el subsistema MBMS, la entidad BM-SC es la encargada de asegurar que la tasa de bits no sea más alta que la MBR [16].
- *Identificador de la Clase de QoS (QCI, QoS Class Identifier)*: al usar la configuración GBR el valor de QCI recomendado según [14] para ofrecer QoS al servicio de IPTV es cuatro. En la Tabla 1 se presentan las alternativas de configuración de los parámetros de QoS que el operador puede configurar en las reglas PCC para la entrega de servicios básicos de IPTV con QoS. En la Tabla 1 también se considero la configuración de los parámetros de QoS fijados en[8].

(9) *Modificación de la sesión IP-CAN*: con las reglas PCC identificadas para el servicio de IPTV de radiodifusión, es necesario modificar la sesión IP-CAN para la conformación de los SDF en los portadores del servicio EPS. Con el fin de realizar este proceso, el PCRF, por la interfaz Gx, le comunica al PCEF (*Policy and Charging Enforcement Function*) ubicado en la pasarela PDN-GW la configuración de QoS que debe aplicar para soportar la entrega de los flujos de datos de IPTV [14].

Tabla 1. Alternativas de configuración de los parámetros de QoS para un servicio de IPTV de radiodifusión, usando portadores GBR. Fuente: Autores.

Formato	GBR (Kbps)	MBR (Mbps)	QCI	APN
SDTV (352x280)	64	0,128	4	5-8
SDTV (352x280)	64	0,242	4	5-8
SDTV (352x280)	64	0,440	4	5-8
SDTV (480i/576i)	64	1,75	4	5-8
HDTV (720p/1080i/p)	64	10	4	5-8

(10) *Activación del servicio portador MBMS*: este procedimiento habilita la recepción de los flujos de datos del servicio de IPTV de radiodifusión a través de

un servicio portador MBMS específico, el cual será recibido simultáneamente por un grupo de usuarios [12]. En la Figura 3 se presentan los pasos para la activación del servicio portador MBMS y se describen a continuación [16]:

(10.1) *Solicitud de creación del servicio portador MBMS*: el PDN-GW realiza la solicitud al BM-SC (*Broadcast/Multicast Service Center*) para la creación del servicio portador MBMS que será utilizado para la entrega del servicio de IPTV de radiodifusión solicitado por el UE. El mensaje de activación contiene los parámetros de QoS derivados de las reglas PCC (QCI, ARP, GBR y MBR), definidas para el servicio de radiodifusión, junto con el descriptor de tráfico TFT (*Traffic Flow Template*), derivado de los filtros de paquetes contenidos en las reglas PCC.

(10.2) *Solicitud de inicio de sesión*: con la información recibida desde el PDN-GW, el BM-SC envía un mensaje *Session Start Request* a la pasarela MBMS-

GW para indicar el inicio inminente de la transmisión de los flujos de paquetes IP asociados al servicio de IPTV. En este mensaje también se envían los atributos a la sesión como: TMGI, identificador de flujo, QoS, área de servicio MBMS, identificador de sesión, duración estimada de la sesión, la lista de los nodos del plano de control MBMS (MME) para la pasarela MBMS-GW, el tiempo de transferencia de datos MBMS, el inicio de la transferencia de datos MBMS, el indicador de acceso, entre otros. Para enviar el mensaje *Session Start Request* el BM-SC usa la interfaz *SGmb*.

(10.3) *Respuesta al inicio de sesión*: la pasarela MBMS-GW mediante un mensaje *Session Start Response* responde al BM-SC con la información para el envío de los flujos de datos MBMS asociados al servicio de IPTV. Esta respuesta se hace por la interfaz *SGmb*.

