

**PROPUESTA DE ADAPTACIÓN DE LA CAPA DE ACCESO DE LA RED
CELULAR NACIONAL HACIA UN ENTORNO NGN MULTIMEDIA**



MONOGRAFÍA

DANIEL ENRIQUE IBARRA BOLAÑOS

JUAN GABRIEL BASTIDAS URRUTIA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES
GRUPO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES – GNTT
POPAYÁN, NOVIEMBRE DE 2007**

**PROPUESTA DE ADAPTACIÓN DE LA CAPA DE ACCESO DE LA RED
CELULAR NACIONAL HACIA UN ENTORNO NGN MULTIMEDIA**

DANIEL ENRIQUE IBARRA BOLAÑOS

JUAN GABRIEL BASTIDAS URRUTIA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**

Directora

VIRGINIA SOLARTE MUÑOZ

Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES
GRUPO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES – GNTT
POPAYÁN, NOVIEMBRE DE 2007**

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
2. NGN MULTIMEDIA, UN CAMINO HACIA LA CONVERGENCIA	11
2.1 ESTADO ACTUAL DE IMS	12
2.2 CARACTERÍSTICAS DE IMS	14
2.3 REQUERIMIENTOS IMS	15
2.4 PROTOCOLOS IMS	17
2.4.1 SIP – SESSION INITIATION PROTOCOL	18
2.4.2 IPv6	18
2.4.3 SDP – SESSION DESCRIPTION PROTOCOL	19
2.4.4 RTP y RTCP	19
2.4.5 DIAMETER	20
2.4.6 COPS – COMMON OPEN POLICY SERVICE	20
2.4.7 RSVP – RESOURCE RESERVATION PROTOCOL	21
2.4.8 MEGACO o H.248	21
2.5 ARQUITECTURA IMS	21
2.5.1 ARQUITECTURA GENERAL	21
2.5.2 ARQUITECTURA DETALLADA	23
2.6 SERVICIOS IMS	27
2.6.1 PRESENCIA	28
2.6.2 MENSAJERÍA INSTANTÁNEA	29
2.6.3 PUSH TO TALK OVER CELLULAR (PoC)	30
2.6.4 CONFERENCIA	31

3. TELEFONÍA CELULAR EN COLOMBIA	32
3.1 ESTADO ACTUAL DE LA TELEFONÍA CELULAR EN COLOMBIA	33
3.2 TECNOLOGÍAS UTILIZADAS	36
3.2.1 GSM – GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS	36
3.2.2 GPRS – GENERAL PACKET RADIO SERVICE	37
3.2.3 EDGE – ENHANCED DATA RATES FOR GLOBAL EVOLUTION	42
3.3 PROCEDIMIENTOS DE ACCESO A LOS SERVICIOS DE DATOS	44
3.3.1 EL PROCEDIMIENTO <i>ATTACH</i>	44
3.3.2 ESTABLECIMIENTO DEL CONTEXTO PDP	47
4. DEFINICIÓN DE LA PROPUESTA DE ADAPTACIÓN DE LA CAPA DE ACCESO DE LA RED CELULAR NACIONAL HACIA UN ENTORNO NGN MULTIMEDIA	49
4.1 REQUISITOS NECESARIOS PARA TENER ACCESO A IMS	49
4.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DE LA RED CELULAR PARA ACCEDER A IMS	50
4.2.1 TERMINAL DE USUARIO	51
4.2.2 INTEROPERABILIDAD ENTRE IPv4 E IPv6	53
4.2.3 ACTIVACIÓN DE CONTEXTOS PDP	53
4.2.4 ASPECTOS DE SEGURIDAD	54
4.3 PROPUESTA DE ADAPTACIÓN DE LA CAPA DE ACCESO DE LA RED CELULAR NACIONAL HACIA UN ENTORNO NGN MULTIMEDIA	57
4.3.1 ETAPA 1 – INTEROPERABILIDAD IPv4/IPv6	58
4.3.2 ETAPA 2 – ACTIVACIÓN DE CONTEXTOS PDP	64
4.3.3 ETAPA 3 – ASPECTOS DE SEGURIDAD	68
4.3.4 ETAPA 4 – ASPECTOS DEL TERMINAL DE USUARIO	75

5. PLANTEAMIENTO DE UN PORTAFOLIO DE SERVICIOS PARA LA RED CELULAR NACIONAL ADAPTADA A UN ENTORNO IMS	80
5.1 ASPECTOS TÉCNICOS Y DE MERCADO DE LOS SERVICIOS IMS	80
5.2 PORTAFOLIO DE SERVICIOS	84
5.3 HERRAMIENTA SOFTWARE DE SIMULACIÓN	95
5.3.1 HERRAMIENTAS EXPLORADAS	95
5.3.2 HERRAMIENTA ESCOGIDA	97
5.3.3 PRUEBAS DESARROLLADAS	98
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE TRABAJOS FUTUROS	106
6.1 CONCLUSIONES	106
6.2 TRABAJOS FUTUROS	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
GLOSARIO	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Arquitectura general IMS	22
Figura 2.2. Arquitectura detallada IMS	23
Figura 3.1. Dinero gastado por usuario en telefonía celular (En dólares)	33
Figura 3.2. Arquitectura de la red GSM/GPRS	38
Figura 3.3. Red GSM/GPRS/EDGE	43
Figura 3.4. Procedimiento ATTACH con características de <i>roaming</i>	45
Figura 3.5. Establecimiento del contexto PDP	48
Figura 4.1. Arquitectura actual de un terminal de usuario	52
Figura 4.2. Interoperabilidad IPv4/IPv6	53
Figura 4.3. Procedimiento IMS AKA	55
Figura 4.4. Procedimiento GSM AKA	56
Figura 4.5. Etapa 1 – Interoperabilidad IPv4/IPv6	59
Figura 4.6. Varios contextos PDP para diferentes tráficos y misma dirección IP diferente QoS	65
Figura 4.7. Varios contextos PDP con diferente dirección IP para diferentes tráficos	66
Figura 4.8. Etapa 2 – Establecimiento de contextos PDP	68
Figura 4.9. El HLR/AuC comparte con el HSS una clave de usuario	72
Figura 4.10. El HSS le solicita al HLR/AuC el vector de autenticación GSM	74
Figura 4.11. Etapa 3 – Aspectos de seguridad	75
Figura 4.12. Posible arquitectura de un terminal actual con soporte IMS	76
Figura 4.13. Red celular adaptada a IMS	78
Figura 5.1. Tendencias de servicios móviles a nivel mundial	90
Figura 5.2. Distribución de la telefonía móvil por estratos	91
Figura 5.3. Procedimiento de registro en IMS	99
Figura 5.4. Opción <i>Trace Viewer</i> a un usuario registrado	100
Figura 5.5. Intercambio de mensajes SIP relacionados con el registro en IMS	101

Figura 5.6. Procedimiento de suscripción a un servicio IMS	102
Figura 5.7. Intercambio de mensajes SIP relacionados con la suscripción al servicio	103
Figura 5.8. Intercambio de mensajes entre dos usuarios registrados	104
Figura 5.9. Intercambio de mensajes SIP del servicio de mensajería instantánea	105

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Características de cada <i>Release</i> a IMS	13
Tabla 5.1. Capacidad promedio de transmisión de datos GSM/GPRS/EDGE	80
Tabla 5.2. Clases de tráfico	81
Tabla 5.3. Tipos de <i>Precedence Class</i>	82
Tabla 5.4. Tipos de <i>Delay Class</i>	82
Tabla 5.5. Tipos de <i>Reliability Class</i>	83
Tabla 5.6. Tipos de <i>Peak Throughput Class</i>	83
Tabla 5.7. Tipos de <i>Mean Throughput Class</i>	84
Tabla 5.8. Parámetros de QoS para presencia	85
Tabla 5.9. Parámetros de QoS para mensajería modo <i>beeper</i>	86
Tabla 5.10. Parámetros de QoS para mensajería basada en sesión	86
Tabla 5.11. Parámetros de QoS para la señalización PoC	87
Tabla 5.12. Parámetros de QoS para el flujo de datos PoC	87
Tabla 5.13. Parámetros de QoS para Juegos de estrategia.	89
Tabla 5.14. Parámetros de QoS para Juegos basados en turnos.	89
Tabla 5.15. Servicios multimedia soportados por la red adaptada	92
Tabla 5.16. Servicios ofrecidos	94
Tabla 5.17. Características de las herramientas exploradas	97

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La comunicación móvil multimedia es un tema tecnológico de actualidad que ha llamado la atención de proveedores y operadores de telecomunicaciones a nivel mundial, los cuales se encuentran en continuos procesos de transformación y evolución que buscan prestar más y mejores servicios. Los últimos avances en tecnología móvil han permitido que las personas puedan disfrutar de una variedad de modalidades de comunicaciones y entretenimiento. Desde el teléfono fijo al teléfono celular, desde la mensajería al acceso a Internet, los usuarios cada vez ven más cerca la necesidad de integrar los servicios de voz, datos y video a un menor costo, lo cual se puede realizar aprovechando las cualidades y ventajas del protocolo IP (*Internet Protocol*).

A raíz de esto, 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) desarrolla el concepto de IMS (*IP Multimedia Subsystem*) como solución de convergencia para las comunicaciones de todo tipo. Si bien inicialmente IMS se crea como una tecnología de optimización de redes móviles hacia una arquitectura All-IP, en la actualidad, ha ampliado su alcance para tener la facultad de llegar a cualquier dispositivo con acceso a una red IP.

Sin embargo, a pesar de que IMS es un desarrollo tecnológico importante, es evidente que Colombia, debido a su situación tecnológica y económica, no puede adoptar esos cambios de forma inmediata. Por lo tanto, es imprescindible un análisis de las tecnologías de telefonía móvil celular actuales para realizar una adaptación gradual que permita preparar el camino para dar un soporte inicial a IMS teniendo en cuenta que a pesar de que IMS es independiente de la tecnología de acceso, deben existir condiciones propicias para que en el caso de la red celular se puedan proporcionar servicios y aplicaciones multimedia. De esta manera las redes existentes evolucionarán hacia sistemas de mayor

capacidad, integrando la información multimedia, la conmutación de paquetes y el acceso radio de banda ancha.

Es así, como por medio de este proyecto se estudia en primera instancia la red IMS y después de ello, se realiza un análisis del estado actual de los tipos de redes móviles celulares de los operadores presentes en Colombia utilizadas para brindar servicios de voz y datos, y de esta forma, determinar una arquitectura de red general.

Posteriormente, se analizan los requerimientos de acceso a IMS relacionados con la red celular para poder determinar unos puntos críticos a partir de los cuales se generará la propuesta de adaptación de la capa de acceso de la red celular nacional hacia un entorno NGN Multimedia. Dicha propuesta se realizará por medio de etapas, lo cual le permitirá a un operador llevar a cabo un proceso gradual para la implementación de IMS y el ofrecimiento de nuevos servicios basados en IP, los cuales, se expondrán a través del planteamiento de un nuevo portafolio de servicios para cualquier operador que haya realizado la adaptación de su red. Además, se realiza una exploración de herramientas software y se escoge una de ellas para simular el comportamiento de IMS con lo cual se podrá tener una idea acerca de un entorno IP multimedia.

CAPÍTULO II

NGN MULTIMEDIA, UN CAMINO HACIA LA CONVERGENCIA

En la actualidad la tendencia a la integración de todos los servicios hacia una única infraestructura IP revela los problemas que tienen las redes IP actuales en temas como, la calidad de servicio, la seguridad, la capacidad, la confiabilidad, la movilidad, entre otros. Para resolver estos problemas surgen diversos tipos de elementos, arquitecturas, tecnologías, protocolos, etc., que al ser integrados de manera adecuada permiten la realización de modelos de red que proporcionan a los operadores la posibilidad de prestar todo tipo de servicios multimedia. Estos son los modelos de arquitectura NGN Multimedia.

IMS es el corazón de las NGN multimedia, y es el subsistema de servicios, de acceso y de control para todas las aplicaciones IP. Se espera que IMS proporcione a los operadores nuevas fuentes de ingresos, aumentando la rentabilidad a través de la reducción de costos de operación e infraestructura, originando una nueva industria de desarrollo de aplicaciones y abriendo el mercado para los proveedores que tendrán una oportunidad de vender equipos y servicios adicionales a clientes nuevos y antiguos.

En este capítulo se realiza un estudio de IMS teniendo en cuenta aspectos como su arquitectura, entidades, servicios, protocolos y funcionamiento. Por medio de este estudio se logrará tener una visión clara de los requerimientos IMS y de las características necesarias para realizar una adaptación de la capa de acceso de la red celular nacional hacia un entorno NGN Multimedia. [1]

2.1 ESTADO ACTUAL DE IMS [2][3]

IMS fue definido inicialmente por el grupo 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) como parte de la estandarización del trabajo para la evolución hacia redes 3G. Se desarrolla entonces el *Release 5* en el cual se incluyen características basadas en SIP (*Session Initiation Protocol*) y se define la arquitectura, entidades funcionales y la operativa básica de IMS. La arquitectura de IMS está basada en IP y permite la interoperabilidad entre redes existentes de voz y datos tanto fijas (PSTN, RDSI, Internet) como móviles (GSM, CDMA, etc.).

Como complemento a la administración de sesión, la arquitectura IMS incluye funcionalidades de direccionamiento que son necesarias para completar la entrega de servicios (funciones de registro, seguridad, carga, soporte, control, *roaming*). De esta manera se espera que IMS sea el corazón del núcleo de las redes IP.

El contenido funcional del *Release 5* del 3GPP ha sido muy discutido y, finalmente fue culminado en marzo de 2002. La consecuencia de esta decisión fue que muchas características se pospusieron para el próximo *Release*. En el *Release 6* el trabajo continuó y alcanzó estabilidad a principios de 2004. El *Release 6* de IMS mejora las limitaciones del *Release 5*, incluye nuevas características y fue completado en septiembre de 2005. El *Release 7* con sus características se empezó a desarrollar durante el 2006.

La Tabla 2.1 muestra las características que introdujo cada *Release* a IMS. Hasta su estado actual.

RELEASE 5	RELEASE 6	RELEASE 7
Arquitectura: entidades de red y puntos de referencia que incluyen funciones de carga.	Arquitectura: Interoperabilidad (CS, otras redes IP, WLAN) y algunas nuevas entidades y puntos de referencia.	Arquitectura: llamadas de voz continuas entre dominios CS y PS. Conexión fija de banda ancha.
Señalización: Principios básicos de enrutamiento, registro, inicio de sesión, modificación de sesión, liberación de sesión. <ul style="list-style-type: none"> • Compresión SIP entre UE y redes IMS. • Transferencia de datos entre HSS y CSCF. • Transferencia de datos entre los HSS y los servidores de aplicación AS. 	Señalización: grupos de entidades de enrutamiento, múltiples registros.	Señalización: sesiones de emergencia, soporte SMS usando SIP, combinación de llamadas CS y sesiones IMS.
Seguridad: AKA IMS para autenticación de usuarios y redes, protección de integridad de los mensajes SIP entre UE y redes IMS, seguridad en el dominio de red	Seguridad: Protección de confidencialidad de los mensajes SIP, direcciones IP basadas en autenticación, arquitectura de autenticación genérica.	Seguridad: Adaptación al acceso de banda ancha, soporte TLS.
Políticas de QoS: políticas de control entre IMS y redes de acceso GPRS, señales de precondiciones y autorizaciones.	Políticas de QoS: Multiplexación de los flujos de comunicación de sesiones separadas en el mismo contexto PDP.	Políticas de QoS: políticas y modulación de control de carga, autorización de QoS sin necesidad de señal de aviso.
Servicios: uso de servidores de aplicación y puntos de referencia de control de servicio IMS.	Servicios: presencia, mensajería, conferencia, PTT sobre celulares, administración de grupos, servicios locales.	Servicios: servicios suplementarios en SIP.
General: ISIM, IP Multimedia Services Identity Module.		Varias: movilidad WLAN-UMTS.

Tabla 2.1. Características de cada *Release* a IMS [3]

2.2 CARACTERÍSTICAS DE IMS [2][4][5]

IMS es un sistema de control de sesión el cual transforma el desarrollo de las redes. Está diseñado con tecnologías de Internet adaptadas al mundo móvil, lo cual hace posible la provisión de servicios móviles multimedia sobre conmutación de paquetes.

El concepto de servicios IMS es radicalmente diferente e innovador ya que permite mejorar la experiencia del usuario así como añadir diferenciación al portafolio de servicios de un operador. Además, el atractivo de estos nuevos servicios despertará el interés de los usuarios móviles en el mundo de los datos y permitirá que los operadores tengan un medio eficiente para proveer múltiples aplicaciones simultáneamente sobre múltiples canales de acceso tales como GPRS. Como consecuencia, con IMS la red móvil de datos no estará infrautilizada y se aprovecharán las ventajas que ofrece el protocolo IP a los operadores en cuanto a reducción de costos de capital y de operación, simplicidad de mantenimiento y mayor eficacia en la gestión. Es así como a IMS se le puede considerar como el siguiente paso lógico en la evolución de las redes de telecomunicaciones.

Además, con IMS los operadores o proveedores de servicios podrán ofrecer toda una gama de servicios multimedia avanzados de forma conjunta a los servicios existentes o heredados, conservando la misma calidad de servicio y haciendo que el cambio de la red sea transparente al usuario. Entre los nuevos servicios estarán: la videoconferencia, la audioconferencia, video más texto en tiempo real, la difusión de medios de TV o radio, el vídeo bajo demanda, presencia, la mensajería instantánea, los videojuegos interactivos multiusuario, el servicio *push-to-talk*, entre otros.

