

Arquitectura funcional para la implementación de mobile IPTV sobre redes LTE y LTE-Advanced

Functional architecture for the implementation of Mobile IPTV over LTE and LTE-Advanced networks

Diego Fernando Rueda Pepinosa

MSc(c) en Ingeniería - Telecomunicaciones
Universidad Nacional de Colombia
Investigador del Grupo de GITUN.
Universidad Nacional de Colombia.
Bogotá, Colombia
dfruedap@unal.edu.co

Zoila Inés Ramos Rodríguez

PhD.(c) en Ingeniería - Telecomunicaciones, Universidad de Telecomunicaciones e Informática de Moscú. Profesor Asociado, Líder del Grupo GITUN. Universidad Nacional de Colombia.
Bogotá, Colombia
ziramosp@unal.edu.co

Resumen— La televisión digital móvil sobre el protocolo de Internet (Mobile IPTV) requiere que las redes de móviles provean los recursos y los mecanismos necesarios para garantizar la calidad en los contenidos entregados a los usuarios. Las características técnicas de las tecnologías de banda ancha móvil LTE y LTE-Advanced las perfilan como las redes capaces para soportar el despliegue de Mobile IPTV. Por consiguiente, en este trabajo se ha realizado el análisis de las redes LTE y LTE-Advanced con el fin de proponer una arquitectura funcional para orientar la implementación del servicio de Mobile IPTV.

Palabras clave— Arquitectura funcional; Long Term Evolution (LTE); LTE-Advanced; Mobile IPTV; Subsistema Multimedia IP (IMS); Servicio de Multidifusión y Difusión Multimedia (MBMS).

Abstract— Mobile digital television over IP networks (Mobile IPTV) requires that mobile networks provide the resources and mechanism necessary to guarantee the quality of content delivered to users. The technical characteristics of mobile broadband technologies LTE and LTE-Advanced will permit to be the networks able to support the deployment of Mobile IPTV. Therefore, in this study we have done an analysis of the LTE and LTE-Advanced networks in order to propose functional architecture to guide the implementation of the Mobile IPTV service.

Keywords— Mobile IPTV; IP Multimedia Subsystem (IMS); Long Term Evolution (LTE); LTE-Advanced; Multicast/Broadcast Multimedia Service (MBMS); Functional Architecture.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento del número de usuarios, la multiplicidad de dispositivos para acceder a la red y la demanda de nuevos servicios y aplicaciones generan un aumento considerable en el tráfico de datos que circula por la redes móviles y causan

problemas de congestión y la degradación en la calidad de los servicios ofrecidos [1] [2]. Según el estudio realizado en [2], para el año 2016 el tráfico de datos móviles llegará a más 10.8 Exabytes por mes, del cual el 70% será generado por flujos de video. Es por tanto que las redes móviles están al borde de una tercera fase de evolución en la cual el tráfico de datos móviles será dominado principalmente por contenidos de video y que se requerirán nuevas formas de optimizar la red para evitar la saturación de la misma [3]. La estimación del incremento de este tipo de tráfico es uno de los principales impulsores para la adopción de los nuevos estándares de banda ancha móvil LTE (*Long Term Evolution*) y LTE-Advanced (LTE-A) [3].

Bajo este escenario uno de los servicios más exigentes en términos de consumo de recursos será la *Mobile IPTV* 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 [4]. En consecuencia, el despliegue de sistemas LTE marcará el inicio de una nueva era en las comunicaciones móviles que permitirá a los operadores contar con una plataforma global para soportar las próximas generaciones de servicios con la calidad requerida por cada uno de ellos [5].

Las características técnicas de las redes LTE/LTE-A las perfilan como las tecnologías capaces de soportar el despliegue de la *Mobile IPTV* toda vez que se constituyen en la evolución de las redes de 3G, con en un núcleo de red completamente IP (*All-IP*), capaces de ofrecer altas velocidades de

acceso, mejorar la eficiencia espectral, reducir el retardo y de diferenciar los flujos de tráfico [6] [7]. Por lo tanto, es necesario contar con una arquitectura que permita orientar la implementación del servicio *Mobile* IPTV sobre este tipo de redes y en donde se garantice la calidad de los contenidos entregados a los usuarios y la adecuada gestión del servicio.

Este artículo está organizado de la siguiente manera: en la parte II se encuentran los trabajos relacionados con la temática tratada en esta investigación, en la parte III se revisan los principales aspectos para el despliegue del servicio de *Mobile* IPTV, seguidamente, en la parte IV se analiza y propone una arquitectura funcional para la implementación de *Mobile* IPTV sobre redes LTE/LTE-A, y por último, en la parte V, se presentan las conclusiones obtenidas con el desarrollo de este trabajo de investigación.

II. ANTECEDENTES

Entre los trabajos relacionados con esta investigación se pueden citar inicialmente a [8] y [9], donde los autores realizan la revisión y comparación de las arquitecturas funcionales recomendadas por la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT) para la entrega de servicios de IPTV. Las arquitecturas presentadas por la UIT en [10] son tres y tienen como referencia a las Redes de Nueva Generación (NGN, *Next Generation Networks*) [11].

La primera arquitectura fue definida para el despliegue de IPTV sobre redes que no son NGN (Non-NGN IPTV), la segunda presenta una arquitectura basada en NGN sin la inclusión del Sub-sistema Multimedia IP (IMS, *IP Multimedia Subsystem*) (NGN non-IMS IPTV) [12] y la tercera se basa en la implementación de IPTV en NGN con su componente de IMS (NGN-IMS IPTV) [13]. De estas arquitecturas, la más estudiada ha sido la arquitectura NGN-IMS IPTV.

Los autores de [14], [15] y [16] consideran al IMS como un elemento indispensable para el control en 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.

Dichos trabajos están orientados hacia la implementación de IPTV en entornos NGN.

En [17] 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*) [18]. 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 [17]. Sin embargo, no se consideró la inclusión de una entidad de gestión del servicio.

En consecuencia, los trabajos encontrados en la literatura se diferencian de esta investigación puesto que aquí se propone y analiza una arquitectura funcional para orientar la implementación del servicio *Mobile* IPTV sobre redes LTE/LTE-A con el objetivo de garantizar la calidad de los contenidos entregados a los usuarios y la adecuada gestión del servicio.

III. CONSIDERACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS DE MOBILE IPTV

A. Definición de Mobile IPTV

En las redes móviles la IPTV se enmarca bajo el concepto de *Mobile* IPTV, que se define como una tecnología capaz de permitir a los usuarios la transmisión y recepción de tráfico multimedia que incluyen señales de televisión, video, audio, texto e imágenes por medio de redes cableadas o inalámbricas basadas en el IP con QoS, QoE, seguridad, movilidad e interactividad [19]. Con *Mobile* IPTV los usuarios pueden disfrutar de la televisión digital (TD) y los servicios relacionados en cualquier lugar, a cualquier hora y sobre cualquier dispositivo, inclusive mientras están en movimiento [20].

Cabe señalar, que la IPTV es diferente de las soluciones de televisión sobre Internet, debido a que esta última permite a los usuarios ver videos o canales de televisión en un entorno del mejor esfuerzo, mientras que en los sistemas de IPTV es requisito que el servicio y la red sean debidamente gestionados y controlados para asegurar la calidad en los contenidos entregados [21] [22].

La implementación de la IPTV está definida por una cadena de valor conformada por el proveedor de contenidos, el proveedor del servicio, el operador de red y el usuario final [23]. En este contexto, el material audiovisual generado por el proveedor de contenidos es multiplexado con otros contenidos multimedia y aplicaciones interactivas, para posteriormente ser transmitido por la red IP del operador de red [24]. Del lado del usuario, este debe disponer de un dispositivo que le permita la recepción y decodificación de los canales de TD y ejecución de las aplicaciones interactivas [24].

B. Clasificación de los servicios de IPTV

La UIT clasifica a los servicios de IPTV en tres categorías: básicos, selectivos mejorados, e interactivos [25]. Los servicios básicos están conformados por canales de audio, canales de audio y video (A/V), y canales de A/V con datos. Estos se emiten por difusión y pueden ser en alta definición (HD, *High Definition*) o en definición estándar (SD, *Standar Definition*) [25].

Los servicios selectivos mejorados abarcan la difusión de video cercano a la demanda (*Near VoD, Near Video on Demand*), el VoD real (*Real VoD*), la guía de programación electrónica (EPG, *Electronic Program Guide*), la grabadora de vídeo personal (PVR, *Personal Video Recorder*), entre otros. Esta categoría ofrece servicios de IPTV más avanzados que los servicios básicos puesto que están destinados a mejorar la comodidad del usuario y a proporcionar una amplia gama de contenidos A/V que pueden ser seleccionados por usuario según sus preferencias [25].

Finalmente, se tienen los servicios interactivos de IPTV como: *T-information* (noticias, tiempo, tráfico, y otros), *T-commerce* (compras, subastas, y transacciones bancarias, entre otros), *T-communication* (correo, video teléfono, mensajería y demás), *T-entertainment* (juegos, blog, etc.), y *T-learning* (educación primaria, intermedia, secundaria y superior) [25]. Estos servicios requieren de un canal de comunicaciones bidireccional para que el usuario pueda interactuar con los contenidos multimedia mediante las aplicaciones interactivas de forma tal que puedan personalizar el contenido que desean ver.

C. Retos para la implementación de Mobile IPTV.

La implementación de sistemas de *Mobile IPTV* debe superar varios desafíos antes que los servicios asociados sean ampliamente desplegados y utilizados. Entre los retos más importantes que deben ser abordados por parte de los proveedores del servicio y los operadores de red están:

- *Propagación en el enlace inalámbrico*: se presentan errores en la transmisión, *shadowing*, *fading*, reflexiones temporales, interferencias y obstáculos que causan una reducción en el nivel de potencia de recepción y aumento en la pérdida de paquetes de ráfagas lo que afecta calidad de la recepción de contenidos de IPTV [26].
- *Velocidad de transmisión de datos del enlace inalámbrico*: el incremento en el tráfico de datos móviles limita la capacidad de la red para mantener la tasa de datos mínima para la entrega de servicios de IPTV [26].
- *QoS y QoS*: los parámetros de desempeño de la red como velocidad de transmisión, retardo, *jitter* y pérdida de paquetes deben ser mantenidos dentro de los niveles aceptables para el despliegue de sistemas de IPTV [4].
- *Cobertura del servicio*: la dificultad para implementar una red móvil que cubra todas las áreas geográficas puede conllevar como solución la habilitación del *handover* vertical entre redes heterogéneas cada una de las cuales tiene recursos diferentes que pueden afectar el manejo de los flujos asociados a la IPTV [26].
- *Multiplicidad de equipos de usuario (UE, User Equipment)*: en el mercado existen distintos equipos para acceder al servicio de IPTV como TV, computadores, *smartphones* y *tablets*, que ofrecen capacidades diferentes en procesamiento, almacenamiento, tamaño y resolución de pantalla lo que impacta directamente en la visualización de los contenidos e interfaces de usuario [26].
- *Retardo de inicio de reproducción de contenidos*: se genera por el tiempo que tardan los equipos de los usuarios en unirse a la red, el tiempo de llenado del *buffer* de los UE receptores, y el tiempo de decodificación de los contenidos de A/V. Esta característica afecta

la experiencia de los usuarios en el uso de servicios de IPTV [27][28].

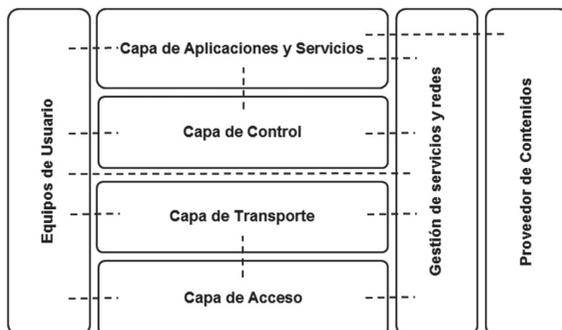
- *Tiempo de conmutación de canal (zapping time)*: impide que el cambio de canal sea rápido y ágil. Corresponde al tiempo necesario para recibir una trama que permita comenzar el proceso de decodificación del nuevo canal y se debe al retardo introducido por el protocolo de *multicast*, al retardo en el *buffer* y el retardo de decodificación [28].
- *Mercados de consumo*: Existe la posibilidad de la baja demanda por parte de los consumidores debido a la visualización de la IPTV en pantallas pequeñas, por ello se requiere de un modelo de negocio con servicios de IPTV innovadores e interfaces de usuario atractivas [26].

Regulación y normatividad: la regulación existente para el despliegue de Mobile IPTV es escasa y aun no se tiene una normatividad clara al respecto toda vez que se trata de un servicio novedoso y que aun no ha sido ampliamente desplegado.