(10.4) *Solicitud de inicio de sesión*: el MBMS-GW crea un contexto de portador MBMS, almacena los atributos

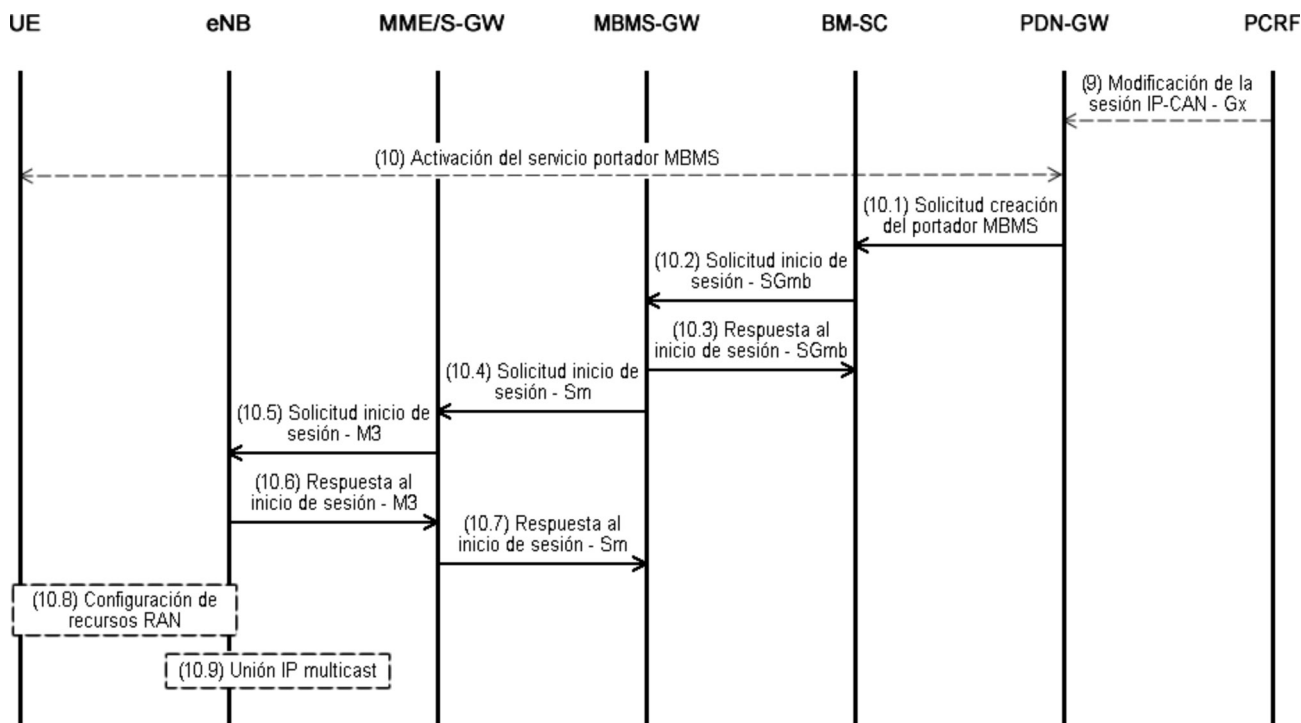


Figura 3. Activación del servicio portador MBMS para la prestación de un servicio básico de IPTV.

Fuente: Autores

de la sesión y la lista de nodos del plano de control MBMS en el contexto, y asigna una red de transporte IP *multicast* y un C-TEID para esta sesión. La pasarela MBMS-GW, por la interfaz Sm, envía a la entidad MME (*Mobility Management Entity*) un mensaje *Session Start Request* con los atributos de la sesión.

(10.5) *Solicitud de inicio de sesión*: la entidad MME crea un contexto de portador MBMS, almacena los atributos de la sesión y envía un mensaje *Session Start Request* con los atributos de sesión a la red E-UTRAN (*Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network*). Cuando la entidad MME se conecta a múltiples MCE (*Multi-cell/multicast Coordinating Entity*), debe enviar el mensaje de control de sesión (*Session Control*) únicamente a las MCE del área de servicio MBMS. El mensaje *Session Start Request* se envía por la interfaz M3. En este paso, el eNB (*evolved Node B*) mapea los parámetros de QoS del servicio portador MBMS a los del servicio portador radio (RB, *Radio Bearer*) asociado y envía un mensaje RRC (*Radio Resource Control*) para reconfigurar los parámetros de la interfaz radio en el UE. También se establece el plano de usuario entre el eNB y la pasarela S-GW para el UL.