La prestación de esta clase de servicios dependerá de las capacidades de las redes de acceso IP-CAN (*IP-Connectivity Access Network*), de los elementos funcionales específicos del subsistema de IM-CN (*IP Multimedia Core Network*) y de las características de los terminales de usuario.

2.3 REQUERIMIENTOS IMS [6]

IMS tiene requerimientos básicos para su operación los cuales se describen a continuación:

- **Sesiones Multimedia IP:** Con IMS se ofrecen servicios multimedia a través de sesiones IP las cuales deben estar soportadas sobre una red de conmutación de paquetes. Las sesiones IP integran voz, video y datos y además permiten la interconexión con sistemas IMS de otros operadores por medio de interfaces, entidades funcionales y protocolos de la arquitectura IMS.
- **Calidad de servicio:** Este es un requisito muy importante en IMS. La calidad de servicio para el establecimiento de cada sesión se determina a través de varios factores tales como; tipo de tráfico, retardos, requerimientos de ancho de banda, pérdida o corrupción de paquetes, tasa de transferencia, tamaño del paquete, entre otros. Dichos factores se negocian para garantizar la disponibilidad de los recursos y la correcta prestación del servicio multimedia ofrecido durante la sesión.
- **Itinerancia o Roaming:** IMS soporta la itinerancia (*roaming*) de tipo nativo, lo que se define como la capacidad del sistema de admitir y dar servicio a usuarios de otros operadores que emplean la misma tecnología, con los que se tiene un acuerdo de negocio previo.
- **Interoperabilidad con otras redes:** IMS contempla la interconexión con las redes de circuitos basadas en SS7 (*Signalling System No. 7*) para servicios de llamadas de voz. Por tanto, existen elementos IMS que permiten la interoperabilidad entre las sesiones, con sus componentes multimedia, y los distintos tipos de redes (PSTN, GSM, redes de cable, WiMax, entre otras). De esta forma, los usuarios IMS podrán seguir comunicándose con otros abonados no IMS.

- **La interconexión con las redes IP multimedia externas e Internet:** Internet albergará en un futuro servicios IP multimedia avanzados, especialmente para el caso de comunicaciones en tiempo real o con altos requisitos de QoS. IMS incorpora componentes para la interoperabilidad con las redes IP multimedia externas, de forma que los usuarios IMS podrán mantener comunicaciones con los usuarios de Internet.
- **La seguridad integrada:** Uno de los factores clave del éxito de GSM fue que incorporaba intrínsecamente mecanismos de seguridad soportados por la tarjeta SIM. IMS requiere autenticación de abonado y especifica sus propios mecanismos y arquitectura de seguridad. De este modo, la suscripción IMS está soportada por una aplicación lógica llamada ISIM (*IMS SIM*) que ejecuta funciones de autenticación de usuario durante el registro en IMS, y además, contiene datos de la suscripción de abonado, de igual forma que la SIM en GSM y la USIM en UMTS. La ISIM reside, junto con la aplicación USIM, en la tarjeta inteligente física¹. Por tanto, un abonado que desee acceder a IMS, en primer lugar deberá autenticarse y registrarse con el núcleo de red y posteriormente autenticarse y registrarse con IMS utilizando la ISIM.
- **La provisión de servicios:** IMS posibilita un desarrollo rápido y simplificado de servicios siguiendo el modelo Internet. La arquitectura IMS cuenta con interfaces y pasarelas hacia servidores de aplicaciones. En lo que respecta a las aplicaciones, éstas pueden modificar el transcurso de una sesión multimedia de una forma muy similar a cómo lo hacen las aplicaciones de red inteligente, que pueden actuar y modificar una llamada de voz, con la ventaja de la simplicidad y facilidad del desarrollo de las aplicaciones web. Por otro lado, IMS también permite interactuar con las plataformas de servicios y aplicaciones OSA (*Open Services Architecture*) y CAMEL (*Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic*).

¹ SIM, USIM e ISIM son aplicaciones lógicas que residen en una tarjeta de circuitos integrados como soporte físico. En el ámbito de GSM, esta tarjeta suele denominarse simplemente "SIM" debido a la aplicación que alberga.

- **La tarificación y facturación:** En la tarificación de servicios IP multimedia intervienen el sistema de facturación de GPRS y el sistema de facturación de IMS. Este último registra los datos relacionados con la sesión IMS, tales como los usuarios implicados, la duración, los componentes multimedia empleados y la QoS autorizada. Posteriormente, asocia dichos datos a los correspondientes registros de tarificación de GPRS que se originaron como consecuencia del transporte de los flujos multimedia y la señalización de IMS en el subsistema de transporte GPRS. De esta forma, es posible facturar los servicios según su duración, contenidos, volumen de datos, destino de la sesión o las diferentes combinaciones de los anteriores.
- **Independencia del acceso:** IMS es diseñado para ser independiente al acceso, ya que los servicios IMS pueden ser ofrecidos a través de cualquier tecnología de acceso que permita la conectividad IP. Sin embargo, por las características y requisitos de IMS es necesario que estos accesos sean adecuados.

2.4 PROTOCOLOS IMS [2]

IMS adopta protocolos del mundo Internet tales como SIP, HTTP e IPv6 aprovechando al máximo la capacidad y flexibilidad de cada uno de ellos para poder ofrecer todo tipo de servicios multimedia y permitir el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios.

Durante el desarrollo de las especificaciones de IMS, 3GPP e IETF (*Internet Engineering Task Force*) establecieron un acuerdo de trabajo que ha ligado fuertemente el desarrollo del estándar IMS al trabajo de IETF. Este último ha tenido que acelerar la estandarización de los protocolos IP emergentes que se emplean en IMS, como es el caso de IPv6 y SIP. Además, existen otros protocolos que son necesarios en IMS los cuales se encargan de funciones específicas tales como manejo de flujos multimedia, seguridad, control, calidad de servicio, entre otras. Los principales protocolos de IMS se explican a continuación:

2.4.1 SIP – SESSION INITIATION PROTOCOL [7]

Ha sido elegido por 3GPP para ser el protocolo principal en IMS, por medio del cual se efectúa toda la señalización y el control necesario para el establecimiento, liberación y modificación de las sesiones IMS. SIP hereda funcionalidades del protocolo HTTP (*Hyper Text Transport Protocol*) lo que lo convierte en un verdadero protocolo de Internet.

SIP usa para identificar a un usuario el concepto de URL (*Uniform Resource Locator*) o URL SIP parecido a una dirección *e-mail*. Cada participante en una red SIP se puede localizar por medio de una URL SIP.

SIP ha sido extendido con el fin de soportar numerosos servicios tales como la presencia, la mensajería instantánea, la transferencia de llamada, la conferencia, los servicios complementarios de telefonía, etc. Además, reemplazará en el futuro a protocolos como ISUP (*ISDN User Part*), utilizado para el control de llamada en la Red Telefónica Conmutada, e INAP (*Intelligent Network Application Part*), utilizado para el control de servicio en la arquitectura Red Inteligente.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que SIP no es un protocolo de reservación de recursos, y en consecuencia, no puede asegurar la calidad de servicio. Se trata de un protocolo de control de llamada y no de control del medio. SIP tampoco es un protocolo de transferencia de archivos tal como HTTP, usado con el fin de transportar grandes volúmenes de datos, sino que ha sido concebido para transmitir mensajes de señalización cortos.

2.4.2 IPv6 [8]

IPv6 ha sido desarrollado por IETF como una versión de nueva generación del protocolo IP actual (IPv4). IPv6 ayudará a expandir las capacidades del Internet actual ya que tiene un amplio espacio de direccionamiento para cubrir una gran demanda de direcciones IP que se requieran en el futuro.

IMS permite la interoperabilidad con las redes IPv4, sin embargo, se ha definido desde su origen como una red idealmente basada sobre IPv6 para el transporte de la información y la identificación de entidades.

2.4.3 SDP – SESSION DESCRIPTION PROTOCOL [9]

SDP también es diseñado por IETF. Es un protocolo que permite representar parámetros de inicialización que permiten describir la sesión que se establece por medio de SIP. Mediante SDP, los extremos de una sesión IMS pueden indicar sus capacidades multimedia y definir el tipo de sesión que se desea mantener. Además, los extremos pueden decidir los flujos multimedia que compondrán la sesión (texto, audio, video, etc.) y qué *codecs* desean emplear para cada flujo. Mediante este intercambio de señalización se puede negociar la QoS, tanto en el establecimiento como durante la sesión en curso, si es necesario.

2.4.4 RTP y RTCP [10]

RTP – REAL-TIME TRANSPORT PROTOCOL

Es un protocolo de nivel de aplicación (no de nivel de transporte, como su nombre podría hacer pensar) utilizado para la transmisión de información en tiempo real, como por ejemplo audio y video en una videoconferencia. Sin embargo, RTP no está concebido para realizar reservas de recursos o controlar la calidad de servicio, ni garantiza la entrega del paquete en recepción. RTP permite:

- Identificar el tipo de información transportada.
- Adicionar marcadores temporales que indican el instante de emisión del paquete. De esta forma, la aplicación destino podrá sincronizar los flujos y medir los retardos y la fluctuación.
- Incluir números de secuencia a la información transportada para detectar la pérdida de paquetes y facilitar la entrega de los paquetes a su destino.

Se define también el SRTP (*Secure Real-time Transport Protocol*), que es una extensión del perfil de RTP para conferencias de audio y vídeo, que puede usarse opcionalmente para proporcionar confidencialidad, autenticación de mensajes y protección de reenvío para flujos de audio y vídeo.

RTCP – RTP CONTROL PROTOCOL

Es un protocolo de comunicación que proporciona información de control relacionada con un flujo de datos RTP asociado a una aplicación multimedia. Se usa habitualmente para transmitir paquetes de control a los participantes de una sesión multimedia e informar de la calidad de servicio proporcionada por RTP. Este protocolo recoge estadísticas de la conexión y también información como por ejemplo: *bytes* enviados, paquetes enviados, paquetes perdidos o *jitter* entre otros. Una aplicación puede usar esta información para incrementar la calidad de servicio, ya sea limitando el flujo o usando un *codec* de compresión más baja.

2.4.5 DIAMETER [2][3]

Es un protocolo de red que permite la Autenticación, Autorización y Control (AAA “*Authentication, Authorization and Accounting*”) para aplicaciones relacionadas con el acceso a la red y con la movilidad IP. El concepto básico es proporcionar un protocolo base que pueda ser extendido para proporcionar servicios AAA a nuevas tecnologías de acceso.

Principalmente se emplea como heredero de MAP (*Mobile Application Part*) para el diálogo con el nodo HSS (*Home Subscriber Server*) de IMS, el cual cumple funciones similares al nodo HLR (*Home Location Register*) de la red celular.

2.4.6 COPS – COMMON OPEN POLICY SERVICE [2][3]

El protocolo COPS sirve para el control de los recursos mediante el uso de políticas de asignación de los mismos en función de los objetivos marcados de calidad.

Este protocolo define una simple pregunta y respuesta para intercambiar información sobre las políticas entre el servidor y los clientes. Los clientes son indicados por puntos de acción de políticas (*PEPs*, “*Policy Enforcement Points*”) y los servidores por puntos de decisión de políticas (*PDPs*, “*Policy Decision Points*”), respectivamente.

2.4.7 RSVP – RESOURCE RESERVATION PROTOCOL [11]

RSVP permite reservar los canales o rutas en redes Internet para la transmisión de la información. Es un protocolo de nivel de red en la estructura de capas de Internet y OSI (*Open Systems Interconnection*).

RSVP provee un mecanismo para negociar con la red una calidad de servicio requerida a una conexión específica. Se utiliza cuando es conocido el ancho de banda requerido, el retardo y la probabilidad de pérdida que se puede tolerar. Además, se utiliza en protocolos de VoIP, emisión de programas de televisión y diversas aplicaciones sensibles a variaciones en el flujo.

2.4.8 MEGACO o H.248 [12]

MEGACO es un protocolo de control entre las entidades MGC y MGW que permite que el intercambio de transacciones entre ellas. Además, se relaciona con la conmutación de llamadas de voz, fax y multimedia entre la red PSTN y las redes IP. MEGACO proporciona también un control centralizado de las comunicaciones y servicios multimedia a través de redes basadas en IP.

2.5 ARQUITECTURA IMS

2.5.1 ARQUITECTURA GENERAL [2][3][4][5]

IMS posee una arquitectura horizontal con la cual será posible entregar servicios sobre redes móviles de alta velocidad y redes IP de banda ancha por medio de conmutación de

paquetes. Para los usuarios, esto significa la habilidad de acceder a múltiples servicios durante la misma llamada o sesión con aplicaciones multimedia. [13]

En la Figura 2.1 se puede observar la arquitectura general de redes y servicios IMS, la cual se explicará a continuación.

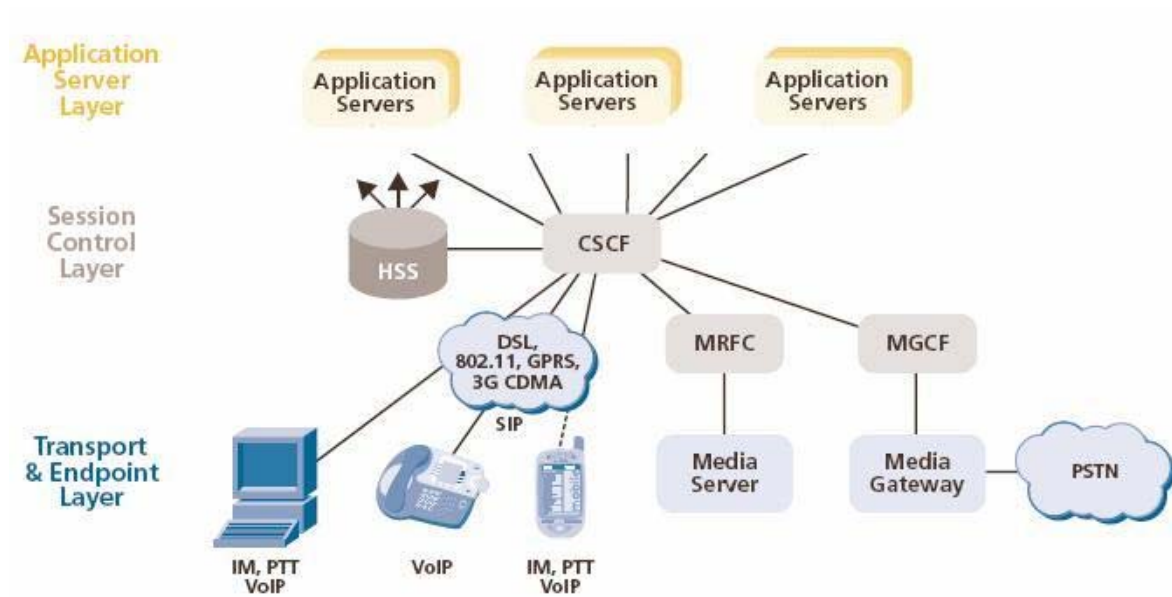


Figura 2.1. Arquitectura general IMS [14]

En la arquitectura IMS se identifican cuatro capas principales:

- La capa de ACCESO puede representar todo acceso de alta velocidad tal como: UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*), xDSL, WiFi, redes de cable, etc.
- La capa de TRANSPORTE representa una red IPv6. Esta red IP podrá integrar mecanismos de calidad de servicios con MPLS, *Diffserv*, RSVP, etc. Esta capa está compuesta de enrutadores o *routers* (*edge routers* para el acceso y *core routers* para el tránsito), conectados por una red de transmisión. Distintas pilas de transmisión pueden ser contempladas para la red IP: IP/ATM/SDH, IP/Ethernet, IP/SDH, etc.

- La capa de CONTROL consiste en nodos controladores de sesión responsables del enrutamiento de la señalización entre usuarios y de la invocación de los servicios. Estos nodos se reúnen en la entidad llamada CSCF (*Call State Control Function*). IMS introduce entonces un ámbito de control de sesiones sobre el campo de paquetes.
- La capa de APLICACIÓN introduce las aplicaciones y servicios de valor agregado ofrecidos a los usuarios. En esta capa se encuentran los servidores de aplicación AS (*Application Server*).