D. Capas de la arquitectura

La arquitectura funcional para la implementación de Mobile IPTV sobre redes LTE/LTE-A que se propone está orientada a garantizar la calidad de los contenidos entregados a los usuarios y la adecuada gestión del servicio. La arquitectura se basa en capas, las cuales cumplen con funciones bien definidas y ofrecen servicios entre sí. En la Fig. 1 se presenta la arquitectura funcional de alto nivel.

Fig. 1. ARQUITECTURA FUNCIONAL DE ALTO NIVEL



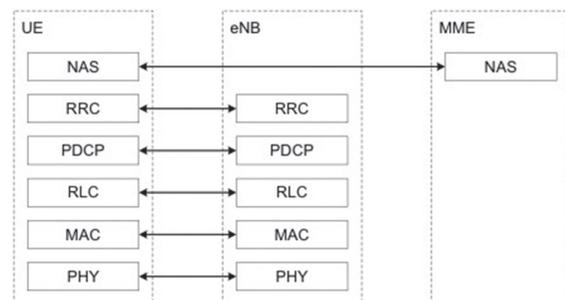
Fuente: autores del proyecto

1) *Capa de Acceso*: corresponde a la Red de Acceso por Radio Terrestre Universal - Evolucionada (E-UTRAN, *Evolved - Universal Terrestrial Radio Access Network*) de las redes LTE/LTEA. La E-

UTRAN está compuesta por una malla de nodos B evolucionados (eNB), los cuales son una especie de estaciones base distribuidas a lo largo del área de cobertura de red. Un eNB define una celda y servirá a múltiples UE que se encuentren en su zona de influencia. Pero un UE sólo puede estar conectado a un único eNB al tiempo [27].

La arquitectura de protocolos de la red E-UTRAN se da tanto para el plano de control como para el plano de usuario. En el Plano de Control (CP, *Control Plane*) está el protocolo NAS (*Non-Access Stratum*) y el protocolo para el Control de Recursos de Radio (RRC, *Radio Resource Control*) tal y como se muestra en la Fig. 2 [30]. El protocolo NAS comunica al UE con la Entidad de Gestión de la Movilidad (MME, *Mobility Management Entity*) y se usa en el enganche de los UE a la red, en la autenticación, en la gestión de las portadoras del EPC y en el manejo de la movilidad [31]. Entre tanto, el protocolo RRC es usado para la difusión de información, la búsqueda (*paging*) de UE, el establecimiento y mantenimiento de las portadoras de radio, la gestión de la conexión RRC, la transferencia del contexto de UE durante el *handover* y para los reportes de medidas como la Información de la Calidad del Canal (CQI, *Channel Quality Information*) desde el UE [32].

Fig. 2. PILA DE PROTOCOLOS EN EL PLANO DE CONTROL

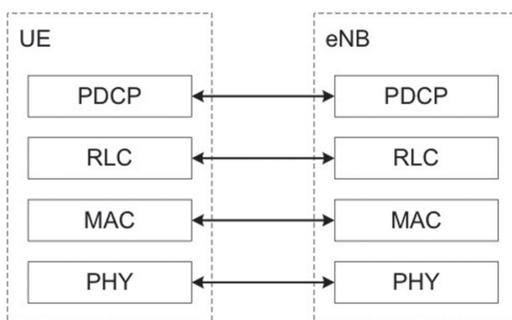


Fuente: [30].

El Plano de Usuario (UP, *User Plane*) la capa de acceso consta de la pila de protocolos presentada en la Fig. 3 como: Protocolo de Convergencia de Paquetes de Datos (PDCP, *Packet Data Convergence Protocol*), Control del Enlace de Radio (RLC, *Radio Link Control*), Control de Acceso al Medio (MAC, *Media Access Control*) y física (PHY) [30]. El protocolo PDCP permite la compresión de los encabezados IP basada en la Compresión de Encabezados Robusta (ROHC, *Robust Header Compression*), el cifrado y la protección de la integri-

dad de los datos transmitidos [33]. La subcapa RLC tiene a cargo la segmentación y concatenación de los paquetes de datos, y el manejo de las retransmisiones mediante Solicitudes de Repetición Automática (ARQ, *Automatic Repeat reQuest*) [34]. Por su parte, la subcapa MAC se encarga del manejo de las retransmisiones ARQ Híbridas (HARQ, *Hybrid ARQ*), del mapeo entre los canales lógicos y de transporte, de la programación del tráfico de los enlaces ascendente y descendente, de la multiplexación de los UE, de la identificación del servicios MBMS y de las selección del formato de transporte [35].

Fig. 3. PILA DE PROTOCOLOS EN EL PLANO DE USUARIO



Fuente: [30]

La capa PHY es la responsable de la protección de datos de los errores del canal mediante el uso de esquemas de Modulación y Codificación Adaptativas (AMC, *Adaptative Modulation and Coding*) según las condiciones del medio de transmisión. También mantiene las frecuencias y el tiempo de sincronización, realiza mediciones de las características del canal de radio y su respectivo informe a las capas superiores, ejecuta funciones de procesamiento de radio frecuencia (RF) incluida configuración de antenas, modulación, demodulación y transmisión por diversidad [30]. En la Tabla I se resumen las principales características de la capa PHY para las redes LTE/LTE-A.

TABLA I
CARACTERÍSTICAS DE LA CAPA PHY EN LAS REDES LTE/LTE-A

Características		LTE	LTE-A
Esquema de acceso	UL	SC-FDMA	
	DL	OFDMA	
Ancho de banda de RF		20 MHz	100 MHz
Tasa de bits pico	DL	300 Mbps	1 Gbps
	UL	75 Mbps	500 Mbps
Modulación		QPSK, 16QAM, 64QAM	
Multiplexación espacial		MIMO	

Fuente: autores del artículo

2) *Capa de Transporte*: está conformada por el núcleo de paquetes evolucionado (EPC, *Evolved Packet System*) de las redes LTE/LTE-A, el cual proporciona al sistema de IPTV un núcleo All-IP, con las capacidades de ofrecer calidad del servicio y acceso desde cualquier lugar y dispositivo incluso si el usuario está en movimiento.

Las principales funciones de esta capa son la gestión la movilidad de los UE (en el momento del *handover* dentro de la misma red o en el *handover* vertical), el acceso a diferentes servicios ofrecidos por el proveedor (voz, video y datos), la conexión a sistemas 3GPP y aquellos que no lo son, la conectividad IPv4/IPv6, la administración de las políticas de QoS y de carga, y los mecanismos para la oferta de servicios MBMS [30].