(10.6) *Respuesta al inicio de sesión*: la red E-UTRAN crea un contexto de portador MBMS, almacena los atributos de la sesión y responde al MME con un mensaje *Session Start Response* para confirmar la recepción del mensaje *Session Start Request* usando la interfaz M3. Además, la red E-UTRAN establece el plano de usuario entre el eNB y la pasarela S-GW con la configuración de QoS, en este caso para el DL.

(10.7) *Respuesta al inicio de sesión*: la entidad MME almacena los atributos de la sesión y el identificador de los eNBs/RNC que conformarán el DL para el contexto de portador MBMS. La entidad MME responde a la pasarela MBMS-GW con un mensaje *Session Start Response* tan pronto como la solicitud de inicio de sesión sea aceptada por un eNB. Esta respuesta se hace por la interfaz Sm.

(10.8) *Configuración de los recursos RAN*: la red E-UTRAN establece los recursos de radio necesarios

para la transferencia de datos del servicio de IPTV de radiodifusión a los UE interesados. Para la red E-UTRAN la configuración de los recursos de radio se programan usando el parámetro de inicio de transferencia de datos MBMS si está presente, de lo contrario, se utiliza el parámetro de tiempo de transferencia de datos del servicio de IPTV.

(10.9) *Unión IP multicast*: si el nodo E-UTRAN acepta la distribución IP *multicast*, este nodo se une a la red de transporte IP *multicast* asignada por la pasarela MBMS-GW, para permitir la recepción de datos del servicio de IPTV.

(11) *Respuesta a la modificación de la sesión IP-CAN*: dado que la activación del servicio portador EPS MBMS se inició a partir del envío de reglas PCC desde el PCRF, la pasarela PDN-GW notifica a la entidad PCRF el resultado de la activación, con lo cual, ya se puede dar continuidad a la entrega del servicio de radiodifusión de IPTV solicitado por el usuario.

(12), (13) *Notificación a la plataforma de servicios*: en caso de que el núcleo IMS hubiera solicitado la notificación del evento asociado al establecimiento del servicio MBMS, la entidad PCRF genera el aviso correspondiente [15][16].

(14) *Establecimiento de la sesión con el núcleo IMS*: con los recursos de la red LTE dispuestos para la entrega del servicio IPTV con QoS, se termina de establecer la sesión con el núcleo IMS mediante el intercambio de mensajes SIP por la interfaz Gm. También, el núcleo IMS puede iniciar el proceso de reserva de recursos que son requeridos para los flujos de IPTV según las capacidades del UE [6].

(15) *Iniciación de la entrega del servicio*: después que se recibe la notificación de inicio de sesión, el SCP, a través del núcleo IMS, controla el inicio de la entrega de los contenidos de IPTV seleccionados por el usuario [6]. Esta notificación se realiza usando la interfaz y2.

(16), (17) *Control y entrega del servicio*: el usuario ahora puede acceder al servicio de IPTV de radiodi-

fusión desde su dispositivo. Por la interfaz X_d (entre el UE y el servidor de MDF) el UE recibe los flujos de paquetes del servicio de IPTV transportados por los protocolos RTP (*Real-time Transport Protocol*) y RTCP (*RTP Control Protocol*) [6]. Cabe señalar que al usar MBMS para la entrega del servicio de IPTV de radiodifusión, los contenidos pasan a través del BM-SC y MBMS-GW los cuales conforman el contexto del portador MBMS [16]. En cuanto a las posibilidades de control que tiene el usuario sobre el servicio de IPTV de radiodifusión, mediante la interfaz X_c (entre el UE y el servidor de MCF) que implementa el protocolo RTSP, el usuario puede iniciar, parar o detener la reproducción de los contenidos.

(18) *Desconexión y liberación de recursos*: este último paso corresponde a la desconexión del usuario del servicio de IPTV de radiodifusión. De este modo, el UE dejará de recibir el flujo de paquetes del servicio, por lo cual, los recursos asignados al servicio portador MBMS, son liberados y todas las sesiones establecidas se cierran.