2.5.2 ARQUITECTURA DETALLADA [1][2][3]

En la Figura 2.2 se presenta la arquitectura detallada IMS en donde se relacionan las entidades más importantes, las cuales se describen a continuación:

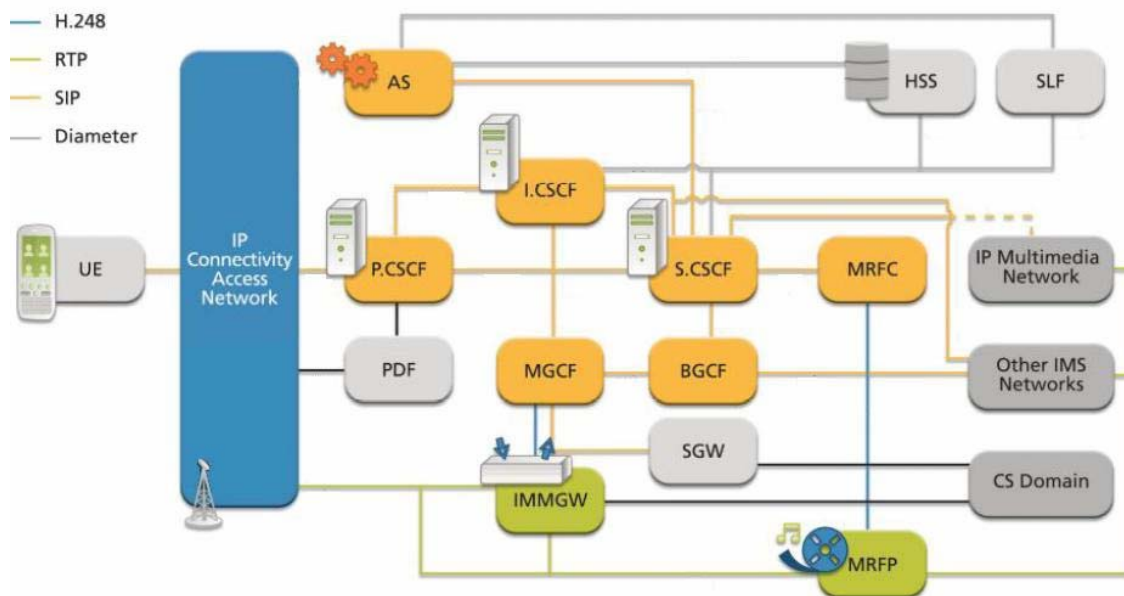


Figura 2.2. Arquitectura detallada IMS [15]

User Equipment (UE): Es el nombre que se le asigna a un terminal móvil o teléfono celular dentro del dominio IMS. [15]

Call Session Control Functions (CSCF): Es la entidad funcional clave en la arquitectura IMS. El control de llamada iniciado por un terminal IMS tiene que ser asumido en la red nominal (red a la cual el usuario suscribe sus servicios IMS) ya que el usuario puede estar suscrito a una gran cantidad de servicios y algunos de ellos pueden no estar disponibles o pueden funcionar de manera diferente en una red visitada, entre otros por problemas de interacción de servicios. Debido a lo anterior se definen tres diferentes clases de CSCF, el P-CSCF (*Proxy-CSCF*), el I-CSCF (*Interrogating-CSCF*) y el S-CSCF (*Serving-CSCF*), las cuales tienen sus propias características y funciones y juegan un papel importante durante el registro y el establecimiento de sesiones por medio del protocolo SIP. Dichas entidades se describen a continuación:

- **Proxy-CSCF (P-CSCF):** Es el primer punto de contacto en el dominio IMS. Esto significa que toda la señalización SIP de inicio de sesión que va desde el UE al dominio IMS será enviada al P-CSCF. Similarmente, toda la señalización SIP de terminación de sesión que va desde la red IMS al usuario es enviada desde el P-CSCF al UE. Su dirección es descubierta por el terminal durante la activación de un contexto PDP para el intercambio de mensajes de señalización SIP. Antes de poder utilizar los servicios del dominio IMS un usuario tiene que registrarse a la red. Bien sea que el usuario esté en su red nominal o en una red visitada, este procedimiento involucra un P-CSCF.

Las funciones de la entidad P-CSCF son:

- La compresión y descompresión de mensajes SIP.
- La Interacción con la entidad PDF (*Policy Decision Function*).
- El enrutamiento del método SIP REGISTER emitido por el terminal de usuario a la entidad I-CSCF.
- El enrutamiento de los métodos SIP emitidos por el terminal a un S-CSCF cuya identidad ha sido obtenida en la respuesta del proceso de registro.
- El envío de los métodos SIP o respuestas SIP al terminal.
- La implementación de funciones de protección de señalización y el control de recursos del subsistema de transporte.
- La generación de registros llamados CDRs (*Call Detailed Records*).

- **Interrogating-CSCF (I-CSCF):** Es una entidad intermedia que da soporte a la operación IMS. El I-CSCF ayuda a otras entidades a determinar el siguiente salto de los mensajes SIP y a establecer un camino para la señalización. Durante el registro, el P-CSCF se ayuda del I-CSCF para determinar el S-CSCF que ha de servir a cada usuario.

En situaciones de itinerancia, el I-CSCF es el punto de entrada conocido por la red IMS externa y permite indicar el siguiente salto a realizar para la señalización. Opcionalmente, el I-CSCF puede llevar a cabo funciones de ocultación de la topología de la red IMS ante redes externas.

Las funciones realizadas por la entidad I-CSCF incluyen:

- La asignación de un S-CSCF a un usuario durante el proceso de registro.
 - El enrutamiento de los métodos SIP recibidos desde otra red, a un S-CSCF.
 - La generación de registros CDRs.
- **Serving-CSCF (S-CSCF):** Es la entidad que asume el control de la sesión. A cada usuario registrado en IMS se le asigna un S-CSCF, el cual se encarga de enrutar las sesiones destinadas o iniciadas por el usuario. Mantiene un estado de sesión con el fin de poder invocar servicios, lo cual se realiza enviando la señalización necesaria a los servidores de aplicación. En la red de un operador, distintos S-CSCF pueden presentar funcionalidades distintas.

Las funciones realizadas por el S-CSCF durante una sesión incluyen:

- Aceptar, enrutar y terminar métodos SIP.
- Aplicar las políticas del operador de red y generar los registros de tarificación.
- Actualizar el HSS.
- Interactuar con los servidores de aplicación después de haber analizado los criterios de activación de los servicios correspondientes.
- La generación de registros CDRs.

Policy Decision Function (PDF): Es responsable de tomar decisiones basadas en información de sesión obtenida del P-CSCF. Su objetivo es controlar y monitorear el tráfico proveniente de una red de paquetes (GPRS o UMTS) a la red IMS para proporcionar distintos servicios IP con niveles de QoS diferentes. [16]

Multimedia Resource Function Processor (MRFP): Es el encargado de combinar flujos entrantes de información multimedia y su procesamiento para después proveerlos al MRFC cuando sea necesario.

Multimedia Resource Function Controller (MRFC): Se encarga de interpretar la señalización SIP proveniente de un S-CSCF o un AS. Además, utiliza el protocolo MEGACO/H.248 para enviar instrucciones de control a los recursos multimedia en el MRFP generando registros CDRs.

Home Subscriber Server (HSS): Esta entidad es la base principal de almacenamiento de los datos de los usuarios y de los servicios a los cuales están suscritos. La información almacenada está relacionada con las identidades del usuario, los datos de registro, las preferencias de los usuarios, los parámetros de acceso así como las informaciones que permiten la invocación de los servicios. La entidad HSS interactúa con las entidades de la red a través del protocolo DIAMETER.

Subscription Locator Function (SLF): Es utilizado por las entidades I-CSCF, S-CSCF y AS para buscar la dirección del HSS que contiene los datos y el perfil adecuado del suscriptor cuando existen múltiples HSSs en la red del operador. De esta manera, se puede llevar a cabo el proceso de configuración del registro y de la sesión.

Application Server (AS): Los ASs residen en la red local del usuario y son entidades que proveen servicios multimedia de valor agregado a los suscriptores de la red IMS. Tienen la capacidad de procesar una sesión SIP entrante proveniente del S-CSCF y también originar solicitudes SIP de regreso. Durante la ejecución del servicio, el AS puede comunicarse con el HSS para obtener información adicional acerca del suscriptor o ser notificado de cambios en el perfil del mismo.

Media Gateway Control Function (MGCF): Es una pasarela que se encarga de la interoperabilidad con las redes de circuitos. En concreto, implementa el plano de control, traduciendo la señalización IMS (SIP/SDP) a la señalización propia de la red de circuitos (SS7 o ISUP) y viceversa. Además, se encarga de enrutar las llamadas provenientes de la red de circuitos al CSCF apropiado. [17]

Breakout Gateway Control Function (BGCF): Interactúa principalmente con el S-CSCF, el MGCF y otros BGCFs en redes IMS externas. Selecciona el MGCF local adecuado u otro BGCF en otra red IMS. [15][16]

Signalling Gateway (SGW): Es usada para interconectar las redes basadas en conmutación de circuitos con la red IMS a nivel de transporte. Permite convertir la señalización proveniente basada en SS7 (*Signalling System No. 7*) en señalización basada en SCTP/IP y viceversa.

IP Multimedia-Media Gateway Function (IM-MGW): Se encarga proveer el enlace en el plano de usuario entre redes basadas en conmutación de circuitos y la red IMS. Transforma los flujos IP, tales como RTP, en flujos TDM. Además es capaz de proveer tonos y anuncios a los usuarios de las redes de conmutación de circuitos. La entidad IM-MGW es controlada por el MGCF. [15]

2.6 SERVICIOS IMS [2][3]

IMS permite ofrecer un conjunto de servicios que combinan sus propias características generando asociaciones que contribuyen a una experiencia de usuario avanzada. Los servicios IMS pueden implementarse, por ejemplo, en una sola aplicación de usuario final que hace un uso coordinado y simultáneo de la mensajería IP multimedia, de los servicios web, de las llamadas de voz sobre IP, de la difusión multimedia, de la descarga de contenidos, de los juegos en red y de cualquier otro servicio de Internet basado en TCP/IP. Las características de los servicios IP multimedia que IMS hace posible son las siguientes:

- La comunicación orientada a sesión de un usuario a otro(s) usuario(s), o de un usuario a un servicio.
- La comunicación en tiempo real o diferido.
- Las sesiones IP multimedia compuestas por flujos y contenidos multimedia diversos, con un nivel adecuado de calidad de servicio para vídeo, audio y sonido, texto, imagen, datos de aplicación, etc.
- La identificación de usuarios, servicios y nodos mediante URIs (*Universal Resource Identifiers*). Esto evita tener que manejar números de teléfonos imposibles de recordar, sino nombres al estilo de servicios Internet, como el correo electrónico.

A continuación se describen los principales servicios de IMS; Presencia, Mensajería, PoC (*Push to Talk Over Cellular*) y Conferencia, los cuales son ejecutados por los servidores de aplicación SIP (*SIP AS*).

2.6.1 PRESENCIA

La presencia es un perfil dinámico del usuario que es visible a otros y se usa para representarse a sí mismo, para compartir información y control de servicios. La presencia puede verse como el estado de usuario percibido por otros y los estados de los otros percibidos por el usuario. El estado puede contener tanto información personal como información del estado del dispositivo, situación o contexto, las capacidades del terminal, el método del contacto preferido así como los servicios que el usuario desea para comunicarse con otros, incluyendo voz, video, mensajería instantánea y juegos. El servicio de presencia muestra a la persona que comienza la comunicación si las otras personas están disponibles y dispuestas a comunicarse. La ventaja del servicio de presencia es que los usuarios pueden controlar su propia comunicación de una forma más eficaz.

Debido a que el servicio de presencia usa SIP, los usuarios pueden controlar su propia información específica y tomar decisiones de cómo se usa dicha información, lo cual incluye, quien puede y quien no puede tener acceso a los datos de suministrados por el servicio.

Una ventaja del servicio de presencia es que los operadores pueden extraer información de usuario relacionada con la ubicación y disponibilidad del terminal para utilizarla en otros servicios que necesiten de estos datos, como por ejemplo, en la mensajería instantánea. Otra ventaja del servicio es que ayuda a que el contacto entre un grupo de personas (familia, amigos, trabajo) sea más eficiente, creando la posibilidad de compartir información entre los miembros y comunicar datos relacionados con el estado de ánimo, la ubicación, estado de las reuniones, planes futuros, mensajes personales, etc.

2.6.2 MENSAJERÍA INSTANTÁNEA

En la actualidad existen muchas formas de servicios de mensajería, que en general, consiste en el envío de un mensaje de una entidad a otra. Los mensajes pueden tener muchas formas, incluyendo varios tipos de datos y pueden ser entregados a través de varios caminos.

Los tipos de mensajería instantánea en IMS son:

- **Mensajería instantánea modo beeper**

La mensajería modo beeper, o mensajería inmediata, usa métodos de mensajes SIP para enviar los mensajes entre los extremos en tiempo casi real. No existe un concepto de sesión como tal ya que cada mensaje inmediato es una transacción independiente y no está relacionado con los anteriores. Este tipo de mensajería permite que un usuario pueda enviar un solo mensaje a varios destinatarios usando la lista de extensión del servidor IMS.

- **Mensajería basada en sesión**

La mensajería basada en sesión, o session-based, esta relacionada a un paradigma familiar de mensajería que ya se usa en Internet, este es el IRC (*Internet Relay Chat*) [RFC2810]. En este modo de mensajería el usuario toma parte en una sesión en la cual el principal componente del medio consiste en cortos mensajes de texto. Como en cualquier otra sesión los mensajes tienen bien definido el origen, destino, tiempo de vida, entre otros.

Los mensajes basados en sesiones se pueden unir a un servicio de conferencia. Usando la funcionalidad del servicio de conferencia, la mensajería basada en sesiones puede convertirse alternativa para establecer una charla entre varias personas. En este modo de funcionamiento, la mensajería basada en sesiones puede habilitar aplicaciones para la transferencia de otro tipo de información diferente al texto.

2.6.3 PUSH TO TALK OVER CELLULAR (PoC)

PoC provee una comunicación de voz directa, uno a uno o uno a varios. En este servicio, los usuarios hacen una selección individual o una selección de un grupo con el cual ellos desean hablar, y presionan el botón PTT para iniciar la conversación. La sesión es conectada en tiempo real. En este tipo de comunicación un usuario presiona el botón PTT y los otros solo pueden escuchar. El turno para hablar se solicita al presionar el botón PPT y se otorga a quien lo presiona primero.

En este servicio, cada usuario que este transmitiendo, envía un paquete de datos al servidor de aplicación dedicado al servicio PoC y, en el caso de una sesión de grupo, el servidor reproduce el paquete de datos y lo envía a todos los destinatarios

PoC utiliza el acceso celular y los recursos radio de forma más eficiente que el servicio de voz existente basado en conmutación de circuitos. Los recursos de red son reservados en una única dirección durante la duración de los flujos de voz, en lugar de reservar dos vías

como es el caso de una conversación *full duplex*. El control de la sesión se basa en SIP y RTP/RTCP se encarga del tráfico de voz.

2.6.4 CONFERENCIA

Una conferencia es una conversación entre varios participantes. Este servicio no solo se limita al audio sino que integra el video y el texto, lo que se conoce como *chatting*. Este tipo de comunicación ha crecido rápidamente durante los últimos años y su popularidad se debe a la habilidad que tiene el servicio de conferencia de simular una reunión cara a cara entre los usuarios. Además permite la transferencia de archivos, el uso de imágenes para transmitir emociones, entre otras aplicaciones.

CAPÍTULO III

TELEFONÍA CELULAR EN COLOMBIA [2][18][19][20]

Hace unos 15 años en Colombia el uso de las comunicaciones inalámbricas era casi nulo. En la actualidad, es el sector de las telecomunicaciones con mayor crecimiento y adopción en el país. Se ha presentado un incremento de nuevos usuarios de telefonía móvil celular, en menos de 3 años creció de 10 millones a 29 millones de usuarios, ubicando a nuestro país entre los de más rápida adopción de esta tecnología en el mundo, sin embargo, es claro que falta mucho camino por recorrer para que este mercado esté maduro.

En este capítulo se realiza un análisis de los actuales sistemas móviles celulares en Colombia, teniendo en cuenta la situación de los operadores, las tecnologías utilizadas, las tendencias y los servicios prestados. A partir de lo anterior, se determina una arquitectura común y se analizan sus características y aspectos técnicos, haciendo énfasis en los elementos y procesos que permiten el acceso a los servicios de conmutación de paquetes y el intercambio de información con IMS.

Para que no exista ningún tipo de ambigüedad, es importante aclarar que al hacer referencia al acceso en este trabajo, no se realiza un estudio de la parte de acceso radio, la cual no se modifica, sino que se hace énfasis en el acceso de los usuarios a la red para poder determinar posteriormente las adaptaciones que serán necesarias para que se puedan soportar servicios IMS.

3.1 ESTADO ACTUAL DE LA TELEFONÍA CELULAR EN COLOMBIA [20][21][22][23]

A mediados del año 2006 la telefonía celular tuvo una penetración del 70% lo que significa que el país alcanzó alrededor de 29.1 millones de usuarios. Esto refleja la competencia de los operadores que ha sido desarrollada a través de promociones, nuevas y mejores tarifas y una fuerte estrategia de mercado que nace a partir de la llegada de inversionistas extranjeros que han originado el mejoramiento de las redes, la ampliación de la cobertura y la introducción al mercado de mejores equipos de usuario con características multimedia. En Colombia existen tres operadores de telefonía celular, COMCEL, MOVISTAR Y TIGO con soporte para servicios de voz y datos.

Sin embargo, en el país solo el 94 % de la facturación de los operadores proviene de las llamadas de voz, y el resto, de los servicios de datos (mensajería, navegación por Internet, descargas de música, fotos, etc.). Además, más del 87 por ciento de los usuarios de telefonía móvil en el país son clientes prepago quienes no invierten grandes cantidades de dinero en los servicios prestados por cada operador [24]. Actualmente, la cantidad de dinero que gasta cada usuario mensualmente en su celular es menor que en países vecinos como Venezuela o Panamá, lo cual se puede observar en la Figura 3.1.