Los elementos de red que integran al EPC son la entidad de gestión de la movilidad (MME), la puerta de enlace del servicio (S-GW, *Serving Gateway*), la puerta de enlace a la red de paquetes de datos (PDN-GW, *Packet Data Network Gateway*), la entidad encargada de las políticas y reglas de carga (PCRF, *Policy and Charging Rules Function*) y los elementos para ofrecer servicios de MBMS [30].

3) *Capa de Control*: tiene como base al núcleo del IMS [37] que otorga así a la arquitectura de IPTV el registro de usuarios y mecanismos AAA, la gestión de las suscripciones, la centralización de los perfiles del usuario, flexibilidad en las políticas del usuario, la personalización de servicio, la gestión de sesiones, enrutamiento, el lanzamiento de servicios, numeración, interacción con los facilitadores de servicio NGN (presencia, mensajería, gestión de grupos, y otros), movilidad, calidad de servicio, control de portadoras y una solución unificada de tasación y facturación [15].

Además, la inclusión de IMS en la arquitectura aporta en la adaptación de los flujos de la IPTV a los recursos de la red y a las capacidades de los UE. De este modo los usuarios pueden acceder al servicio de IPTV desde cualquier lugar, a cualquier hora y sobre cualquier dispositivo, inclusive mientras están en movimiento. El IMS también permite el control flexible del servicio de IPTV debido al que el manejo de sesiones se basa en el Protocolo de Inicio de Sesión (SIP, *Session Initiation Protocol*) [15]. Otro escenario para los servicios de IPTV basados en IMS está en traspaso de las sesiones entre diferentes dispositivos con lo cual el

usuario podrá continuar observando el contenido así cambie de UE.

La capa de control está constituida por las entidades para el control de sesiones de llamada (CSCF, *Call Session Control Function*), y se utilizan para el establecimiento de las sesiones multimedia entre los usuarios y para preparar la entrega de los servicios solicitados según las características de la sesión del usuario [15]. Dichas características como el perfil de usuario, políticas, suscripciones, preferencias, entre otros, se almacenan en el servidor de suscripción local (HSS, *Home Subscription Server*).

4) *Capa de servicios y aplicaciones*: Entre sus objetivos están almacenar y adquirir los diferentes contenidos de A/V, formar la parrilla de programación, integrar las aplicaciones interactivas con los canales de televisión, emitir y controlar los flujos del servicio de IPTV, y atender el diálogo de control de reproducción de contenidos (iniciar, pausar, detener, avanzar y retroceder) y de interactividad con las aplicaciones [38].

Los principales componentes de esta capa son las entidades para el descubrimiento servicios (SDF, *Service Selection Function*) y la selección de servicios (SSF, *Service Selection Function*), la entidad para el control del servicio de IPTV (SCF, *Service Control Function*) y la entidad encargada de la entregar (MDF, *Media Delivery Function*) y controlar (MCF, *Media Control Function*) los contenidos multimedia.

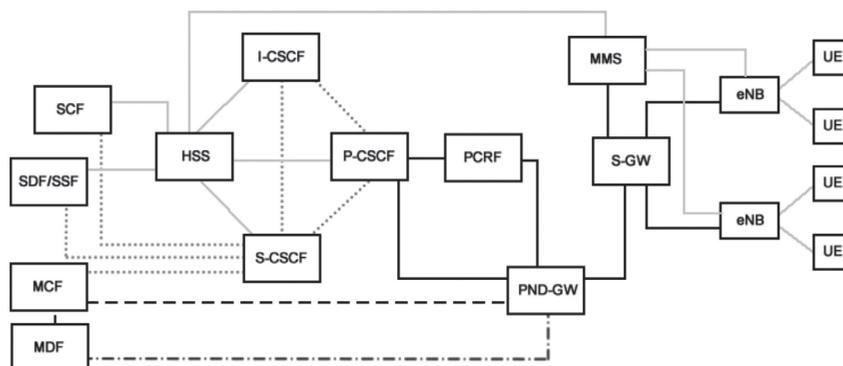
5) *Capa de gestión*: proporciona funciones de gestión y comunicaciones para la operación, administración y mantenimiento de la red móvil y el

aprovisionamiento del servicio de IPTV. Dentro de las funciones de la gestión de red se considera la gestión de la configuración y activos del servicio; la gestión de eventos con el objetivo de asegurar su correcto funcionamiento y ayudar a prevenir incidencias futuras; la gestión de incidentes que afecten la calidad del servicio y su restauración en el menor tiempo posible; la gestión de problemas y errores frecuentes que degradan la calidad del servicio; el monitoreo del desempeño a nivel de red; la gestión de la seguridad al tomar acciones apropiadas para prevenir accesos no autorizados a la red; y el control de cambios para la provisión, cese o modificación de la capacidad de la red para el soporte de los servicios [39].

Por su parte, la gestión del servicio se relaciona con los aspectos contractuales de los servicios ofrecidos a los clientes. Entre sus tareas están la atención al usuario y gestión de las solicitudes que realicen; la interacción y negociación con proveedores de servicios; el mantenimiento de los acuerdos de nivel de servicio y del portafolio de servicios [39].

6) *Proveedor de Contenidos*: es la entidad propietaria de los contenidos o es la poseedora de la licencia para vender los activos de los mismos. Su función es la producción y entrega de contenidos los cuales pueden ser videos, audios, datos, texto y aplicaciones interactivas. Forman parte de los proveedores de contenidos los programadores de canales de TV satelitales o terrestres, los productores de programas de TV, las bases de datos de contenidos (series y películas), las empresas de desarrollo de software y otros proveedores de contenido [12].

Fig. 4. ARQUITECTURA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MOBILE IPTV SOBRE REDES LTE/LTE-A



E. Descripción detallada de la arquitectura

Los principales componentes de la arquitectura propuesta para la implementación del servicio de IPTV sobre redes LTE/LTE-A se muestran en detalle en la Fig. 4 y se describen a continuación.

1) *Equipos de usuario (UE)*: realizan la identificación de los usuarios, la decodificación de los contenidos, despliegue de las imágenes, reproducción del audio y ejecución de las aplicaciones interactivas que conforman los servicios de IPTV. El UE contiene el módulo de identificación de suscriptor universal (*USIM, Universal Subscriber Identity Module*) con la información de autenticación para acceder a la red. Del mismo modo, el UE monitorea el rendimiento del canal de radio y transmite al eNB la CQI, soporta la interfaz de radio LTE/LTE-A para el enlace ascendente y descendente, y se encarga de mapear el tráfico del enlace ascendente en las clases de tráfico [40].