Se debe tener en cuenta que cuando el usuario cambia de canal entre los que tiene autorizados según su perfil de suscripción, el proceso se inicia desde el paso (4) puesto que no es necesario pasar por la fase de registro de usuario.

4.2 Análisis de la entrega de un servicio mejorado de IPTV sobre la red LTE con QoS

El servicio de IPTV de VoD hace parte de los servicios mejorados definidos por la UIT y permite a un usuario acceder de forma personalizada al contenido que desea ver, usando un canal dedicado. Al igual que el servicio de IPTV de radiodifusión, en el servicio de VoD los contenidos pueden estar en formato de HD o SD. En el servicio de VoD el usuario está en la capacidad de avanzar, retroceder, pausar y reproducir el video cuando este lo requiera, usando la interfaz X_c . Para la prestación de este tipo de servicio, en la red LTE se establecen igual

número de conexiones que el número de usuarios que accedan el servicio de VoD.

La red LTE debe garantizar a cada una de las conexiones los parámetros de desempeño mínimos para una entrega de los contenidos con QoS; por ello, el número de usuarios del servicio de VoD que puede atender una celda de la red LTE, es menor que los soportados en el servicio de IPTV de radiodifusión. En el servicio de VoD se activa un servicio portador dedicado por cada usuario conectado al servicio, por lo cual se incrementa la demanda de los recursos de la red para mantener la entrega de paquetes IP con QoS [4].

En cuanto a la configuración de las reglas PCC para ofrecer QoS a los flujos de paquetes del servicio de VoD, también se puede usar la configuración propuesta en la Tabla 1 para cada una de las conexiones establecidas. Sin embargo, dicha configuración demanda más recursos de la red LTE al tener que garantizar la tasa de bits. Como otra alternativa de configuración de QoS para el servicio de VoD se tiene la siguiente:

- *non-GBR*: al configurar la regla PCC con el parámetro non-GBR, la red LTE no garantizará la velocidad de transmisión para este servicio de IPTV, por lo cual, se puede presentar degradación en la prestación del servicio ante situaciones de congestión a causa de la pérdida de paquetes [4].
- *QCI*: según lo expuesto en [14], para portadoras non-GBR y para satisfacer los requisitos de desempeño de QoS del servicios de VoD, el valor del QCI que se recomienda configurar en las reglas PCC es 7. En la Tabla 2 se propone la configuración de los parámetros de QoS que el operador puede aplicar en las reglas PCC para la entrega de servicios de VoD con non-GBR.

Para la prestación servicio de IPTV de VoD con QoS en la red LTE se tienen el diagrama de se-

Tabla 2. Alternativas de configuración de los parámetros de QoS para un servicio de IPTV de radiodifusión usando portadores non-GBR. Fuente: Autores

Formato	Bitrate (Mbps)	QCI	APN
SDTV (352x280)	0,128	7	5-8
SDTV (352x280)	0,242	7	5-8
SDTV (352x280)	0,440	7	5-8
SDTV (480i/576i)	1,75	7	5-8
HDTV (720p/1080i/p)	10	7	5-8

cuencia mostrado en la Figura 4; tal y como se puede ver en la Figura 4, el diagrama de secuencia difiere del diagrama presentado en la Figura 2 únicamente en el paso (10), debido a que cuando se establece un servicio de VoD es necesario que para cada usuario se establezca un servicio portador EPS dedicado para la entrega del contenido solicitado. Por consiguiente, la descripción de los pasos para la entrega del servicio de VoD, es la misma que se presentó para el servicio de básico de IPTV.