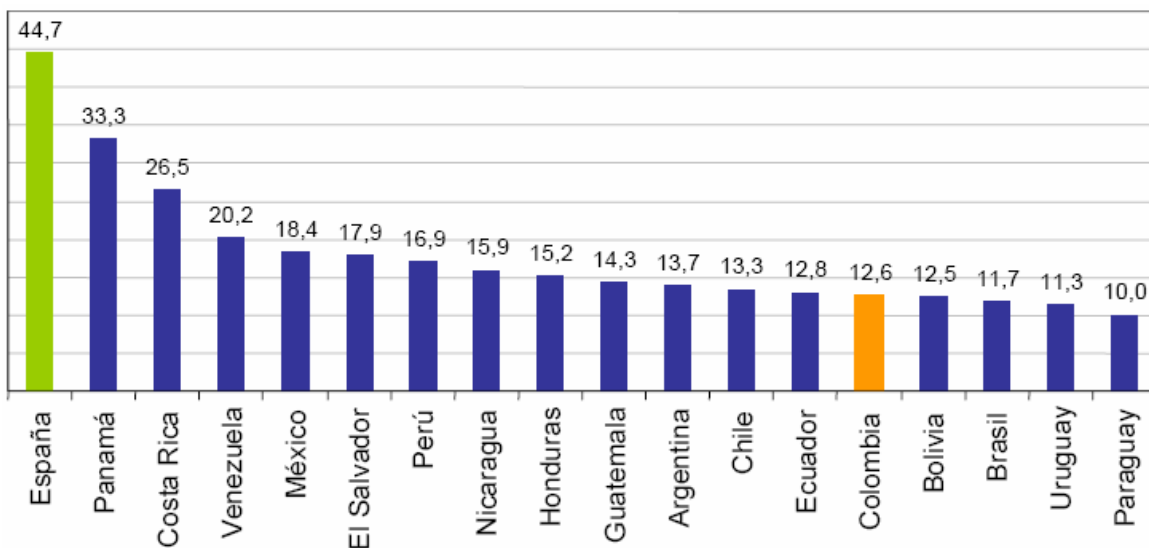


Figura 3.1. Dinero gastado por usuario en telefonía celular (En dólares) [25]

¿Esto que significa?, que los operadores celulares nacionales no han logrado motivar a los usuarios para que usen los servicios de datos. Sin embargo, la meta es clara y los operadores saben que el futuro está en la prestación de este tipo de servicios, los cuales deben ser atractivos a todo tipo de usuario y con tarifas asequibles. Otro aspecto importante es la gran demanda que se está presentando de parte de los usuarios promedio para adquirir dispositivos móviles con grandes capacidades para el procesamiento de datos y con características multimedia.

Retomando lo estudiado en el capítulo anterior, se puede ver que IMS brinda a un operador la posibilidad de prestar servicios IP multimedia sobre su red de conmutación de paquetes, pero con características de acceso específicas. A través de la adaptación de la capa de acceso se logrará utilizar la red de datos de los operadores actuales, ampliando el portafolio de servicios, mejorando los ingresos, generando necesidades en los usuarios relacionadas con el uso de servicios de datos, marcando la diferencia en la competencia y abriendo el camino hacia lo que va ser una red IMS completa. Para esto, es necesario analizar cada uno de los operadores para determinar cuales son las características de sus redes de conmutación de paquetes y establecer, de acuerdo a los requerimientos IMS, qué se debe adaptar, por qué y para qué.

Es importante tener en cuenta que una de las características de los operadores nacionales es que actualmente se basan en el *Release 99* y en el *Release 4* de 3GPP [26]. Algunos aspectos de estos *Releases* son: la implementación de la tecnología EDGE sobre la red GSM/GPRS, la configuración de aspectos de QoS (clases de tráfico, negociación de parámetros, etc.), la separación de la red de datos de la red de voz.

Los operadores de telefonía celular en el país son:

- **COMCEL:** Actualmente es propiedad, en su mayoría, del grupo mexicano América Móvil. COMCEL es la empresa con mayor número de suscriptores en Colombia, con casi 19 millones de usuarios. Llegó al país en el año 1994 e implanta en primera instancia una red GSM lo cual le ha permitido mejorar su red de forma progresiva. Posee en la actualidad una infraestructura GSM/GPRS/EDGE de Nokia.

- **MOVISTAR:** Es la división de telefonía móvil de Telefónica de España. Llega al país en octubre de 2004, después de adquirir las operaciones de BellSouth en 10 países de Latinoamérica. MOVISTAR recibe de BellSouth una red CDMA, lo que le implicó realizar la migración de toda la red hacia GSM/GPRS. En la actualidad MOVISTAR cuenta con 7.6 millones de usuarios y una infraestructura GSM/GPRS/EDGE de Nokia. Posiblemente piensa implementar UMTS para el próximo año [25].
- **TIGO:** Es el operador de telefonía celular más reciente en Colombia el cual está conformado por las empresas Millicom International de Luxemburgo, quien tiene el mayor número de acciones, y las empresas nacionales ETB de Bogotá y EPM de Medellín. Colombia Móvil desde el inicio de sus operaciones hasta el 1 de diciembre de 2006 utilizó la marca comercial OLA y a partir de esa fecha fue renombrado a TIGO. Cuenta con 2.7 millones de abonados y posee una infraestructura GSM Huawei – Ericsson y una infraestructura GPRS/EDGE Siemens. Actualmente se encuentra realizando procesos de ampliación de la cobertura, soporte NGN y adquisición de nuevos usuarios [25].

Por otro lado, los operadores nacionales prestan una gama de servicios de voz y datos similares. Los servicios básicos y avanzados se presentan a continuación:

- Servicios básicos:
 - Llamadas de Voz.
 - Llamada en espera.
 - Conferencia telefónica.
 - Transferencia de llamada.
 - Navegación por Internet.
 - SMS.
 - Chat.

- Servicios avanzados:
 - Internet inalámbrico.
 - Automatización ventas.
 - Seguimiento Vehicular.
 - Telemetría de procesos industriales.
 - Automatización de apuestas.
 - Alarmas y seguridad.
 - Soluciones de banca.
 - Seguimiento de paquetes.

Las tarifas específicas de cada uno de los servicios varían de acuerdo a sus características, a la cantidad de información transmitida y de acuerdo al plan que escoja cada usuario. Estos servicios se ofrecen a través de la infraestructura de red GSM/GPRS/EDGE de cada operador.

Se debe tener en cuenta que la información acerca de características técnicas detalladas de la infraestructura de cada operador es privada. Sin embargo, con la información que brinda cada portal web, mas datos obtenidos de una fuente confidencial, se logra confirmar que los operadores tienen como base para la prestación de servicios de datos una arquitectura con un núcleo de red GPRS. Por lo anterior, a continuación se nombran aspectos de GSM, GPRS y EDGE y se realiza un estudio de una arquitectura común GSM/GPRS en el que se explican las características, elementos técnicos y procedimientos, los cuales permitirán tener criterios para determinar de qué forma se puede realizar una adaptación que soporte una comunicación basada en sesiones IP multimedia.

3.2 TECNOLOGÍAS UTILIZADAS

3.2.1 GSM – GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS [18]

GSM fue creado como un sistema móvil celular de segunda generación basado en conmutación de circuitos, diseñado originalmente para voz pero al que posteriormente se

le adicionaron algunos servicios de datos: servicio de mensajes cortos (*SMS* – “*Short Message Service*”), un servicio de entrega de mensajes de texto de hasta 160 caracteres y un servicio de datos GSM, que permite una tasa de transferencia de 9.6 kbps. Ha sido estandarizado para operar sobre tres principales bandas de frecuencia; 900Mhz, 1800Mhz y 1900Mhz.

GSM introduce el concepto de la tarjeta SIM (*Subscriber Identity Module*), que es el elemento que contiene toda la información acerca de la suscripción del usuario con el operador de red y los parámetros de seguridad.

La evolución de GSM ha estado marcada por tres fases: La fase 1, en la que se produjeron sus especificaciones; la fase 2, en la que se propuso la inclusión de servicios de datos y de fax; y finalmente, la fase 2+, en la que se realizan mejoras sobre la codificación de voz y se implementan servicios de transmisión de datos avanzados, entre ellos GPRS y EDGE.

3.2.2 GPRS – GENERAL PACKET RADIO SERVICE [17][18]

GSM/GPRS es una arquitectura abierta sobre la cual pueden ser ofrecidos servicios IP. Las características básicas de GSM/GPRS son:

- Itinerancia (*roaming*) internacional.
- Soporte para la introducción de nuevos servicios.
- Coexistencia con sistemas existentes.
- Mejora en la calidad de transmisión.
- Posibilidad de utilización de métodos de codificación más eficientes.
- Seguridad de la información.
- El uso más eficiente de los recursos radio.
- Servicio “*always on*” o Siempre activo.
- La transmisión de paquetes de datos a velocidades entre los 9.6 y los 171 Kbps.

En la arquitectura de la red GSM/GPRS se pueden distinguir tres tipos de elementos: los que soportan exclusivamente a los servicios de conmutación de circuitos (CS – “*Circuit Switched*”): El MSC y el GMSC; los encargados de los servicios de conmutación de paquetes (PS – “*Packet Switched*”): El SGSN y el GGSN; y las bases de datos que son utilizadas para soportar los dos tipos de servicios (PS y CS): El VLR, el HLR, el EIR. Los anteriores elementos se definen a continuación:

Elementos que soportan conmutación de circuitos:

Mobile Switching Center (MSC): Es la entidad que configura, supervisa y libera las llamadas, además, se encarga de enrutar el tráfico de llamadas entrantes y salientes, de la asignación de canales de usuario en la interfaz entre el MSC y las BSC.

Gateway MSC (GMSC): Es el encargado de conectar y gestionar llamadas con otras redes, como por ejemplo, la PSTN (*Public Switched Telephone Network*), ISDN (*Integrated Service Digital Network*) o redes PDN (*Packet Data Network*). Además, es el punto hacia el cual se enruta un mensaje de terminación de llamada cuando no se tiene conocimiento de la ubicación de la estación móvil. Este componente tiene la responsabilidad del encaminamiento de la llamada al MSC correcto.

Bases de datos:

Visitor Location Register (VLR): Diseñado para ayudarle al HLR con su carga operacional. Guarda localmente la misma información que el HLR, cuando el abonado se encuentra en modo de itinerancia (*roaming*). Además, provee un almacenamiento local para todas las variables necesarias para establecer llamadas desde y hacia los suscriptores móviles en un área relacionada con el MSC.

Equipment Identity Register (EIR): Es la entidad lógica responsable del almacenamiento en la red de los IMEIs² (*Internacional Mobile Equipment Identities, o identidades de los equipos terminales*). A través del EIR resulta posible identificar aquellos usuarios autorizados.

Home Location Register (HLR): Es una base de datos que contiene, administra y gestiona la información de los abonados. Mantiene y actualiza la posición del móvil y la información de su perfil de servicio.

Elementos que soportan conmutación de paquetes:

GPRS Mobile Station (GPRS MS): Se requiere de nuevos terminales que sean capaces de manejar la interfaz de aire extendida y los paquetes de datos. Estos terminales deben ser compatibles con la red GSM para poder efectuar llamadas de voz.

GPRS Base Station Subsystem (GPRS BSS): En esta arquitectura el subsistema de estaciones base necesita dos nuevas unidades para el servicio GPRS con funciones específicas para soportar los servicios de paquetes de datos: La unidad de control del protocolo (*PCU – “Protocol Control Unit”*) y la unidad de control de canal (*CCU: “Channel Control Unit”*). La unidad de control del protocolo es responsable de la manipulación del acceso al canal, el reparto de los canales, el tratamiento de las retransmisiones y por la administración de los canales de radio. La unidad de control de canal es responsable por la codificación del canal, la corrección de errores, el intercalado y las medidas de radio.

GPRS Support Nodes (GSNs): La estructura convencional de GSM ha sido extendida con una nueva clase de nodos de red que permiten crear un modo de transferencia de conmutación de paquetes de extremo a extremo, los GSNs o nodos de soporte GPRS tienen la responsabilidad por la entrega y por el enrutamiento de los paquetes de datos entre el móvil y las redes de datos públicas externas, por lo tanto son las entidades GPRS que deben ser analizadas a fondo en el proceso de adaptación.

² El IMEI es un número único de identificación de los terminales móviles.

- **Serving GSN (SGSN):** Es responsable por la transferencia de paquetes desde/hacia los móviles en su área de servicio, esta tarea incluye el enrutamiento de los paquetes, su transferencia, la gestión de la movilidad y del enlace lógico y las funciones de autenticación y facturación. Al igual que en el GSM convencional, toda la información del usuario que se debe conocer en el nodo SGSN, se almacena en el registro GR (*GPRS Register*) que conceptualmente hace parte del registro HLR. El GR almacena el perfil del usuario, la dirección actual de SGSN y las direcciones PDP (*Packet Data Protocol*) para cada usuario GPRS en la PLMN (*Public Land Mobile Network*).
- **Gateway GSN (GGSN):** Actúa como interfaz lógica entre la red troncal GPRS y las redes externas. Convierte los paquetes GPRS provenientes del SGSN al formato PDP apropiado, en el otro sentido, las direcciones PDP de los paquetes de datos entrantes son convertidas a direcciones GSM de los destinatarios y luego los paquetes son enviados al correspondiente SGSN. Para este propósito, el GGSN almacena la dirección del nodo SGSN del usuario y su perfil, consultándolo en los registros del HLR. Uno o más GGSNs pueden ser provistos para soportar múltiples SGSNs.

Domain Name System (DNS): Es un componente adicional en la arquitectura GSM/GPRS. Es necesario debido a que en la mayoría de los casos, cuando un usuario desea tener acceso vía GPRS a una red externa, seleccionará un APN (*Access Point Name*) de una lista en el dispositivo móvil. Un sistema DNS (*Domain Name System*) se requiere para que el SGSN pueda interpretar el APN y de esta manera comunicarse con la dirección IP del GGSN correcto. [28]

Border Gateway (BG): Una BG es usada como pasarela hacia redes de otros operadores. La operación y configuración de esta entidad se basa en acuerdos entre los operadores. La BG es esencialmente un *router* IP y está generalmente implementado en la misma plataforma hardware del GGSN. [28]

3.2.3 EDGE – ENHANCED DATA RATES FOR GLOBAL EVOLUTION [29]

EDGE es una tecnología de acceso basada en la multiplexación por división de tiempo. Ha permitido la adaptación en la interfaz radio de la red GSM/GPRS modificando el BSS y el dispositivo de usuario. EDGE no tiene efectos negativos sobre las aplicaciones e interfaces existentes basadas en acceso por conmutación de circuitos y conmutación de paquetes, debido a que se localizan en el MSC y en los SGSN. Con EDGE se logra mejorar las prestaciones y la efectividad de aplicaciones y servicios de datos, permitiendo la introducción de la banda ancha al mundo móvil. Algunas características adicionales de EDGE son:

- Usa técnicas de modulación de frecuencia diferentes a las que se aplican en GSM/GPRS, ya que sustituye la modulación GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*) de GSM/GPRS por la modulación 8PSK (*8 Phase Shift Keying*). Debido a lo anterior, se puede llegar a triplicar las tasas de transferencia de GPRS, con un promedio para el enlace de subida de 118Kbps y de 236 Kbps para el enlace de bajada. [30]
- Es necesario el desarrollo de terminales y transmisores/receptores de estaciones base que tengan el soporte para la modulación EDGE. Además, deberán cumplir con las características del espectro GSM.
- Utiliza de nuevos protocolos de comunicación por radio.

Un aspecto que se puede destacar es que la introducción de EDGE no involucra grandes cambios sobre la red principal debido a que las entidades GPRS son más o menos independientes de las velocidades de bit de usuario. En la Figura 3.3 se observa el impacto de EDGE sobre la arquitectura de red GSM/GPRS.

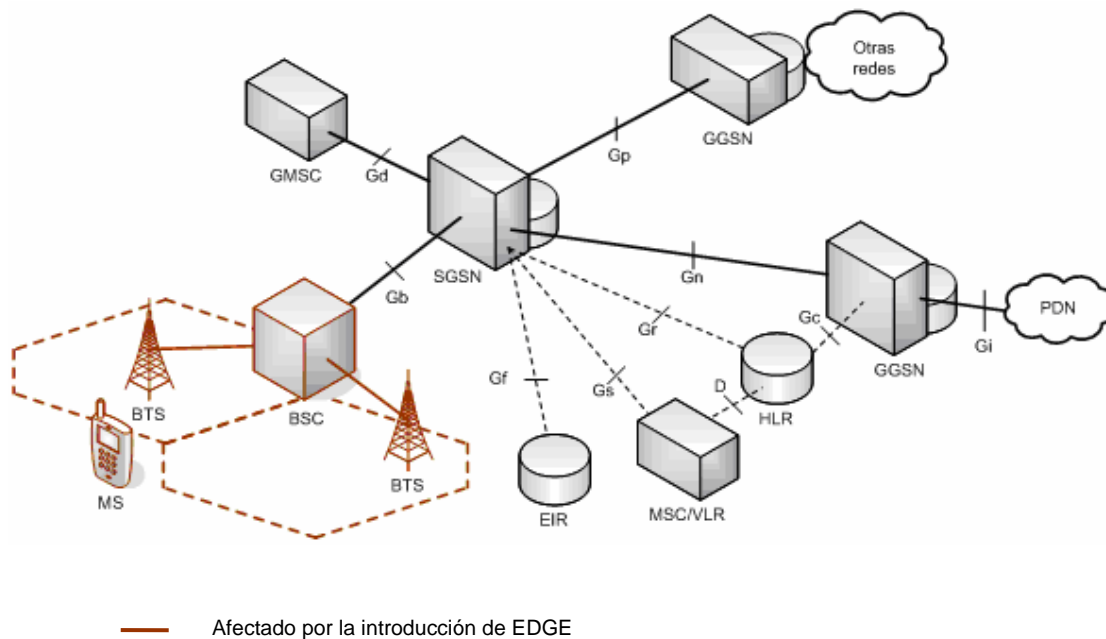


Figura 3.3. Red GSM/GPRS/EDGE [27]

En la figura se ve claramente como los elementos de la red GSM/GPRS encargados de la conmutación de paquetes no sufren modificaciones, por lo tanto, el análisis necesario para la adaptación de la capa de acceso de la red celular nacional que permita un soporte para IMS se basará sobre los elementos GPRS.