2) *Nodos B evolucionados (eNB)*: realizan múltiples funciones en el CP como la gestión de recursos de radio (RRM, *Radio Resource Management*), incluido el control de las portadoras de radio, el control de admisión a los recursos de radio, la gestión de la movilidad (MM, *Mobility Management*) y la planificación del enlace ascendente y descendente. Adicionalmente en el UP el eNB se encarga de la compresión de encabezado IP y cifrado de flujo de datos de usuario; de la selección de la MME; del envío de datos desde el UE hacia la S-GW; de la programación y transmisión de información de búsqueda (*paging*) originada desde la MME y de la información de operación y mantenimiento [30].

3) *Entidad de gestión de la movilidad (MME)*: es el elemento esencial para el control de acceso al EPC de las redes LTE/LTE-A. El MME se encarga de la señalización NAS para soportar la movilidad de los UE (*handover* dentro de la red LTE o *handover* vertical) y los procedimientos para la gestión de las sesiones (establecer y mantener la conectividad IP entre el UE y el PDN GW), del mismo modo provee la seguridad a la señalización NAS. El MME también se encarga de la autenticación de los usuarios (mediante la interacción con el HSS), de la gestión de los perfiles de suscripción y de la conectividad a los servicios mediante la selección del S-GW y del PDN-GW para un UE al

iniciar la conexión o mantener la conectividad en movilidad de los UE [30].

4) *Puerta de enlace de servicio (S-GW)*: Su principal función es la gestión y la conmutación de los paquetes de datos del usuario. El S-GW actúa como soporte de la movilidad en el plano de usuario durante los *handover* entre eNB de la misma red y como soporte para la movilidad entre la red LTE y otras tecnologías 3GPP. En el estado de reposo de los UE, el S-GW termina la ruta de datos del enlace descendente y activa la búsqueda cuando llegan datos para el UE. El S-GW gestiona y almacena los contextos de los UE, por ejemplo, los parámetros del servicio de la portadora IP y la información de enrutamiento de la red interna. Además, efectúa la marcación de paquetes a nivel de transporte en el enlace descendente y ascendente, monitorea los datos y los recolecta para propósitos de contabilidad y de carga al usuario, y realiza la interceptación de comunicaciones legal [30].

5) *Puerta de enlace de la red de paquetes de datos (PDN-GW)*: proporciona conectividad IP de los UE hacia las redes de paquetes de datos externas y servicios siendo el punto de entrada y salida del tráfico para el UE. Un UE puede tener una conectividad simultánea con más de un PDN-GW para acceder a múltiples redes de paquetes de datos. El PDN-GW lleva a cabo la asignación de direcciones IP, la aplicación de políticas, el filtrado de paquetes para cada usuario, el soporte de carga, la marcación paquetes a nivel de transporte en el enlace descendente, la interceptación legal y la detección de paquetes. Otra función clave de la PDN-GW es la de apoyar la movilidad de usuarios en cualquier caso del *handover* [30].

6) *Función de políticas y reglas de carga (PCRF)*: es el elemento de red responsable de asignación y definición de las reglas de políticas y control de carga (PCC, *Policy and Charging Control*). Este componente lleva a cabo las decisiones sobre cómo manejar el servicio en términos de QoS, además ofrece información al PCEF (*Policy and Charging Enforcement Function*) ubicado en el PDN-GW, o si es necesario al BBERF (*Bearer Binding and Event Reporting Function*) localizado en el S-GW para el establecimiento de las portadoras y las políticas adecuadas a los flujos del servicio según los requisitos de desempeño [41]. Las portadoras y políticas permiten que la red pueda

identificar los flujos de paquetes asociados a un servicio para dar el tratamiento preferente y con ello garantizar los recursos necesarios para mantener la calidad en el servicio.

Es de tener en cuenta que el PCRF únicamente aplica las reglas PCC a los flujos de servicios de unidifusión y no a los multidifusión y difusión [41], razón por la cual en entornos de IPTV los servicios que serán beneficiados por las reglas definidas en el PCRF son los servicios de VoD los cuales se manejarán diferenciadamente del resto de servicios conforme las reglas así lo definan.

7) *Servidor de suscripción local (HSS)*: Es una base de datos que almacena todos los datos de los usuarios y registra la ubicación del usuario en la red. El HSS almacena el perfil del suscriptor el cual contiene información sobre los servicios que pueden ser utilizados por el usuario según lo contratado son el proveedor del servicio (paquetes de datos, servicios de IPTV, telefonía, *roaming*, etc.). Además almacena los vectores de autenticación y las claves de seguridad para cada UE [40].

8) *Proxy-CSCF (P-CSCF)*: Es un servidor SIP que actúa como la puerta de entrada al sub-sistema IMS desde la red LTE/LTE-A. Los principales objetivos del P-CSCF son garantizar la señalización entre la red y los suscriptores y la asignación de los recursos para los flujos multimedia por medio de la interacción con el subsistema de control de admisión y recursos (RACS) [37]. En la arquitectura el P-CSCF se conecta con el PCRF para la asignación de las reglas PCC a los flujos de servicios asociados a la IPTV. Por tanto, a través del P-CSCF, el IMS puede controlar la operación de la capa de transporte que para este caso corresponde a los servicios portadores del EPS.

9) *Serving-CSCF (S-CSCF)*: Es la principal entidad de control dentro del IMS puesto que actúa como servidor de registro SIP (*SIP Registrar*). Este componente procesa los registros de los usuarios y almacena su ubicación actual, también es el responsable de la autenticación de los usuarios y la gestión de las sesiones. Las políticas del suscriptor almacenadas en el HSS controlan las operaciones realizadas por el S-CSCF para un suscriptor en particular [37].

10) *Interrogating-CSCF (I-CSCF)*: Es un servidor SIP que actúa como puerta de entrada de la señalización SIP proveniente de redes externas por

ejemplo la consulta a los servidores de nombres de dominios (DNS). El I-CSCF consulta al HSS para descubrir el S-CSCF apropiado para el usuario. [37].

11) *Entidad de descubrimiento y selección de servicios (SDF/SSF)*: El SDF brinda la información que se requiere para que un UE pueda identificar los servicios de IPTV disponibles (descubrimiento de servicios personalizados). En la arquitectura uno o varios SSF pueden utilizarse para proporcionar la información del servicio y las preferencias de los usuarios para que con ello los servicios puedan ser seleccionados por los usuarios [15].