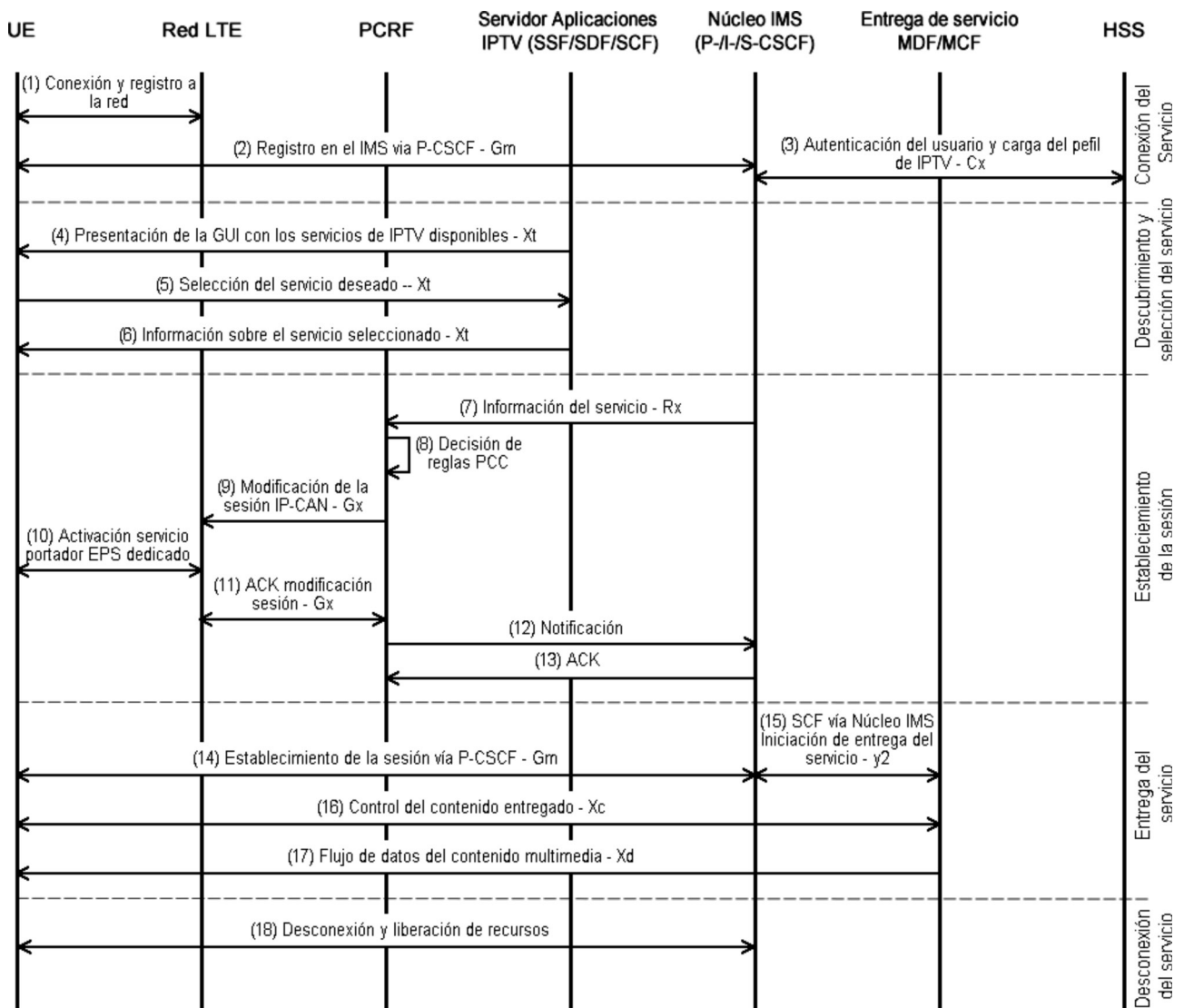


Figura 4. Diagrama de secuencia para la prestación de un servicio mejorado de IPTV con QoS en la red LTE.