De esta forma, los elementos que serán analizados para realizar la adaptación de la red de acceso celular nacional son los nodos GPRS (SGSN y GGSN), ya que estos son los encargados del soporte para la transmisión IP y comunicación con redes IP externas. Además, se debe tener en cuenta que el terminal móvil debe proveer al usuario de una interfaz adecuada y unas características técnicas que permitan la prestación de los servicios IP multimedia.

3.3 PROCEDIMIENTOS DE ACCESO A LOS SERVICIOS DE DATOS [19]

Es importante ver como se realizan los procedimientos necesarios que le van a permitir al terminal móvil tener acceso a los servicios de datos proporcionados por la red celular e intercambiar información con las redes basadas en conmutación de paquetes, como Internet e IMS. Dichos procedimientos son:

3.3.1 EL PROCEDIMIENTO *ATTACH* [28]

Antes de que un terminal de usuario pueda empezar una sesión IP o cualquier otra sesión de datos basada en conmutación de paquetes en la red GPRS, se debe realizar el procedimiento de registro, el cual es formalmente referido como el procedimiento *ATTACH*. Durante este procedimiento, la estación móvil le informa al SGSN más cercano que desea tener acceso a la red GPRS teniendo en cuenta sus características y capacidades. En respuesta, el SGSN autentica al terminal, recupera la suscripción de datos que reside en el HLR y verifica si está autorizado para tener acceso a la red GPRS desde su área de cobertura actual. Si ninguna de las verificaciones falla, el SGSN acepta la solicitud de *ATTACH* del terminal y éste retorna un mensaje de aceptación. Después de eso, el SGSN contactado se convierte en el SGSN servidor de aquel terminal en particular. El procedimiento *ATTACH* con características de *roaming* se puede observar en la Figura 3.4 y se detalla a continuación:

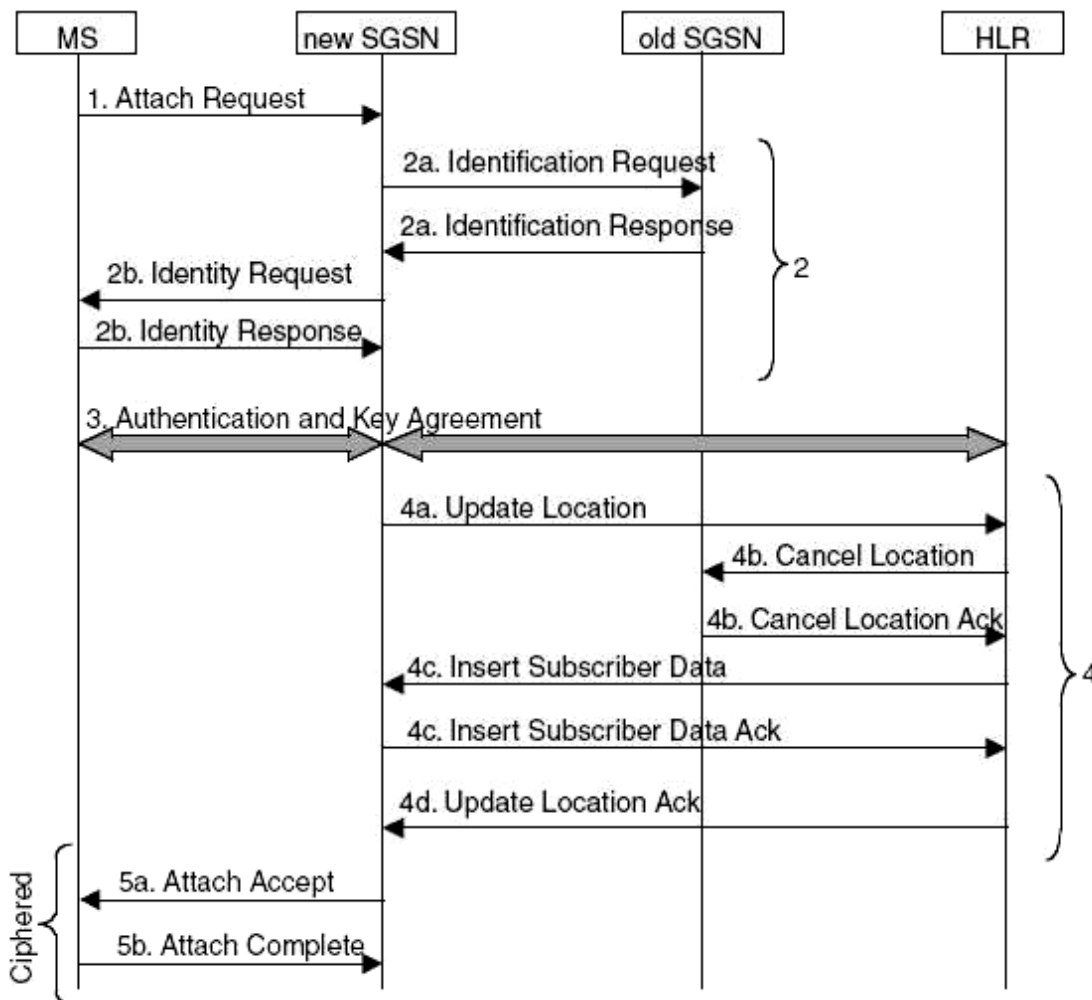


Figura 3.4. Procedimiento ATTACH con características de *roaming* [28]

- El procedimiento inicia cuando el terminal envía un mensaje de solicitud de *ATTACH* al SGSN del área de cobertura actual (nombrado como *new SGSN*). En el mensaje de solicitud de *ATTACH*, el terminal incluye un identificador temporal que reside en su memoria no volátil llamado P-TMSI (*Packet Temporary Mobile Station Identity*), el cual ha sido asignado previamente por el SGSN del área de cobertura anterior (nombrado como *old SGSN*). El uso de un identificador temporal en lugar de un identificador permanente, como el IMSI (*International Mobile Station Identity*) contenido en la tarjeta SIM, proporciona la identidad de usuario de forma confidencial. La red GPRS asigna un nuevo valor de P-TMSI al terminal cuando sea apropiado. Por otro lado, la solicitud de *ATTACH* también incluye la identidad del área de cobertura donde el P-TMSI fue

asignado, así como la información relacionada con las capacidades del terminal en cuanto a las bandas de frecuencia soportadas, capacidades de cifrado, entre otras.

- Después, el *new SGSN* intenta adquirir la identidad permanente del terminal, es decir, su IMSI. Si el P-TMSI incluido en el mensaje de solicitud de *ATTACH* se ha asignado previamente por el *new SGSN*, entonces dicho SGSN también conoce el IMSI del MS. Sin embargo, en este caso de *roaming*, se asume que el P-TMSI ha sido asignado previamente por el *old SGSN*. Por consiguiente, el *new SGSN* obtiene la dirección del *old SGSN* con la ayuda del parámetro RAI (*Routing Area Identity*) incluida en la solicitud de *ATTACH*, y contacta al *old SGSN* para solicitarle el valor del IMSI el cual se encuentra cifrado en el P-TMSI informado por el terminal.
- Posteriormente se ejecuta el procedimiento AKA (*Authentication and Key Agreement*), Durante este procedimiento, el *new SGSN* contacta al HLR y le envía el IMSI del usuario para solicitarle los datos de la autenticación requeridos para registrar al terminal. Típicamente, después del procedimiento AKA, el cifrado se habilita sobre la interfaz radio, y por consiguiente, los nuevos mensajes transmitidos sobre esta interfaz estarán cifrados.
- Después del procedimiento AKA, el *new SGSN* intenta actualizar la base de datos del HLR con la nueva ubicación del MS. Para este propósito, envía un mensaje *UPDATE LOCATION* al HLR el cual contiene su propia dirección IP y el valor IMSI del terminal. Como consecuencia, el HLR envía un mensaje *CANCEL LOCATION* para informar al *old SGSN* que ya puede proporcionar cualquier información almacenada relacionada con el terminal. Típicamente, cuando el *old SGSN* recibe este mensaje, libera el P-TMSI previamente asignado para el terminal, elimina cualquier otra información almacenada relacionada con el terminal y responde con un mensaje *CANCEL LOCATION ACK*. A continuación, el HLR le envía al *new SGSN* los datos de suscripción GPRS del terminal. En este punto, el *new SGSN* puede realizar varias inspecciones; por ejemplo, puede verificar si el terminal posee características de *roaming* en su área de cobertura actual. Después de un proceso de actualización

exitoso el HLR le retorna al *new SGSN* un mensaje *UPDATE LOCATION ACK* como respuesta al mensaje *UPDATE LOCATION* inicial.

- Por último, el *new SGSN* envía un mensaje *ATTACH ACCEPT* al terminal para indicarle que el registro que le permite tener acceso a los servicios GPRS se ha realizado con éxito. Típicamente, con el mensaje *ATTACH ACCEPT*, el *new SGSN* asigna un nuevo valor P-TMSI al terminal. En el paso final, el MS responde con un mensaje *ATTACH COMPLETE*, con el cual se reconoce la recepción correcta del nuevo valor P-TMSI. Se debe tener en cuenta que los mensajes *ATTACH ACCEPT* y *ATTACH COMPLETE* transmitidos son típicamente cifrados; por consiguiente, el nuevo valor P-TMSI no puede ser descubierto.

3.3.2 ESTABLECIMIENTO DEL CONTEXTO PDP [27][31]

Después de realizar un procedimiento ATTACH exitoso el usuario se registra en la red GPRS, sin embargo, no posee todavía una dirección IP que le permita intercambiar datos con una red IP externa. El usuario puede solamente enviar y recibir mensajes cortos usando la red GPRS. Por consiguiente, es necesario el establecimiento de un contexto PDP antes de realizar cualquier otro tipo de transferencia de datos.

La activación del contexto PDP involucra tanto al SGSN como también al GGSN, y permite fijar un perfil de QoS que dependerá de la negociación de los atributos *Precedence class*, *Delay class*, *Reliability class*, *Peak Throughput class* y *Mean Throughput class*. El establecimiento de un contexto PDP es lo que permite que un usuario pueda tener acceso a redes de conmutación de paquetes, como Internet e IMS.

La Figura 3.5 representa el establecimiento del contexto PDP el cual se explica a continuación.

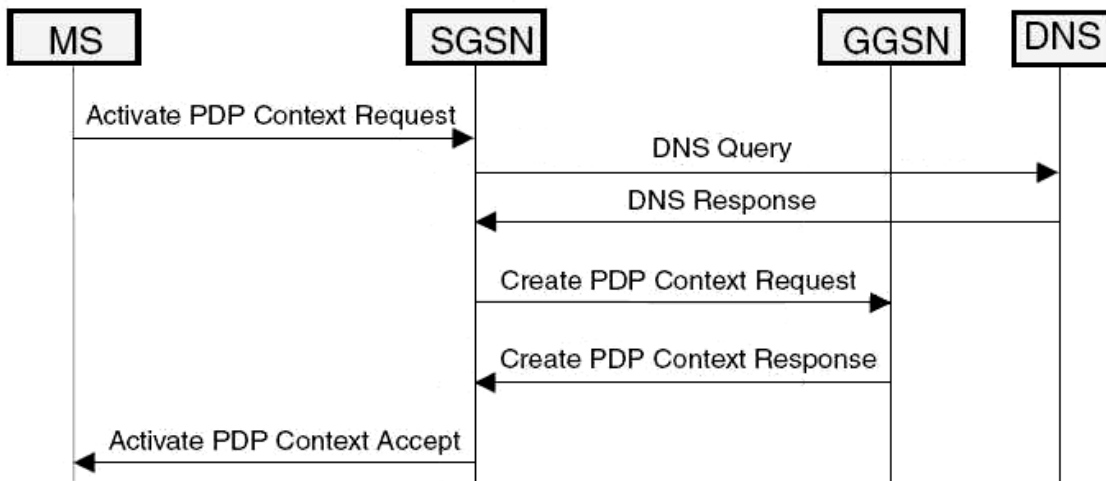


Figura 3.5. Establecimiento del contexto PDP [19]

- Cuando el terminal desea establecer un contexto PDP, envía un mensaje de señalización específico (*ACTIVATE PDP CONTEXT REQUEST*) a su SGSN, el cual se estableció previamente en el proceso de *ATTACH*.
- El SGSN inicia un mensaje *DNS QUERY* el cual es enviado a un servidor DNS dentro de la red GPRS para determinar el nodo GGSN que tiene acceso a un APN. El DNS está configurado para asignar uno o más nodos. Basado en el APN, el GGSN asignado puede tener acceso a la red IP externa requerida.
- Posteriormente, el SGSN envía un mensaje *CREATE PDP CONTEXT REQUEST* al GGSN. Este mensaje contiene la información de autenticación, el APN y los atributos de calidad de servicio. A su vez, el GGSN le envía al SGSN un mensaje *CREATE PDP CONTEXT RESPONSE* el cual contiene la dirección IP asignada al terminal. Por último, el SGSN envía un mensaje de respuesta *ACTIVATE PDP CONTEXT ACCEPT* hacia el terminal.

CAPÍTULO IV

DEFINICIÓN DE LA PROPUESTA DE ADAPTACIÓN DE LA CAPA DE ACCESO DE LA RED CELULAR NACIONAL HACIA UN ENTORNO NGN MULTIMEDIA

Después de haber analizado y estudiado todos los elementos técnicos, operacionales y funcionales de IMS y de la arquitectura general GSM/GPRS de los operadores de telefonía móvil en el país, se pueden determinar los pasos para llegar a una adaptación que permita la prestación de servicios IP multimedia.

En este capítulo se analizan los requerimientos de acceso a IMS relacionados con la red celular, a partir de ellos se determinan los puntos críticos que se presentan para realizar la adaptación de la capa de acceso de la red celular hacia IMS. Esta adaptación se realiza a través del planteamiento de etapas en las cuales se definirán los criterios técnicos necesarios para llevar a cabo distintos procedimientos relacionados con IMS. Al final, se tendrá una propuesta de adaptación de la red celular GSM/GPRS que permitirá que un usuario pueda tener acceso a IMS.

4.1 REQUISITOS NECESARIOS PARA TENER ACCESO A IMS [3]

Existen ciertas características, condiciones y requisitos principales que permitirán que exista un ambiente propicio para que un usuario puedan interactuar con la red IMS y de esta forma lograr tener acceso a servicios multimedia basados en IP. Los requisitos están relacionados con la existencia de una red de acceso IP-CAN (*IP-Connectivity Access Network*), la obtención de una dirección IP, la localización de un P-CSCF y el establecimiento del registro en IMS. A continuación se realiza una relación de los requisitos IMS con respecto a la red celular:

- **Existencia de una red IP-CAN:** En caso de la red móvil celular, la IP-CAN es la red de datos GPRS. Esta se encarga de proporcionar el transporte de datos y señalización, lo cual permite un brindar un soporte para el acceso de usuarios a servicios basados en conmutación de paquetes por medio de terminales con características multimedia.
- **Obtención de una dirección IP:** Este requisito se cumple en la red celular al realizar la activación de un contexto PDP, lo cual se estudió anteriormente y en el que están relacionados las entidades SGSN y GGSN de GPRS. En dicha activación, una dirección IPv4 se asigna al terminal de usuario para que pueda intercambiar información con redes IP externas, como lo es IMS.
- **Localización de un P-CSCF:** A través del contexto PDP IPv4 activado se puede lograr la localización de un P-CSCF IPv6 que encargado de atender al terminal de usuario. El contexto PDP también permitirá fijar algunos parámetros de calidad de servicio. Este procedimiento será el inicio para el intercambio de diferentes flujos de información entre el terminal de usuario en el dominio GPRS y el dominio IMS.
- **Establecimiento del registro en IMS:** El cumplimiento de este requisito permitirá autenticar al usuario y establecer las asociaciones de seguridad. Se debe tener en cuenta que el registro en IMS es independiente del registro con la red IP-CAN. Sin embargo, para llevar a cabo el registro en IMS se deberán utilizar las claves y parámetros generados en los procedimientos de seguridad propios de la red celular.

4.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DE LA RED CELULAR PARA ACCEDER A IMS

A partir de los requisitos analizados en el punto anterior se determinan los puntos críticos relacionados con el acceso a IMS a través de la red celular. Es importante tener en cuenta que dependiendo de las características puntuales de cada uno de los elementos dentro de una arquitectura GPRS se pueden presentar variaciones en los criterios de adaptación. Estos puntos críticos y criterios se definen basados en una generalización de la red

GSM/GPRS y asumiendo las condiciones menos favorables de sus elementos para realizar la adaptación.

4.2.1 TERMINAL DE USUARIO [3][32]

Es el primer punto crítico relacionado con el acceso, ya que es el elemento que permite el ingreso a la red. El equipo de usuario debe tener el soporte técnico adecuado para que los servicios ofrecidos por el operador puedan ejecutarse adecuadamente.

Muchos de los actuales equipos de usuario poseen características que les permiten intercambiar información, establecer una sesión de datos, y de esta manera tener acceso a servicios multimedia basados en conmutación de paquetes, tales como la navegación por Internet, la descarga de archivos, el servicio de MMS (*Multimedia Message Service*), entre otros. Además, como se observó en el Capítulo III, existe una tendencia marcada de parte de los usuarios promedio en hacer el recambio de su teléfono móvil actual por dispositivos con mejores características y capacidades.

Algunas de las características más importantes de los terminales actuales con capacidades multimedia se citan a continuación [33]:

- Capacidad para recibir datos en paquetes por medio de GPRS/EDGE.
- Tasas de transferencia máximas de 144kbps en GPRS y 384kbps en EDGE.
- Reproductor multimedia (Audio, imágenes y video)
- Soporte de servicios como SMS, EMS y MMS.
- Navegación por Internet.
- Gran capacidad para el almacenamiento de información.
- Cámara fotográfica y de video.
- Sincronización con el PC.
- Conectividad WAP, Bluetooth e infrarrojo.
- Pantallas de mayor tamaño y resolución.
- Soporte de aplicaciones JAVA.