12) *Entidad para el control del servicio de IPTV (SCF)*: Maneja las solicitudes y la ejecución de servicio, además controla las sesiones para todos los servicios de IPTV. Las tareas generales de un SCF son el inicio de sesión y control de los servicios de IPTV; la interacción con el núcleo IMS y el S-CSCF para recibir, validar y realizar peticiones de servicios de IPTV realizadas por los usuarios; la autorización del servicio y validación de las peticiones del contenido seleccionado por el usuario con base a la información de su perfil; la selección de las funciones relevantes de control/entrega de los contenidos de IPTV; la personalización de la experiencia del usuario y el control del crédito [15].

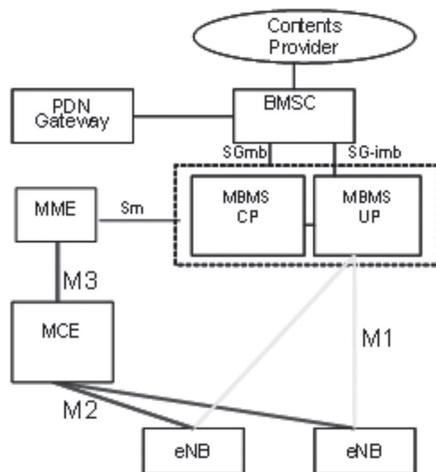
13) *Entidad multimedia de IPTV (MDF/MCF)*: Desempeña funciones para la entrega y el control de los contenidos multimedia asociados a la IPTV. Las funciones del MDF son el manejo de la entrega de los flujos multimedia usando el Protocolo de Tiempo Real (RTP, *Real Time Protocol*); el almacenamiento de los contenidos multimedia e información del servicio; el procesamiento, codificación y decodificación de contenidos multimedia en varios formatos y la protección de contenido [15].

Entre tanto, las principales actividades realizadas por el MCF son la selección de los servidores de MDF; la transmisión de los contenidos por las redes de transporte y el control del activo en la entrega de los contenidos; la aplicación de políticas para la distribución y gestión de contenidos; el mapeo de la identificación del contenido y su ubicación en el MDF; la interacción con el UE mediante el uso de comandos RTSP para la reproducción del contenido; la recopilación de información estadística sobre el uso del servicio y la generación de información de facturación [15].

14) *Servicio de multidifusión y difusión multimedia (MBMS)*: En las redes LTE/LTE-A el servicio MBMS ofrece un modo de distribución punto-multipunto como una alternativa valiosa a la unidifusión cuando un gran número de usuarios acceden simultáneamente al mismo contenido. Por ejemplo, durante la transmisión en vivo de un programa de televisión muchos flujos serían enviados individualmente con el mismo contenido a los usuarios. Pero con la multidifusión se toma ventaja de las cualidades inherentes de la difusión en las redes inalámbricas, puesto que permite enviar el mismo contenido una sola vez a igual número de usuarios [42]. En este escenario, la multidifusión hace más eficiente el uso del espectro y reduce los costos por bit [42].

La activación del servicio MBMS se logra con la inclusión de un mínimo de elementos como el Centro de Servicios de Multidifusión/Difusión (BM-CS, *Broadcast/Multicast Service Center*), la puerta de enlace del MBMS (MBMS-GW, *MBMS Gateway*) y la Entidad de Coordinación de multidifusión para múltiple celdas (MCE, *Multi-cell/multicast Coordinating Entity*). Gráficamente, en la Fig. 5 se puede observar la interconexión de dichos elementos en la red LTE/LTE-A.

Fig. 5 ARQUITECTURA LÓGICA DEL SERVICIO MBMS



Fuente: [30]

El MB-SC se encarga de la programación de un servicio MBMS, del anuncio del servicio a los UE; de la autorización de usuarios, de la asignación de portadoras de identificación del servicio, y la inicialización y terminación de las portadoras de

recursos de MBMS. El MB-SC puede ser el punto de contacto directo con el proveedor del servicio. Entre tanto, la MBMS-GW permite enviar los paquetes IP de multidifusión a todos los eNB que forman parte de servicio MBMS, también realiza el control de la señalización de las sesiones MBMS hacia la red E-UTRAN usando una interfaz a la entidad MME.

Finalmente la entidad MCE, que corresponde a una función lógica y puede residir en otro elemento de la red como en un eNB, realiza el control de admisión, la asignación de los recursos de radio en toda la red de multidifusión/ difusión de frecuencia única (MBSFN, *Multimedia Broadcast Multicast Service Single Frequency Network*), de la señalización del control de la sesión, y toma decisiones sobre la configuración de los enlaces de radio [30].

Gestión de la calidad de servicio en redes LTE/LTE-A

Los sistemas LTE/LTE-A proporcionan a los UE un servicio de conectividad IP a las redes de paquetes externas como por ejemplo a Internet o a una Intranet corporativas. El servicio de conectividad IP se denomina conexión PDN y se caracteriza por una dirección IP única a través de la cual el UE opera en la red externa. Las redes externas se identifican mediante una etiqueta denominada *Access Point Name* (APN). De esta forma para el establecimiento de una conexión PDN entre un UE y una red externa se utiliza el parámetro APN para determinar una PND-GW o varias PND-GW que ofrecen los servicios solicitados por el usuario. Un UE puede establecer múltiples conexiones PDN simultáneas [43].

El servicio de conectividad IP de las redes LTE/LTE-A soporta calidad de servicio (QoS). De esta forma, el trato que reciben los paquetes IP de una determinada conexión PDN puede adaptarse a las necesidades de transmisión de los servicios a los que accede el usuario en aspectos como velocidad de transmisión, retardo y tasa de pérdidas de paquetes. En este contexto, es importante tener en cuenta que a través de las redes LTE/LTE-A se pueden proporcionar servicios de diferente índole que no requieren los mismos recursos de transmisión. Por tanto, la adaptación de la QoS de las conexiones PDN a las características de los servicios permite que la red LTE/LTE-A proporcione una buena experiencia de uso a los usuarios a la

vez que posibilita una gestión eficiente de los recursos de transmisión puesto que se reservan los recursos estrictamente necesarios para satisfacer los objetivos de calidad de servicio [43].