Fuente: Autores

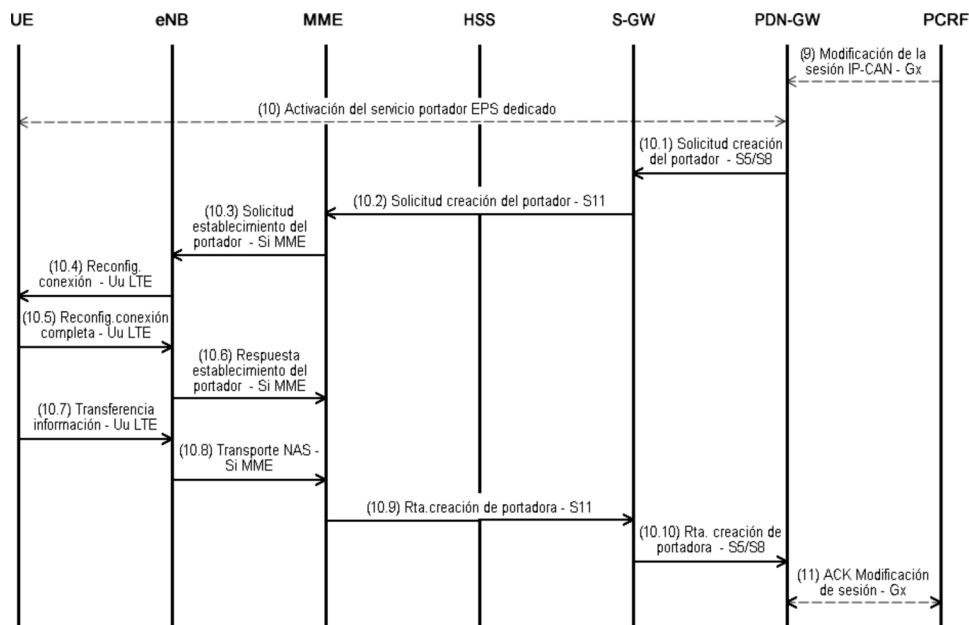


Figura 5. Activación del servicio portador dedicado para la prestación de un servicio mejorado de IPTV.
Fuente: Autores

En Figura 5 se presenta el proceso seguido en el paso (10) para la activación de servicio portador EPS dedicado para la entrega del servicio de VoD. A continuación se describen los pasos mostrados en la Figura 5:

(9) *Modificación de la sesión IP-CAN*: este paso inicia la activación del servicio portador EPS dedicado, y realiza la solicitud de modificación de la sesión IP-CAN con las reglas PCC identificadas para el servicio de IPTV de VoD [17]. Para realizar este proceso, el PCRF, por la interfaz Gx, le comunica al PCEF (ubicado en la pasarela PDN-GW) la configuración de QoS que debe aplicar para soportar la entrega de los flujos de datos de IPTV asociados al servicio de VoD.

(10.1), (10.2) *Solicitud de creación del servicio portador*: en caso de utilizarse la interfaz S5/S8 basada en GTP, la activación del servicio portador EPS dedicado se inicia desde la pasarela PDN-GW mediante el envío del mensaje *Create Bearer Request* a la pasarela S-GW [17]. El mensaje de activación contiene los parámetros de QoS derivados de las reglas PCC

(QCI, ARP, GBR y MBR) definidas para el servicio de VoD, junto con el descriptor de tráfico TFT derivado de los filtros de paquetes contenidos en las reglas PCC [14]. El mensaje también contiene la información necesaria para configurar el plano de usuario entre pasarelas. Finalmente, el mensaje de activación del servicio portador dedicado, llega por la interfaz S11 a la entidad MME encargada del usuario.

(10.3) *Solicitud de establecimiento de servicio portador en E-UTRAN*: la entidad MME selecciona un identificador para el nuevo servicio portador dedicado y construye un mensaje NAS (*Non-Access Stratum*) denominado *Session Management Request*. Dicho mensaje contiene la identidad del servicio portador y sus parámetros de QoS (excepto el ARP) y el filtro de paquetes TFT asociado para ser aplicado en el equipo de usuario para seleccionar el tráfico ascendente. La entidad MME encapsula el mensaje *Session Management Request* en el mensaje de petición de activación del servicio portador radio (RB) que envía al eNB (*Bearer Setup Request*) por la interfaz Si-MME [17]. El mensaje *Bearer Setup Request* contiene

los parámetros de QoS del servicio portador (aquí sí que se incluye el ARP, pero no se incluye el TFT) y el identificador de túnel para el establecimiento del plano de usuario entre el eNB y la pasarela S-GW (*Serving Gateway*) en UL [17].