A continuación, se presenta la Figura 4.1 en la cual se puede observar la arquitectura en bloques de un terminal actual, la cual servirá como referencia para establecer la adaptación que se debe realizar para que un terminal pueda tener acceso a IMS. Los bloques principales son TE y MT, donde TE (*Terminal Equipment*) es la plataforma abierta del terminal que es capaz de cargar software externo de usuario, y el MT (*Mobile Terminated*) es la parte cerrada del terminal que incluye el soporte a la tarjeta SIM, contiene el *firmware*³ específico de la red 3GPP y termina todos los protocolos cerrados de la red móvil.

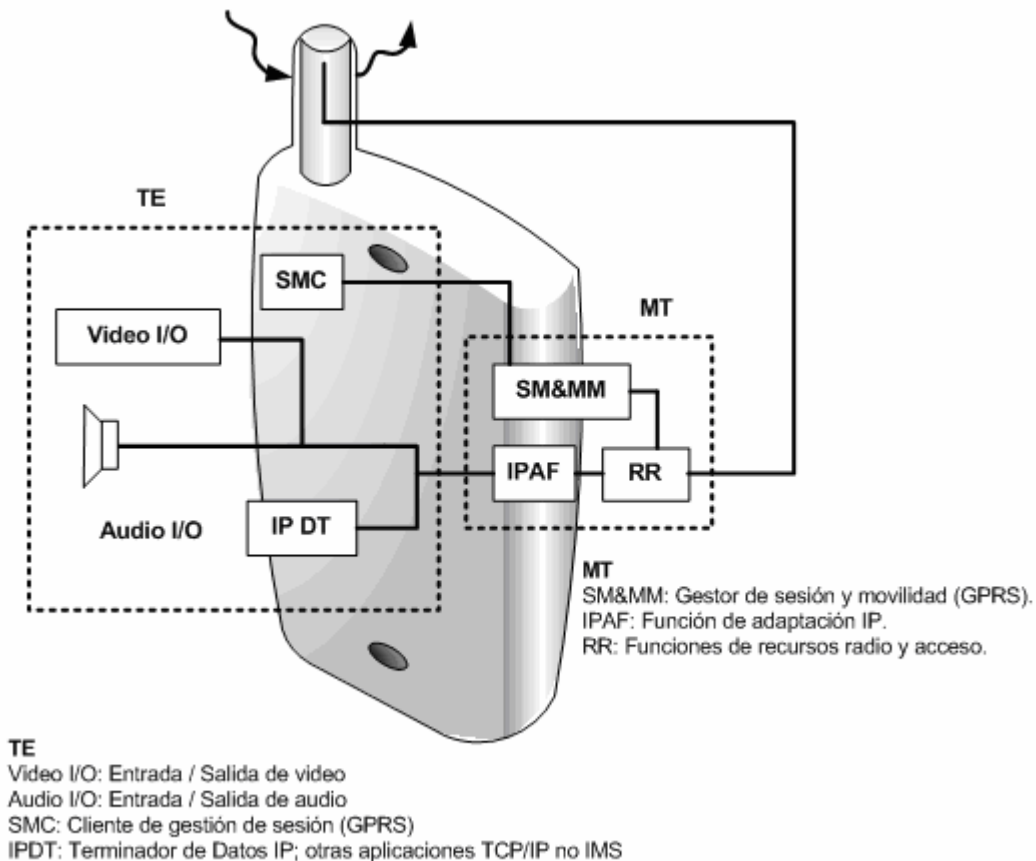


Figura 4.1. Arquitectura actual de un terminal de usuario [32]

³ *Firmware* es un bloque de instrucciones para propósitos específicos que establece la lógica que controla los circuitos electrónicos de un dispositivo. Al estar integrado en el dispositivo es en parte hardware, pero también es software, ya que proporciona lógica en algún tipo de lenguaje de programación.

Como se puede observar, los equipos de usuario actuales han evolucionado poco a poco hacia equipos de usuario multimedia. Sin embargo, se evidencia que estos dispositivos no tienen las capacidades para acceder de forma ideal a IMS e iniciar el intercambio necesario de información, debido a que no existe un soporte para la señalización SIP/SDP ni para las aplicaciones propias de IMS.

4.2.2 INTEROPERABILIDAD ENTRE IPv4 E IPv6 [3][34][35]

En el Capítulo II se muestra que IPv6 es el protocolo de Internet utilizado por IMS. Por lo tanto, las entidades IMS tienen identificadores y soporte IPv6. Este punto crítico radica en que las entidades GPRS encargadas de la comunicación de datos tienen identificadores y soporte IPv4. Debido a esto, es necesario que existan medidas de interoperabilidad entre ambos dominios IP para que se puedan llevar a cabo los procedimientos necesarios para el acceso a IMS, como el establecimiento de contextos PDP entre ambos dominios, la localización del P-CSCF y el registro de un usuario a la red, y de esta forma lograr el inicio de una sesión IMS. La Figura 4.2 representa la necesidad de la interoperabilidad IPv4/IPv6 entre el dominio GPRS y el dominio IMS.

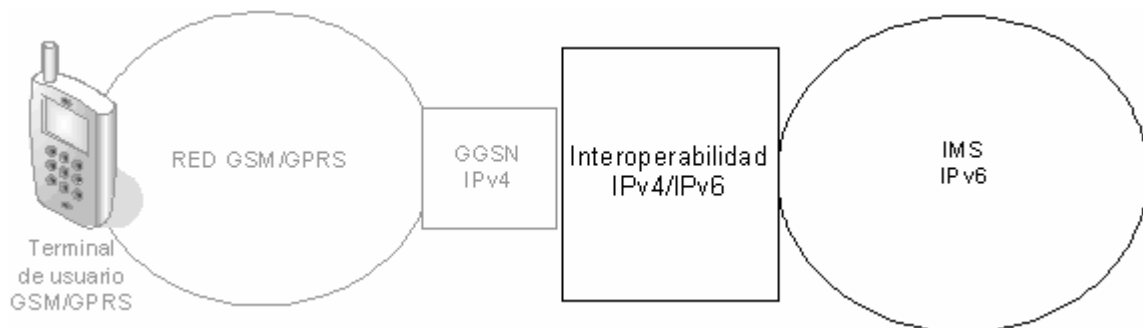


Figura 4.2. Interoperabilidad IPv4/IPv6

4.2.3 ACTIVACIÓN DE CONTEXTOS PDP [3][36][37]

Para tener acceso a IMS el terminal deberá activar varios contextos PDP para lograr el transporte de la señalización IMS, la negociación de parámetros y perfiles de QoS según el tipo de tráfico, el establecimiento de la sesión y el intercambio de flujos de información multimedia.

El perfil de QoS que se puede fijar por medio de la activación de un contexto PDP dependerá de la negociación de atributos, tales como, *Precedence class*, *Delay class*, *Reliability class*, *Peak Throughput class* y *Mean Throughput class*.

Se debe recordar que la activación de un contexto PDP IPv4 en la red celular se estudió en el capítulo anterior. Sin embargo, existe un punto crítico relacionado con el acceso a IMS ya que, al contrario de UMTS, en GPRS no está permitida la activación de contextos PDP secundarios (*Activate Secondary PDP Context*) que son necesarios para dar soporte a las sesiones IMS que incluyen varios flujos multimedia. Además, las especificaciones de GPRS no consideran procedimientos de modificación de contextos PDP iniciados en el terminal, y por lo tanto, el terminal no podrá cambiar el perfil de QoS de un contexto PDP activo. Entonces, se debe buscar un mecanismo que permita activar contextos PDP en la red GPRS teniendo en cuenta la interoperabilidad IPv4/IPv6 y el establecimiento de diferentes perfiles de calidad de servicio para lograr un adecuado transporte de los flujos de señalización y datos y así tener un acceso a IMS exitoso a través de la red celular [36].

4.2.4 ASPECTOS DE SEGURIDAD [3][38][39][40][41]

En IMS la seguridad es un aspecto muy importante ya que permite el registro de un usuario a la red y proporciona un nivel de seguridad adecuado para la sesión. El procedimiento de autenticación en IMS es llamado IMS AKA (*IMS Authentication and Key Agreement*) el cual se puede observar en la Figura 4.3.

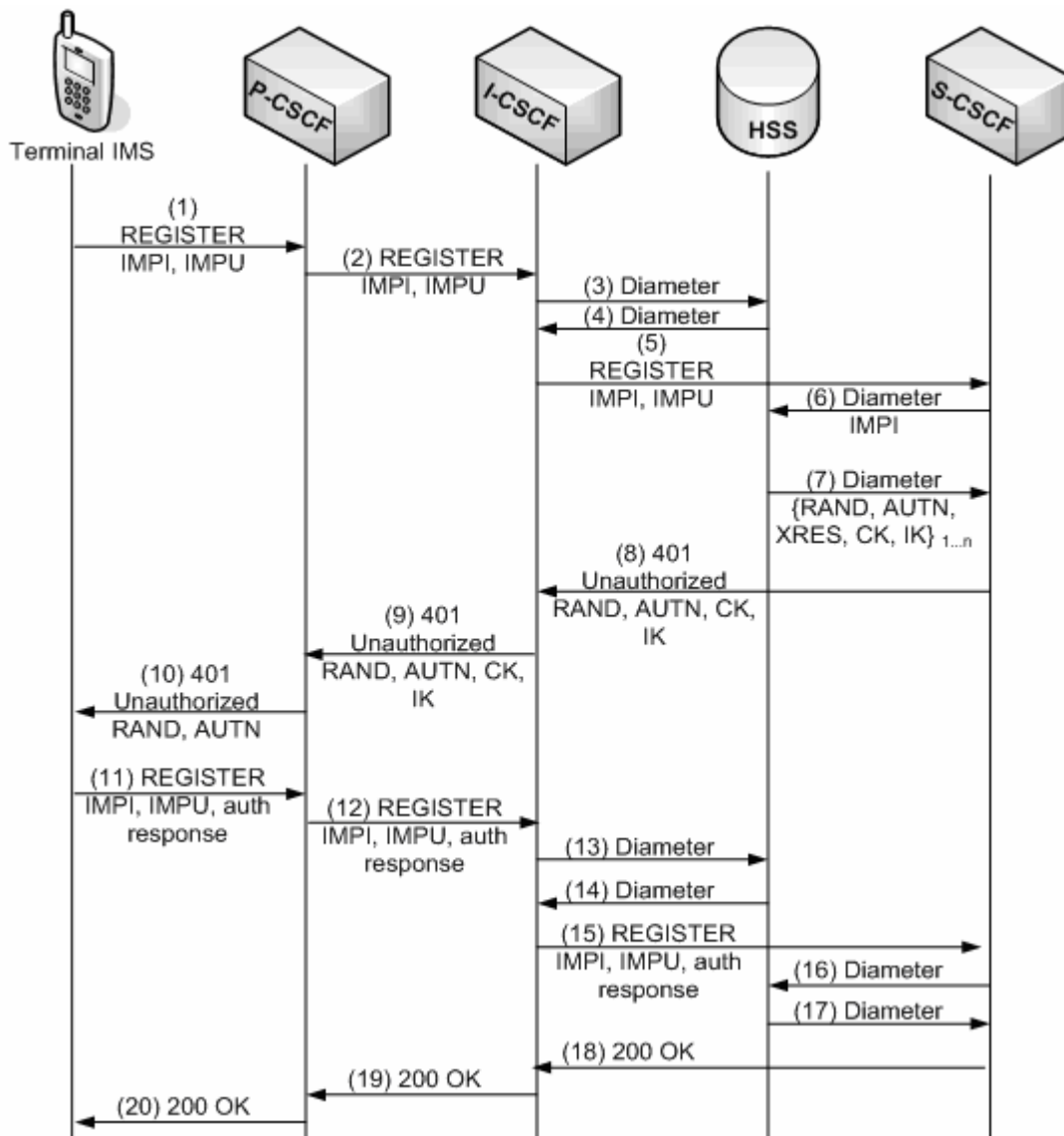


Figura 4.3. Procedimiento IMS AKA [38]

Para el caso de la red celular, se realiza el procedimiento GSM AKA (*GSM Authentication and Key Agreement*) el cual es utilizado para autenticar a un usuario en la red. Este procedimiento es llevado a cabo por la tarjeta SIM del terminal por medio de claves y parámetros y se puede observar en la Figura 4.4.

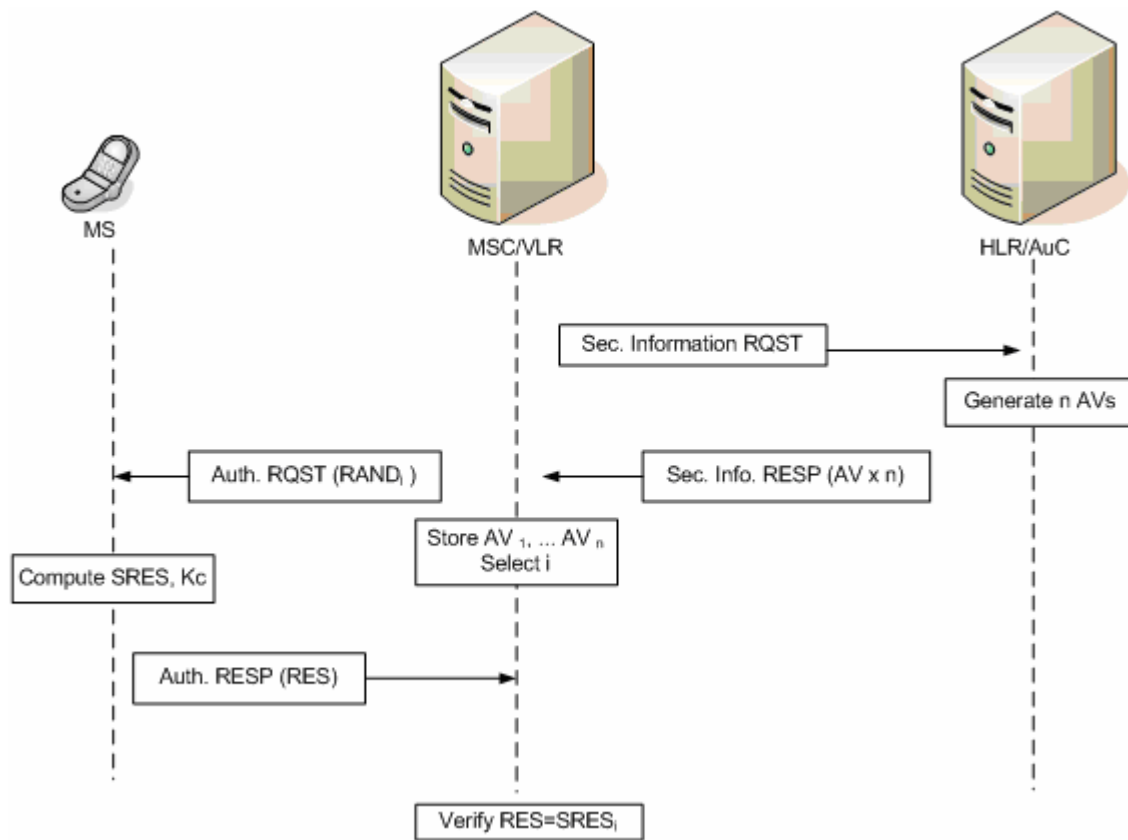


Figura 4.4. Procedimiento GSM AKA [42]

Al realizar el análisis de los dos procedimientos, se puede decir que GSM AKA, aunque similar en filosofía, tiene diferencias y carencias notables con respecto al procedimiento IMS AKA, las cuales se describen a continuación:

- Con GSM AKA, el usuario se autentica ante la red, es decir, en un solo sentido. Con IMS AKA, la autenticación es mutua.
- Para iniciar el procedimiento IMS AKA son necesarios parámetros que se obtienen a partir de la ISIM (*IP Multimedia Services Identity Module*) los cuales son: IMPI (*IP Multimedia Private Identity*), IMPU (*IP Multimedia Public Identity*) y un nombre de red. En GSM AKA los parámetros necesarios se obtienen de la tarjeta SIM.

- El resultado de GSM AKA es la obtención de una única clave de cifrado Kc. Con IMS AKA, el resultado es una clave de integridad IK y una clave de cifrado CK.
- Las claves son de diferente longitud. La clave Kc de GSM AKA es de 64 bits, mientras que las claves IK y CK de IMS AKA son de 128 bits.
- El vector de autenticación GSM AKA que el HLR/AuC genera no caduca, por lo tanto, no se garantiza que se actualice y puede ser utilizado un número indefinido de veces. El vector de autenticación de IMS AKA sólo se puede utilizar para una sola autenticación y tienen un periodo de validez limitado.

En resumen, GSM AKA proporciona un nivel de seguridad inferior al conseguido con IMS AKA.

A pesar de que el nivel de seguridad de GPRS es bueno, ya que se ofrecen servicios con altos requerimientos de seguridad como el de banca móvil, existe un punto crítico ya que la red celular no provee el nivel necesario de seguridad según los requerimientos ideales para que el acceso a IMS se lleve a cabo. Un punto importante es que los terminales actuales no poseen una ISIM necesaria para iniciar IMS AKA, sino que cuentan con tarjetas SIM, que a pesar de sus características de seguridad, no cumplen con los requerimientos óptimos para realizar el registro en IMS. Sin embargo, es posible realizar una adaptación de los mecanismos de seguridad de la red GSM/GPRS a los mecanismos de seguridad de IMS para lograr que un usuario se pueda registrar y de esta manera logre iniciar una sesión multimedia e intercambiar información de forma segura.