La forma de gestionar la calidad de servicio en las redes LTE/LTE-A se estructura en torno a la definición de lo que se denomina servicio portador EPS (*EPS Bearer Service*). Un servicio portador EPS realiza la transferencia de paquetes IP que tienen asociados unos parámetros de QoS y la plantilla TFT (*Traffic Flow Template*), que es utilizada para seleccionar el flujo de paquetes IP al que debe proveerse QoS. En este sentido, todos los paquetes IP asociados a un determinado servicio portador EPS reciben el mismo trato de QoS en la red [43].

La activación, modificación y desactivación de los servicios portadores EPS se controla desde las redes LTE/LTE-A con base a los datos de subscripción del usuario y/o a las políticas de uso recibidas desde el sistema PCC. Para los sistemas de IPTV esta característica es determinante para garantizar los recursos necesarios y con ello brindar la QoS manteniendo los parámetros de desempeño dentro de los niveles aceptables. Los procedimientos principales relacionados con la gestión de sesiones son [43]:

1) *Procedimiento de registro (Network Attach)*: A través de este procedimiento se establece el servicio de conectividad IP que ofrece la red LTE/LTE-A. Existen diferentes variantes del procedimiento de registro en función de si la red de acceso utilizada es E-UTRAN o cualquiera de las otras redes de acceso alternativas 3GPP y no 3GPP contempladas.

2) *Procedimiento de petición de servicio (Service Request)*: El modelo de servicio ofrecido por las redes LTE/LTE-A permite que un usuario en modo ocupado (sin una conexión a E-UTRAN) mantenga abiertos los servicios portadores EPS en la red troncal. Este procedimiento permite una reactivación rápida del plano de usuario cuando el terminal pasa de ocupado a conectado.

3) *Petición de conexión PDN solicitada por el terminal (UE Requested PDN Connectivity)*: Las redes LTE/LTE-A permiten que el UE inicie el proceso de establecimiento una conexión PDN adicional a la conexión PDN establecida en el proceso de registro.

4) *Activación, modificación y desactivación de los servicios portadores EPS dedicados (EPS Bearer Activation/Modification/Deactivation)*: La gestión de los servicios portadores EPS dedicados es uno de los pilares de la gestión de sesiones en la red LTE. La activación y modificación de estos servicios puede estar vinculada al control dinámico de QoS ofrecido por el subsistema PCC.

5) *Modificación del servicio portador solicitada por el terminal (UE requested bearer resource modification)*: Este procedimiento permite que el terminal pueda solicitar cambios en los servicios portadores que le ofrece la red. Los cambios pueden ser a nivel de los parámetros de QoS como en los filtros de paquetes que determina la composición del tráfico agregado en un servicio portador. Si la solicitud de modificación realizada por un UE es aceptada por la red, ésta procede a iniciar los mecanismos pertinentes de activación, modificación y/o desactivación de los servicios portadores EPS (el control sigue teniéndolo la red, pero en este caso, atendiendo a una petición proveniente del UE).

IV. CONCLUSIONES

Las características técnicas de las redes LTE/LTE-A las perfilan como las tecnologías capaces de soportar el despliegue de la *Mobile IPTV* toda vez que se constituyen en la evolución de las redes de 3G, con en un núcleo de red All-IP, capaces de ofrecer altas velocidades de acceso, mejorar la eficiencia espectral, reducir el retardo y proporcionar calidad del servicio.

La adecuada gestión de mecanismos y políticas de calidad de servicio permitirán que la red LTE/LTE-A pueda identificar los flujos de paquetes asociados a un servicio para dar el tratamiento preferente y con ello garantizar los recursos necesarios con el propósito que los parámetros de desempeño de la red estén dentro de los niveles aceptables para la entrega de servicios de *Mobile IPTV*.

La arquitectura propuesta para la implementación de servicio de *Mobile IPTV* en redes LTE/LTE-A se basa en el uso del IMS como componente esencial para el control de sesiones, el lanzamiento del servicio, mecanismos AAA, la aplicación de políticas, el control de admisión y la gestión de recursos. También se plantea la inclusión del ser-

vicio de multidifusión y difusión de multimedia (NMBS) de las redes LTE/ LTE-A para lograr optimizar el uso del espectro radioeléctrico y de ancho de banda, logrando con ello ampliar la cobertura de usuarios de los servicios básicos de *Mobile IPTV*.

TRABAJOS FUTUROS

La arquitectura propuesta permitirá la definición de un modelo de red LTE en el cual se simulará el tráfico generado por un servicio de *Mobile IPTV* con el objetivo de evaluar los principales parámetros de desempeño de la red ante distintas configuraciones.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo presentó los resultados parciales de la tesis de Maestría en Ingeniería – Telecomunicaciones: *Marco de Referencia Técnico para el Despliegue del Servicio de IPTV sobre Redes Móviles LTE (Long Term Evolution) con Calidad de Servicio (QoS)*, la cual es desarrollada en el Grupo de Investigación en Teleinformática de la Universidad Nacional de Colombia – GITUN.