Si en el momento en que la entidad MME recibe el mensaje de *Create Bearer Request* de la pasarela S-GW, el usuario se encuentra en modo idle (no se encuentra conectado a ningún eNB), la entidad MME inicia previamente el procedimiento de petición de servicio (*Network Triggered Service Request*) para informar al usuario los eNB que forman parte del área de seguimiento donde está ubicado el terminal [17].

(10.4), (10.5) *Establecimiento del servicio portador radio (RB)*: el eNB mapea los parámetros de QoS del servicio portador EPS a los del servicio RB asociado y envía un mensaje RRC para reconfigurar los parámetros de la interfaz radio en el equipo terminal [17]. El mensaje RRC transporta el mensaje *Session Management Request* proveniente de la entidad MME. La activación del servicio RB finaliza con el envío del mensaje RRC *Connection Reconfiguration* por parte del terminal para informar al eNB que la configuración de la conexión se ha completado. La comunicación entre el eNB y el UE se da por la interfaz Uu-LTE [17].

(10.6) *Confirmación del establecimiento del servicio portador en E-UTRAN*: una vez establecido el nuevo servicio RB, el eNB responde a la petición de activación originada desde la entidad MME. El mensaje contiene los parámetros necesarios para establecer el plano de usuario entre el eNB y la pasarela S-GW para el DL [17].

(10.7) y (10.8) *Confirmación del establecimiento del servicio portador en el UE*: la confirmación se realiza mediante el envío del mensaje *NAS Session Management Response* que se transporta hasta la entidad MME mediante el protocolo RRC de la interfaz radio y el protocolo S1-AP de la interfaz S1-MME [17].

(10.9) y (10.10) *Respuesta a la petición de la pasarela PDN-GW*: tras la recepción de la respuesta del

eNB (*Bearer Setup Response*) y la del UE (*Session Management Response*), la entidad MME responde a la petición de activación del servicio portador dedicado a la pasarela S-GW (mensaje (10)) y esta a la pasarela PDN-GW (mensaje (11)). En dichas respuestas se incluyen los identificadores de túnel que permiten terminar de establecer el plano de usuario entre eNB y la pasarela PDN-GW en DL [17].

(11) *Respuesta a la modificación de la sesión IP-CAN*: dado que la activación del servicio portador EPS dedicado se inició a partir del envío de reglas PCC desde el PCRF, la pasarela PDN-GW notifica a la entidad PCRF el resultado de la activación [14], con lo cual, ya se puede dar continuidad a la entrega del servicio de VoD solicitado por el usuario.

5. Conclusiones

El servicio de conectividad IP proporcionado por la red LTE brinda calidad de servicio (QoS) logrando que los paquetes de datos de una determinada conexión PDN puedan ser tratados de forma diferenciada para adaptarse a las necesidades de transmisión de cada uno de los servicios a los cuales un usuario puede acceder. Esto permite que la red LTE soporte múltiples servicios con diferentes requisitos de desempeño, garantizando a los usuarios una adecuada experiencia de uso de los servicios y, a los operadores móviles, una gestión eficiente de los recursos de red.

En la red LTE, el modelo de QoS que se utiliza para definir el comportamiento de un servicio portador EPS dedicado o MBMS, se basa en un máximo de cuatro parámetros (QCI, ARP, GBR y MBR) complementados con dos parámetros relacionados con la subscripción del usuario (UE-AMBR y APN-AMBR). Estos parámetros de QoS pueden ser definidos mediante la gestión de políticas de calidad de servicio que permitirán a los operadores de la red LTE establecer el comportamiento en los elementos de red para que puedan identificar los flujos de paquetes asociados

al servicio de *Mobile* IPTV y con esto dar el tratamiento preferente para garantizar los recursos necesarios y que los objetivos de calidad estén dentro de los niveles aceptables para la entrega de servicios de IPTV. Estas políticas de calidad se pueden definir mediante reglas PCC en el PCRF de la capa de control de la arquitectura presentada de la Figura 1.