4.3 PROPUESTA DE ADAPTACIÓN DE LA CAPA DE ACCESO DE LA RED CELULAR NACIONAL HACIA UN ENTORNO NGN MULTIMEDIA

Luego de analizar cada uno de los puntos críticos, se plantea un proceso gradual a través de etapas para realizar la adaptación de la capa de acceso de la red celular.

Esto es importante ya que solo en un caso ideal, un operador contará con los recursos económicos para realizar la adaptación en una sola etapa o hacer una transición total de la red y proveer nuevos servicios de forma simultánea, sin embargo, en la mayoría de los casos, el operador no cuenta con el capital suficiente para realizar la adaptación de forma inmediata y mucho menos una transición.

La adaptación que se plantea evitará incurrir en costos innecesarios, aprovechando la infraestructura existente. Además la adaptación que se realiza no modifica la interfaz radio y no genera inconvenientes para la prestación de los servicios que ya se ofrecen con los sistemas GSM/GPRS/EDGE existentes.

A continuación se definen las etapas del proceso de adaptación, en las cuales se definirán los criterios técnicos que permitirán el acceso a IMS y a los servicios IP multimedia a través de la red celular nacional.

4.3.1 ETAPA 1 – INTEROPERABILIDAD IPv4/IPv6

Para dar soporte a la interoperabilidad entre IPv4 e IPv6 se ha dividido el problema en dos planos:

- a. Plano de control: Señalización IMS SIP/SDP.
- b. Plano de usuario: Flujos de medios IP.

Para ambos planos, la Figura 4.5 da una visión de la interoperabilidad entre los dos dominios cuyos mecanismos necesarios para conectar a IMS IPv6 con terminales de usuario IPv4 se describen a continuación:

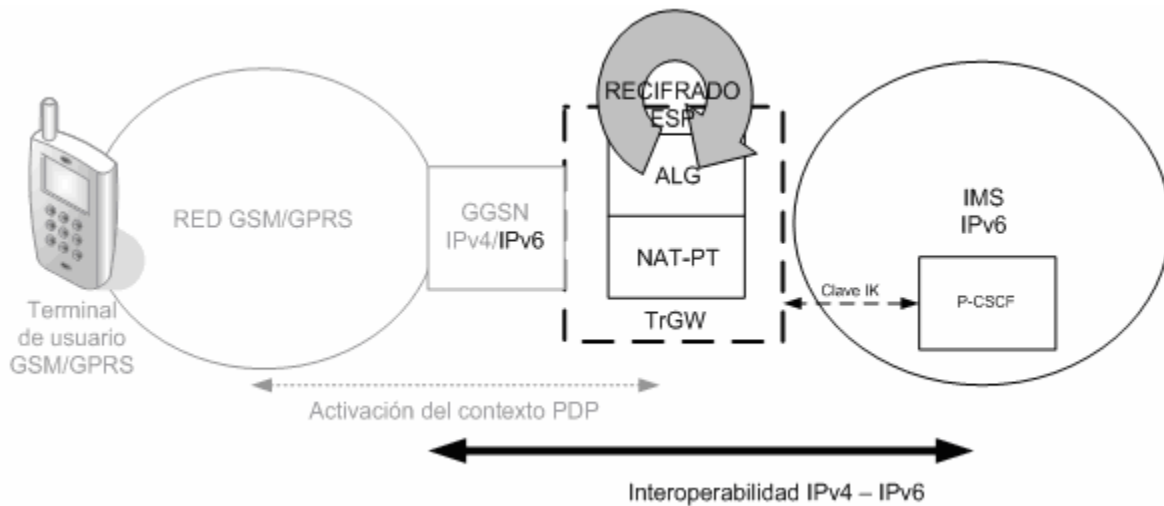


Figura 4.5. Etapa 1 – Interoperabilidad IPv4/IPv6

El bloque marcado con la línea punteada en la figura es la entidad *Transition Gateway* (TrGW), que será la encargada de realizar las funciones de interoperabilidad entre ambos dominios IP. El TrGW contendrá los siguientes módulos:

- NAT-PT (*Network Address Translation - Protocol Translation*): Realizará las funciones de traducción de direcciones IPv4 a IPv6 y viceversa a nivel de red, haciendo que los paquetes sean equivalentes semánticamente.
 - Traducción de direcciones de red IPv6 a IPv4: Para traducir direcciones IPv6 a direcciones IPv4, el NAT-PT dispondrá de un *pool* de direcciones⁴ IPv4 que puede asignar a una dirección IPv6 y almacenará el mapeo de las direcciones traducidas.
 - Traducción de direcciones de red IPv4 a IPv6: El NAT-PT comprobará si tiene alguna asociación mapeada previamente y si no, convertirá la dirección IPv4 a su dirección IPv6 equivalente (por ejemplo, la dirección IPv4 origen del terminal es 183.10.12.1, pasará a ser PREFIJO/96:183.10.12.1 en IPv6). “PREFIJO/96” es una cadena de 96 bits que el dispositivo NAT-PT emplea para la conversión automática IPv4 a IPv6. Se recomienda que este PREFIJO/96 se componga a

⁴ Rango o lista de direcciones.

partir del prefijo de red IPv6 asignado al operador, de forma que las direcciones IPv6 resultantes de la conversión automática sean globalmente enrutables.

- ALG-SIP/SDP (*Application Layer Gateway SIP/SDP*): Realizará la función de traducción a nivel de aplicación para la señalización IMS SIP y SDP. Las direcciones IP incluidas en los mensajes SIP y SDP a nivel de aplicación serán introducidas por el ALG de un dominio a otro. Por ello, el ALG deberá tener una interfaz con el mapeado de direcciones del NAT-PT para conocer qué direcciones IPv4 están asignadas a qué direcciones IPv6:
 - Para traducir direcciones IPv4 a direcciones IPv6: El ALG accede a las direcciones mapeadas del NAT-PT para realizar la traducción y será el ALG el que las sustituya en los mensajes SIP y SDP. Si hay alguna que no esté mapeada, el ALG cambiará las direcciones IPv4 por su equivalente en dirección IPv6 en los mensajes SIP y SDP y el NAT-PT almacenará esta nueva asociación.
 - Para traducir direcciones IPv6 a direcciones IPv4: El ALG accede a las direcciones mapeadas del NAT-PT para realizar la traducción. Si hay alguna que no esté mapeada, el NAT-PT será el que le asigne una dirección IPv4 de su *pool* de direcciones a esa dirección IPv6 en ese momento y almacene las nuevas asociaciones para futuras consultas. El ALG será el que las sustituya en los mensajes SIP y SDP.
- Aplicaciones intermedias para mantenimiento de protección de integridad ESP⁵ (*Encapsulating Security Payload*).

Ya presentadas las medidas de interoperabilidad necesarias, se expone para cada plano de estudio, los procesos necesarios para que el UE IPv4 de GPRS pueda acceder a IMS IPv6 y poder cursar sesiones IP multimedia con otros usuarios.

⁵ Es un protocolo de IPsec (IP Security) que se encarga del cifrado de la información para asegurar flujos de paquetes de datos e intercambiar claves y que provee autenticación, confidencialidad e integridad del mensaje.

PLANO DE CONTROL

En el plano de control se deben tener en cuenta los siguientes procesos:

Establecimiento de contexto PDP de señalización IMS con IPv4

El UE activará un contexto PDP para señalización IMS contra un APN “IMS IPv4” el cual debe ser configurado por el operador con un perfil de QoS adecuado para que sea tratado de forma preferente en la red de tráfico de señalización. Esto se puede realizar fijando el parámetro de QoS *Precedence Class* a 1 (alta prioridad).

Localización de P-CSCF / Entrada a IMS

Una vez que el terminal tenga activado un contexto PDP para el transporte de señalización IMS sobre GPRS, debe localizar el P-CSCF IPv6 que le va a servir. Para ello, se usan los servidores DHCPv4⁶ (*Dynamic Host Configuration Protocol – Version 4*) y DNSv4⁷ (*Domain Name System – Version 4*).

El terminal IPv4 hará una petición DHCPv4 para obtener las direcciones IPv4 del servidor DNSv4 y los nombres FQDN⁸ (*Fully Qualified Domain Name*) de los P-CSCFs. A continuación, ya conociendo los FQDNs se realizará una petición al servidor DNS obtenido para conseguir las direcciones IPv4 de los P-CSCFs.

Hay que recordar que el P-CSCF será una entidad IPv6, por lo que el DNSv4 debe tener direcciones IPv4 equivalentes que correspondan a las direcciones IPv6 de los P-CSCFs. En otras palabras, se deberá configurar el DNSv4 con las direcciones IPv4 equivalentes de los P-CSCFs IPv6.

⁶ Servidor que asigna direcciones IP en la red.

⁷ Servidor que se utiliza para proveer un nombre equivalente a las direcciones IP asignadas.

⁸ Es un nombre que incluye el nombre de la entidad y el nombre de dominio asociado. Por ejemplo, dada la entidad llamada *serv1* y el nombre de dominio *bar.com*, el FQDN será *serv1.bar.com*.

Flujo de señalización SIP/SDP entre ambos dominios

Cuando el terminal ha localizado la dirección IPv4 equivalente del P-CSCF IPv6 que le va a atender, deberá enrutar toda la señalización IMS hacia dicho P-CSCF a través del GGSN de la red GPRS. Para lo anterior, se deberán utilizar los mecanismos de interoperabilidad de la entidad TrGW ubicada entre el GGSN y el P-CSCF para que se realice la traducción de direcciones IPv4 a IPv6 y viceversa a nivel de red y a nivel de aplicación en los flujos de señalización enrutados hacia el P-CSCF o hacia el terminal de usuario.

Registro IMS – Interacciones de seguridad

Los flujos de señalización IMS hacia el P-CSCF o hacia el terminal atraviesan el TrGW. El TrGW ubicado entre ambos dominios modifica el *payload* del datagrama⁹ IP (esto al realizar la traducción de direcciones IP a nivel de aplicación), de esta forma se rompe la integridad extremo a extremo.

Es por eso que se debe realizar la protección de integridad ESP para el transporte de la señalización entre el usuario y el P-CSCF y viceversa. Para lo anterior el TrGW deberá compartir con el P-CSCF una clave (IK) que utiliza para realizar el firmado y comprobación de integridad. El TrGW, para cada datagrama IP dirigido al P-CSCF, realiza la traducción del protocolo IP y de las direcciones IP y a continuación ejecuta la firma de autenticación del *payload* del datagrama IP empleando la clave de seguridad IK. Posteriormente el P-CSCF realizará la comprobación de la integridad usando la clave que le ha sido compartida. De igual manera se lleva a cabo la comprobación de integridad en sentido contrario. De esta forma, se realiza la protección de los datagramas en los dos tramos: entre el terminal de usuario y el TrGW; y entre el TrGW y el P-CSCF.

Ya asegurada la integridad en ambos sentidos se puede continuar con la ejecución del procedimiento IMS AKA, en donde el usuario es autenticado en IMS por medio del intercambio de información relacionada con claves y parámetros de seguridad.

⁹ Hace referencia a los datos a transmitir.

QoS – Control de recursos de transporte

En IMS, el mecanismo SBLP (*Service Based Local Policy*) de la entidad PDF (*Policy Decision Function*), definido en el *Release 5*, autorizaría al GGSN a activar los recursos solo en los márgenes tolerados y permitiría la modificación del perfil de calidad de servicio de un contexto PDP activo. Sin embargo, GPRS no soporta SBLP, por lo cual el plano de control de IMS no podrá controlar de forma dinámica los recursos que se activan en GPRS. La única forma de implementar control de QoS en GPRS es por medio de la aplicación de políticas propias, a través de un establecimiento correcto de los contextos PDP.

PLANO DE USUARIO

- En cuanto a este plano, el tráfico de usuario atravesará el modulo NAT-PT que está incluido en el TrGW y que se ha utilizado para el plano de control IMS. Se recomienda el direccionamiento privado para los equipos de usuario IPv4 debido a la escasez del número de direcciones públicas disponibles IPv4. Sin embargo, para el tráfico *peer-to-peer*, es necesario que las direcciones IP que se utilicen sean globalmente enrutables, lo cual se puede lograr con los mecanismos propios del NAT-PT vistos anteriormente, en donde se asocia dinámicamente direcciones IPv6 únicas a direcciones IPv4 privadas y por otro lado, a las direcciones IPv6 de nodos IMS se les asocia una dirección IPv4 del *pool* de direcciones del NAT-PT lo cual podría realizarse por medio de un direccionamiento IPv4 privado.

Con el cumplimiento de esta etapa, un usuario de la red celular podrá establecer una comunicación e intercambiar información con redes externas basadas en IPv6. Además, por medio de los mecanismos de interoperabilidad IPv4/IPv6 presentados anteriormente se podrán realizar los procedimientos relacionados con el registro, fijación de parámetros de calidad de servicio y seguridad los cuales son necesarios para tener acceso a IMS.

4.3.2 ETAPA 2 – ACTIVACIÓN DE CONTEXTOS PDP

En esta etapa se debe recordar que GPRS no permite la activación de contextos PDP secundarios, es decir, no se permite la activación de contextos PDP iguales. Además, tampoco se permite la modificación de contextos PDP activos, lo cual quiere decir que no se puede modificar el perfil de QoS del contexto. Sin embargo, se pueden activar contextos PDP sucesivos, los cuales deben ser diferentes entre sí. La activación de contextos PDP sucesivos para el transporte de los flujos de señalización SIP/SDP y de datos dependerá de la funcionalidad del GGSN.

Las opciones son las siguientes:

a. Activación de contextos PDP sucesivos con la misma dirección IP y diferente perfil de QoS.

El terminal activará tantos contextos PDP como se indiquen en el plano de control IMS, pero teniendo en cuenta que deben tener diferente QoS. En esta opción, el operador deberá configurar el P-CSCF para que al aprobar los recursos negociados a nivel SIP/SDP para un determinado número de flujos que se vayan a transportar, los atributos de QoS de un nuevo contexto PDP no coincidan con los atributos de QoS de otros contextos ya activados asociados a la misma dirección IP (es decir, al mismo identificador de usuario).

Un ejemplo de esta opción sería el establecimiento de una sesión IMS que soporte una aplicación de videoconferencia y una aplicación de transferencia de un archivo entre usuarios. En este caso, se podría activar un contexto PDP para el transporte de la videoconferencia y otro contexto PDP con la misma dirección IP para la transferencia del archivo, ya que los requisitos QoS de la videoconferencia y la transferencia de archivos son distintos. Por lo tanto, el perfil de QoS sería diferente para cada contexto PDP con la misma dirección IP, porque el atributo *Delay Class* sería diferente.

La Figura 4.6 muestra una visión de esta opción, donde la señalización IMS se transporta sobre un contexto PDP y dos flujos IP, uno de audio y otro de una descarga de un archivo, se transportan sobre contextos PDP diferentes, con la misma dirección IP y diferentes perfiles de QoS.

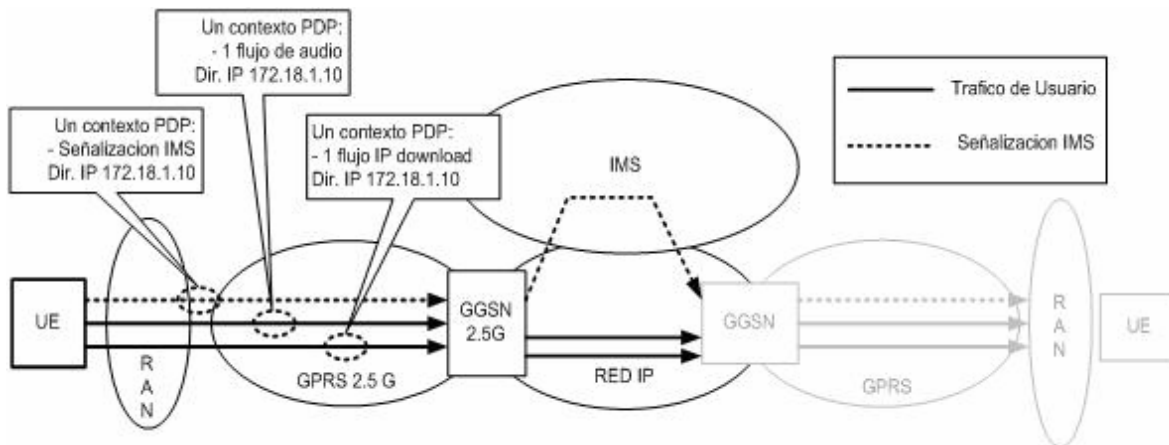


Figura 4.6. Varios contextos PDP para diferentes tráficos y misma dirección IP; diferente QoS

b. Activación de contextos PDP sucesivos con diferente dirección IP.

El terminal activará tantos contextos PDP secundarios con diferentes direcciones IP como flujos a transportar apruebe el plano de control IMS. Para ello, el terminal debe ser *multihomed*, es decir, debe presentar diferentes interfaces de red para poder activar diferentes contextos PDP con diferentes direcciones IP. En concreto, debe presentar tantas interfaces de red como contextos PDP sucesivos se deban activar simultáneamente. En esta solución no es necesario que el P-CSCF haga diferente el perfil de QoS autorizado para cada nuevo contexto, ya que como los contextos PDP tienen direcciones IP diferentes, son independientes, y si se desea, pueden tener el mismo perfil de QoS.

La Figura 4.7 muestra una visión de esta opción, en donde la señalización IMS se transporta sobre un contexto PDP y dos flujos IP, uno de audio y otro de una descarga de un archivo, se transportan sobre contextos PDP diferentes, con diferente dirección IP.