REFERENCIAS

- [1] Analysys Research, "Global Mobile Broadband: Market potential for 3G LTE (Long Term Evolution)," p. 93, Jan. 2008.
- [2] Cisco Systems, "Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2011–2016," p. 29, Feb. 2012.
- [3] O. Oyman, J. Foerster, Yong-joo Tcha, and Seong-Choon Lee, "Toward enhanced mobile video services over WiMAX and LTE," *IEEE Trans. Communications Magazine*, vol. 48, no. 8, pp. 68-76, Aug. 2010.
- [4] M. Schwalb, *iTV Handbook: Technologies and Standards*, Ed. Prentice Hall, 2003.
- [5] ITU Press, "ITU Paves the Way for Next-Generation 4G Mobile Broadband Technologies," ITU, Oct. 2010. Available: http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2010/40.aspx.
- [6] M. Baker, "LTE-Advanced Physical Layer," in Proc. IMT-Advanced Evaluation Workshop, 3GPP, Beijing, pp. 1-48, Dec. 2009.
- [7] I. Siomina and S. Wanstedt, "The Impact of QoS Support on the End User Satisfaction in LTE Networks with Mixed Traffic," in Proc. IEEE 19th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2008 (PIMRC 2008), IEEE, pp. 1-5, Sep. 2008.
- [8] C. S. Lee, "IPTV over Next Generation Networks in ITU-T", in Proc. 2nd IEEE/IFIP International Workshop on Broadband Convergence Networks (BcN'07), IEEE, pp. 1-18, May. 2007.
- [9] E. Mikoczy, "Next generation of multimedia services - NGN based IPTV architecture", in Proc. 15th International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP 2008), IEEE, pp. 523-526, Jun. 2008.
- [10] ITU-T Rec. Y.1910, "IPTV functional architecture," Sep. 2008.
- [11] ITU-T Rec. Y.2001, "General overview of NGN," Dec. 2004.
- [12] ETSI TS 182 028 V3.5.1, "NGN integrated IPTV subsystem Architecture," Feb. 2011.
- [13] ETSI TS 182 027 V3.5.1, "IPTV Architecture; IPTV Functions Supported by the IMS Subsystem," Mar. 2011.
- [14] M. Volk, J. Guna, A. Kos and J. Bester, "Quality-Assured Provisioning of IPTV Services within the NGN Environment," *IEEE Communications Magazine*, vol. 46, No. 5, pp. 118-126, May. 2008.
- [15] E. Mikoczy, D. Sivchenko, E. Xu and J. Moreno. "IPTV Services over IMS: Architecture and Standardization," *IEEE Trans. Communications Magazine*, vol. 46, No. 5, pp. 128-135, May. 2008.
- [16] M. A. Qadeer and A. H. Khan, "Multimedia Distribution over IPTV and its Integration with IMS", in Proc. 2010 International Conference on Data Storage and Data Engineering (DSDE 2010), IEEE, pp. 101-105, Feb. 2010.
- [17] Y. Sun, Y. Dong, Z. Zhao, X. Wen, and W. Zheng, "Enhanced Multimedia Services Based on Integrated IMS-MBMS Architecture in LTE Networks," in Proc. 2010 6th International Conference on Wireless Communications Networking and Mobile Computing (WiCOM), pp. 1-5, Sep. 2010.
- [18] 3GPP TS 26.346 V10.2.0, "Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Protocols and codecs," Nov. 2011.
- [19] S. Park, S. Jeong, C. Hwang and M. El Zarki, "Mobile IPTV: Approaches, Challenges, Standards, and QoS Support," *IEEE Trans. Internet Computing*, vol. 13, no. 3, pp. 23-31, May 2009.
- [20] O. Oyman, J. Foerster, T. Yong-joo and L. Seong-Choon, "Toward enhanced mobile video services over WiMAX and LTE," *IEEE Trans. Communications Magazine*, vol. 48, no. 8, pp. 68-76, Aug. 2010.

- [21] A. Al-Hezmi, Y. Rebahi, T. Magedanz and S. Arbanowski, "Towards an interactive IPTV for mobile subscribers," in Proc. International Conference on Digital Telecommunications, IEEE, France, pp. 1-45, Aug. 2006
- [22] J. Goldberg and T. Kernen, "Network structures - the Internet, IPTV and QoS", EBU Technical Review, pp. 1-11, Oct. 2007
- [23] FG IPTV-ID-0025, "Overall definition and description of IPTV in the business role model," ITU-T, p. 4, Jul. 2006.
- [24] C. Palau, J. Martinez-Nohales, J. Mares, B. Molina and M. Esteve. "On mobile video streaming IPTV," in Proc. 10th International Conference on Telecommunications, IEEE, pp. 457-462, Jun. 2009.
- [25] ITU-T FG IPTV-ID-0026, "Classifications of IPTV Service and Its Meaning," Jul. 2006.
- [26] S. Zeadally, H. Moustafa and F. Siddiqui, "Internet Protocol Television (IPTV): Architecture, Trends, and Challenges," IEEE Trans. Systems Journal, vol. 5, no. 4, pp. 518-527, Dec. 2011.
- [27] J. Kim, T. Um, W. Ryu, B. Lee y M. Hahn, "Heterogeneous Networks and Terminal-Aware QoS/QoE-Guaranteed Mobile IPTV Service". *IEEE Communications Magazine*, vol. 46, no. 5, pp. 110-117, May. 2008.
- [28] J. Liu, S. G. Rao, B. Li, and H. Zhang, "Opportunities and challenges of peer-to-peer internet video broadcast," in *Special Issue on Recent Advances in Distributed Multimedia Communications*, IEEE, 2007, pp. 11-24.
- [29] F. Sandu, S. Cserey and E. Mile-Ciobanu, "Simulating of LTE Signaling," *Advances in Electrical and Computer Engineering*, AECE, vol. 10, no. 2, pp. 108-114, May. 2010.
- [30] 3GPP TS 36.300 V10.6.0, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2," Dec. 2011.
- [31] 3GPP TS 24.301 V11.1.0, "Non-Access-Stratum (NAS) protocol for Evolved Packet System (EPS); Stage 3," Dec. 2011.
- [32] 3GPP TS 36.331 V10.4.0, "E-UTRA; Radio Resource Control (RRC) Protocol specification," Dec. 2011.
- [33] 3GPP TS 36.323 V10.1.0, "E-UTRA; Packet Data Convergence Protocol (PDCP) specification," Mar. 2011.
- [34] 3GPP TS 36.322 V10.0.0, "E-UTRA; Radio Link Control (RLC) protocol specification," Dec. 2010.
- [35] 3GPP TS 36.321 V10.4.0, "E-UTRA; Medium Access Control (MAC) protocol specification," Dec. 2011.
- [36] 3GPP TS 23.401 V10.8.0, "General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access", Jul. 2012
- [37] 3GPP TS 23.228 V11.3.0, "IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2," Dec. 2011.
- [38] D. Durán, R. Cerón, J. Arciniegas, "Architecture for the Support of the Video on Demand Service for Virtual Academic Communities on IPTV", in Proc. 2011 6th Colombian Computing Congress (CCC), IEEE, pp. 1-7, May. 2011.
- [39] Osiatis, "ITIL V3 Gestión de servicios de TI", 2010, Available: <http://itilv3.osiatis.es/itil.php>
- [40] Alcatel Lucent, "LTE Evolved Packet System Architecture," 2011. Available: http://lte.alcatel-lucent.com/locale/en_us/downloads/LTE_poster.pdf.
- [41] 3GPP TS 23.203 V11.4.0, "Policy and charging control architecture," Dec. 2011
- [42] R. J. Vale, H. Viswanathan, "eMBMS for More Efficient Use of Spectrum," *Technology and Research E-Zine*, Alcatel-Lucent, Nov. 2011. Available: <http://www2.alcatel-lucent.com/blogs/techzine/2011/embms-for-more-efficient-use-of-spectrum/>
- [43] R. Gomes, F. Álvarez, F. Casadeball, R. Ferrús, J. Pérez and O. Sallent, *LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles*, Fundación Vodafone, 2010.