El análisis de las alternativas de funcionamiento de la red LTE para prestación del servicio de *Mobile* IPTV con QoS arroja como resultado los diagramas de secuencia para la prestación de servicios de IPTV y la configuración de los parámetros de QoS para la red LTE según el tipo de servicio de IPTV solicitado por el usuario. De este modo, si se trata de un servicio de IPTV básico en la red LTE, se conforma un servicio portador MBMS al que se establece la configuración de los parámetros de QoS mostrados en la Tabla 1, y al que se unirán todos los usuarios que accedan a un mismo servicio; pero si se trata de un servicio de IPTV de VoD, para cada usuario en la red LTE se establece un portador dedicado al que se le puede aplicar la configuración de los parámetros de QoS de la Tabla 1 y Tabla 2.

El análisis de las alternativas de funcionamiento de la red LTE presentadas en este artículo, permitirá la generación de un modelo red donde será posible evaluar, mediante simulación de tráfico de IPTV, los principales parámetros de desempeño de la red en diferentes escenarios.

Referencias

1. Abu-Lebdeh, M, Belqasmi, F., Glitho, R. (2012). "3GPP 4G Evolved Packet Core-based system architecture for QoS-enabled mobile video surveillance applications". En: 2012 Third International Conference on the Network of the Future (NOF), Gammarth, IEEE, 1-6.
2. Baker, M. (2009). "LTE-Advanced Physical Layer". En: IMT-Advanced Evaluation Workshop, Beijing, 3GPP, 1 -48.
3. Belbas, J. J., Rommer, S., Stenfelt, J. (2009) Policy and Charging Control in the Evolved Packet System. IEEE Communications Magazine, 47, 2, 68-74.
4. Ekström, H. (2009) QoS Control in the 3GPP Evolved Packet System. IEEE Communications Magazine, 47, 2, 76-83.
5. ETSI TS 182 027 V3.5. (2011). IPTV Architecture; IPTV Functions Supported by the IMS Subsystem.
6. Mikoczy, E., Sivchenko, D., Xu, B., Moreno, J. (2008) IPTV Services over IMS: Architecture and Standardization. IEEE Communications Magazine, 46, 5, 128–135.
7. Monserrat, J., Calabuig, J., Fernández-Aquilella, A., Gómez-Baquero, D. (2012) Joint Delivery of Unicast and E-MBMS Services in LTE Networks. IEEE Transactions on Broadcasting, 58, 2, 157-167.
8. Rueda, D., Ramos, Z. (2012) Arquitectura funcional para la implementación de Mobile IPTV sobre redes LTE y LTE-Advanced. Revista ITECKNE, 9, 2, 40-51.
9. Salah, M., Ali, N. A., Taha, A-E, Hassanein, H. (2011) "Evaluating Uplink Schedulers in LTE in Mixed Traffic Environments". En: 2011 IEEE International Conference in Communications (ICC), Kyoto, IEEE, 1-5.
10. Schwalb, E. (2004) iTV Handbook: Technologies and Standards. Prentice Hall, New York.
11. Siomina, I., Wänstedt, S. (2008) "The Impact of QoS Support on the End User Satisfaction in LTE Networks with Mixed Traffic". En: IEEE 19th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2008 (PIMRC 2008), Cannes, IEEE, 1-5.
12. Sun, Y., Dong, Y., Zhao, Z., Wen, X. y Zheng, W. (2010) "Enhanced Multimedia Services Based on Integrated IMS-MBMS Architecture in LTE Networks". En: 2010 6th International Conference on Wireless Communications Networking and Mobile Computing (WiCOM), Chengdu, IEEE, 1-5.
13. Vale, R.J., Viswanathan, H. eMBMS for More Efficient Use of Spectrum, Consultado 20 marzo 2012. En: <http://www2.alcatel-lucent>.

com/blogs/techzine/2011/embms-for-more-efficient-use-of-spectrum/

14. 3GPP TS 23.203 V10.8.0 (2012). Policy and charging control architecture.
15. 3GPP TS 23.228 V10.7.0 (2011). IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2.
16. 3GPP TS 23.246 V11.1.0 (2012). Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Architecture and functional description (Release 11).
17. 3GPP TS 36.300 V10.8.0 (2012). Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2.