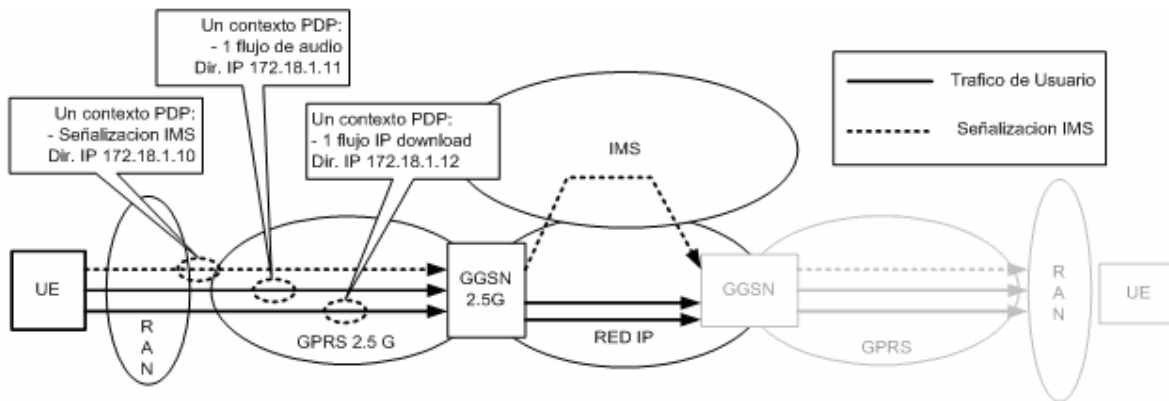


Figura 4.7. Varios contextos PDP con diferente dirección IP para diferentes tráficos

Sin embargo, esta opción tiene varias desventajas:

- No todos los terminales poseen *multihoming*.
- Deberá existir un gran número de interfaces de red configuradas para poder activar tantos contextos PDP con diferentes direcciones IP como se requieran. Por lo anterior, el operador tendría que limitar el número de contextos PDP que un usuario pueda activar para poner un límite en el número máximo de interfaces de red que deberán soportar los terminales *multihomed*.
- Si el terminal tiene más de una dirección IPv4 para activar los diferentes contextos PDP y así tener acceso a IMS IPv6, se generaría una carga muy grande de gestión y mantenimiento para el operador relacionada con la interoperabilidad IPv4/IPv6, ya que estarían relacionadas varias direcciones IP por usuario.

- El terminal *multihomed* con sus diferentes interfaces de red activará todos los contextos PDP posibles. Sin embargo, puede ocurrir que para la sesión no utilice todos los contextos PDP activados sino un número determinado de ellos, lo cual sería poco eficiente. Por otro lado, puede ocurrir que se deba activar un número de contextos PDP mayor al número de interfaces de red del terminal y se necesite transportar un nuevo flujo de información, para lo cual, se tendría que desactivar uno de los contextos activos y así liberar una interfaz para poder transportar el nuevo flujo.

Teniendo en cuenta las anteriores opciones analizadas, la mejor de ellas y la que disminuye la complejidad a la hora de tener acceso a IMS con terminales actuales sería la **Opción a.**, en la que el GGSN permite activar contextos PDP sucesivos con la misma dirección IP pero diferente perfil de QoS. Esta opción tiene las siguientes características:

- Permite la implementación en todo tipo de terminales (no necesitan ser *multihomed*).
- Se debe configurar el P-CSCF para que modifique el perfil de QoS negociado de un nuevo contexto PDP en caso que fuera igual al de uno ya activado y así poder tener diferentes perfiles de QoS en contextos PDP con la misma dirección IP.
- Representa una solución sencilla y eficiente, ya que los contextos PDP para el transporte de tráfico de usuario se establecen bajo demanda en el momento del establecimiento de sesión y con el perfil de QoS estrictamente necesario.
- Si se activan contextos sucesivos con la misma dirección IP, es necesario que el GGSN analice el tráfico de bajada hacia el terminal y separe los flujos IP en los diferentes contextos PDP activados, de forma que cada flujo IP se transporte en el contexto PDP adecuado según el perfil de QoS de cada uno. En este caso, puede ser que el GGSN soporte lo que en *Release 5* se conoce como TFTs (*Traffic Flow Template*); filtros que se instalan en el GGSN tras la activación de contextos PDP y que discriminan los flujos IP de acuerdo al puerto de origen, puerto destino, dirección origen y/o dirección destino y de esta forma se enruten hacia el terminal a través del

contexto PDP adecuado. Sin embargo, no todos los GGSN soportan TFTs, así que será necesario implementar el filtrado de flujos IP para su correcto enrutamiento. Esto está directamente relacionado con las características de los GGSNs que utilicen los operadores, por lo tanto, se asume la situación más crítica que implica la implementación de filtros.

Gracias al cumplimiento de la etapa 1 y 2, la red GPRS permitirá activar contextos PDP con la misma dirección IPv4 (asociada al terminal de usuario) pero con diferentes perfiles de calidad de servicio, y de esta manera se podrán transportar distintos tipos de tráfico según lo requiera el control de la sesión IMS IPv6.

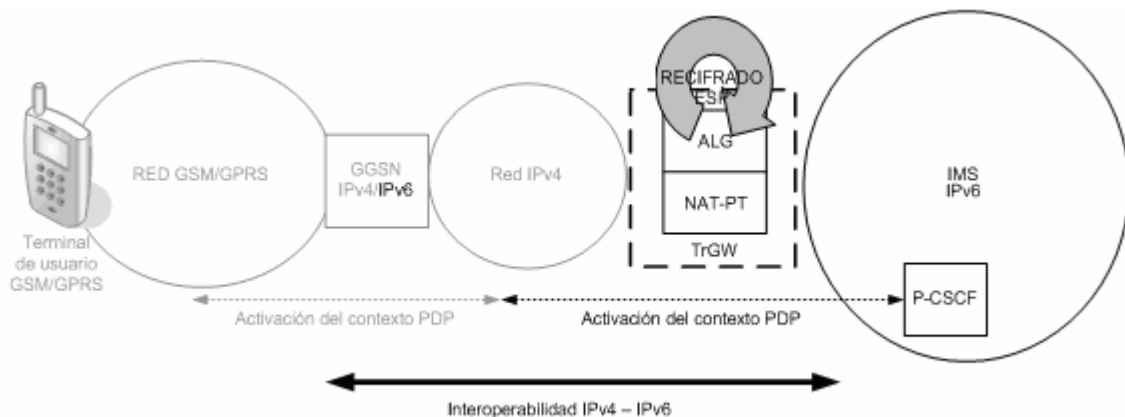


Figura 4.8. Etapa 2 – Establecimiento de contextos PDP

4.3.3 ETAPA 3 – ASPECTOS DE SEGURIDAD

Debido a que IMS fue creado para una red evolucionada de GSM, muchos de los procedimientos de GSM sirven como base a los procedimientos de IMS, por lo cual, se pueden realizar algunas adaptaciones que permitan aprovechar la infraestructura de red existente y alcanzar cierta interoperabilidad para lograr que un usuario de la red celular pueda registrarse en IMS con las tarjetas SIM actuales.

Un mecanismo de conversión que se puede utilizar es el que permite la obtención de los parámetros necesarios para iniciar IMS AKA (IMPI y nombre de red) a partir del parámetro IMSI (*International Mobile Station Identity*) el cual esta contenido en la tarjeta SIM. Para llevar a cabo este mecanismo se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El IMSI es una cadena de dígitos de la forma $IMSI = MNC + MCC + MSIN$, donde MNC es el *Mobile Network Code*, MCC el *Mobile Country Code* y MSIN es el *Mobile Subscriber Identification Number*.
- El IMPI sigue la forma de IETF NAI (*Network Access Identifier*), esto es, `nombredeusuario@dominio`.
- El IMPI que se deriva tendrá la forma: `imsi@mnc.mcc.IMSI.3gppnetwork.org`, donde `imsi`, `mnc` y `mcc` son extraídos del IMSI de cada usuario y “`IMSI.3gppnetwork.org`” es una cadena constante idéntica para todos los abonados y operadores. Por ejemplo, un IMSI de la forma 234150999999999 (MCC = 234, MNC = 15) producirá un IMPI: `234150999999999@15.234.IMSI.3gppnetwork.org`.
- La red del operador quedará identificada por MNC + MCC.

Por otro lado, para que el usuario de la red celular pueda tener acceso a IMS es necesario efectuar dos autenticaciones: la autenticación con el dominio GPRS y la autenticación con el dominio IMS. Los aspectos de cada autenticación se nombran a continuación.

- **Autenticación con el dominio GPRS.**

- La suscripción GPRS reside en el HLR y está asociada directamente a la SIM en el terminal.

- La autenticación se realiza por medio del procedimiento ATTACH visto anteriormente, en el cual la tarjeta SIM a partir del parámetro RAND enviado por el SGSN al momento de la autenticación, genera la clave Kc y la respuesta a la petición de autenticación durante el procedimiento GSM AKA. Por su parte, el HLR proporciona al SGSN el vector de autenticación de GSM que se ha formado.

- **Autenticación con el dominio IMS.**
 - La suscripción IMS reside en el HSS y no tienen una correspondencia directa con una tarjeta de usuario tipo ISIM. Sin embargo, como se dijo anteriormente, son necesarios los parámetros IMPI, IMPU y nombre de red para iniciar la autenticación.
 - El S-CSCF le solicita al HSS el vector de autenticación IMS el cual debe ser formado a partir de los parámetros que se generen en el terminal de usuario.
 - Se debe tener en cuenta que el terminal de usuario no cuenta con una ISIM para iniciar la autenticación con IMS. La SIM solo podrá realizar el procedimiento GSM AKA para generar parámetros de seguridad y además podrá obtener el IMPI y nombre de red a partir del IMSI como se presentó anteriormente.

Dado que la autenticación con GPRS es un procedimiento que ya es realizado por la red celular, se va a profundizar acerca de la autenticación con el dominio IMS. Para poder llevar a cabo dicha autenticación se necesitará analizar funciones de adaptación:

- **En el equipo de usuario:** Preferiblemente las adaptaciones de seguridad deben realizarse en el entorno SIM para seguir los principios de GSM. El requisito de estas funciones de adaptación es que conviertan los parámetros GSM AKA a los parámetros IMS AKA, que son los que el S-CSCF espera del equipo de usuario. Para ello, los

entornos de ejecución SIM¹⁰ (*SIM Application Toolkit*) deberán tener la capacidad de aplicar funciones de mapeado para obtener los parámetros que se necesitan.

Sin embargo, a pesar de que las operaciones de seguridad se mantienen dentro de la SIM, siguiendo el principio de seguridad de GSM, el nivel de seguridad conseguido será menor que el definido en los requerimientos de seguridad ideales para IMS. Además, las operaciones de conversión requeridas son más complejas y exigen mayor cantidad de lógica que posiblemente no será soportada por las tarjetas SIM actuales.

- **En las entidades de red:** Ya que las adaptaciones de seguridad que se pueden realizar en el terminal presentan inconvenientes, se deben analizar las posibles adaptaciones en los elementos de red tales como el HLR de GPRS y el HSS de IMS. Un aspecto importante es que los nodos HLR/AuC y HSS, son nodos distintos e independientes, pero deben interactuar entre sí para poder generar el vector de autenticación IMS que solicita el S-CSCF. Según las características de los nodos HLR/AuC y HSS existen dos alternativas de interacción entre ellos, una, es que el HLR/AuC comparta con el HSS una clave de usuario generada en el procedimiento GSM AKA, y otra, es que el HSS le solicite al HLR/AuC el vector de autenticación GSM. Dichas alternativas se analizan a continuación:
 - a. **El HLR/AuC comparte con el HSS una clave de usuario generada en el procedimiento GSM AKA.**

En esta alternativa, se supone que el operador puede transferir o copiar la clave de larga duración desde el HLR/AuC de GPRS hacia el HSS de IMS. Dicha operación se ejecutaría una única vez y convertiría al HSS en independiente del HLR/AuC. Así pues, el HSS contará con la misma clave que el HLR/AuC para cada usuario y a partir de ella el HSS podrá generar el vector de autenticación GSM (RAND, SRES, Kc). Posteriormente, deberá aplicarle funciones de conversión para obtener

¹⁰ Es un conjunto de comandos que definen la forma en que la tarjeta SIM debe interactuar y comunicarse a través de protocolos con el dispositivo móvil.

el vector de autenticación IMS (RAND, AUTN, XRES, CK, IK) que solicita el S-CSCF. La Figura 4.9 representa esta alternativa.

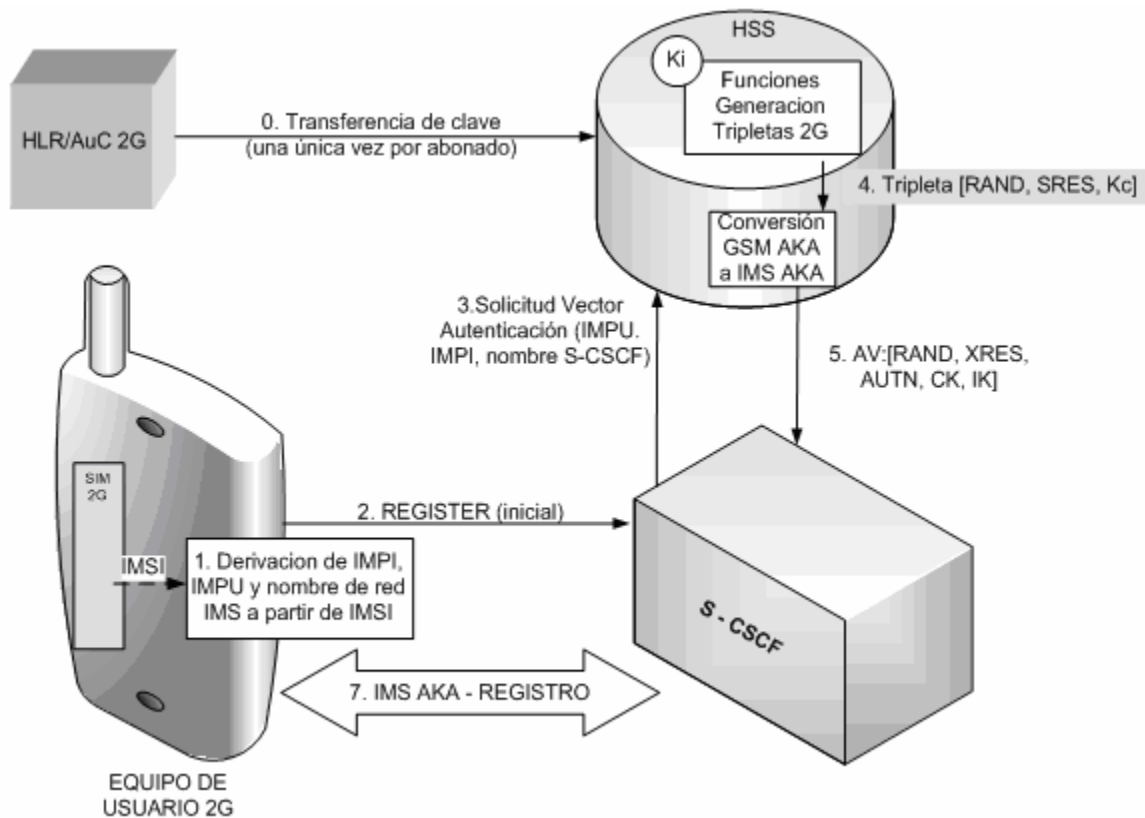


Figura 4.9. El HLR/AuC comparte con el HSS una clave de usuario [40]

En este caso, se tendrían que realizar modificaciones al HSS para: almacenar la clave compartida, generar el vector de autenticación GSM y ejecutar las funciones de conversión para obtener el vector de autenticación IMS.

Sin embargo, esta alternativa presentaría inconvenientes debido a que el HSS tendría una carga operacional muy alta que posiblemente no pueda soportar. Además, la clave compartida, por ser generada en el procedimiento GSM AKA, no caduca y no se actualiza, por lo cual habría inconsistencias en el momento en se presente una actualización de parámetros por parte del equipo de usuario.

b. El HSS le solicita al HLR/AuC el vector de autenticación GSM.

En esta alternativa, se asume que el HSS no puede o no desea tener la capacidad de generar el vector de autenticación GSM a partir de una clave de usuario compartida. Así pues, el operador no puede o no quiere transferir esta clave de usuario desde el HLR/AuC hacia el HSS. Entonces, primero el HSS tendría que obtener el IMSI a partir del IMPI que el S-CSCF le envía, para lo cual tiene que realizar el proceso inverso realizado en el equipo de usuario. De esta forma logra adquirir un identificador para un usuario específico. Posteriormente, el HSS se deberá comunicar con el HLR/AuC a través del protocolo MAP¹¹ (*Mobile Application Part*) y solicitarle la generación del vector de autenticación GSM transfiriéndole el IMSI del usuario. Con el IMSI el HLR/AuC sabrá cuales son los parámetros necesarios para formar el vector de autenticación GSM y así hacerlo llegar al HSS. Cuando el HSS dispone del vector de autenticación GSM, ejecuta las funciones de conversión para obtener el vector de autenticación IMS que le ha solicitado el S-CSCF. Esta es la alternativa más adecuada con la que se puede lograr el registro de un usuario en IMS. La Figura 4.10 representa esta alternativa.

¹¹ Es un protocolo de señalización cuya función dentro de la red móvil es intercambiar información entre elementos o entidades de señalización (como MSCs o SGSNs) y bases de datos (como HLRs o AuCs).

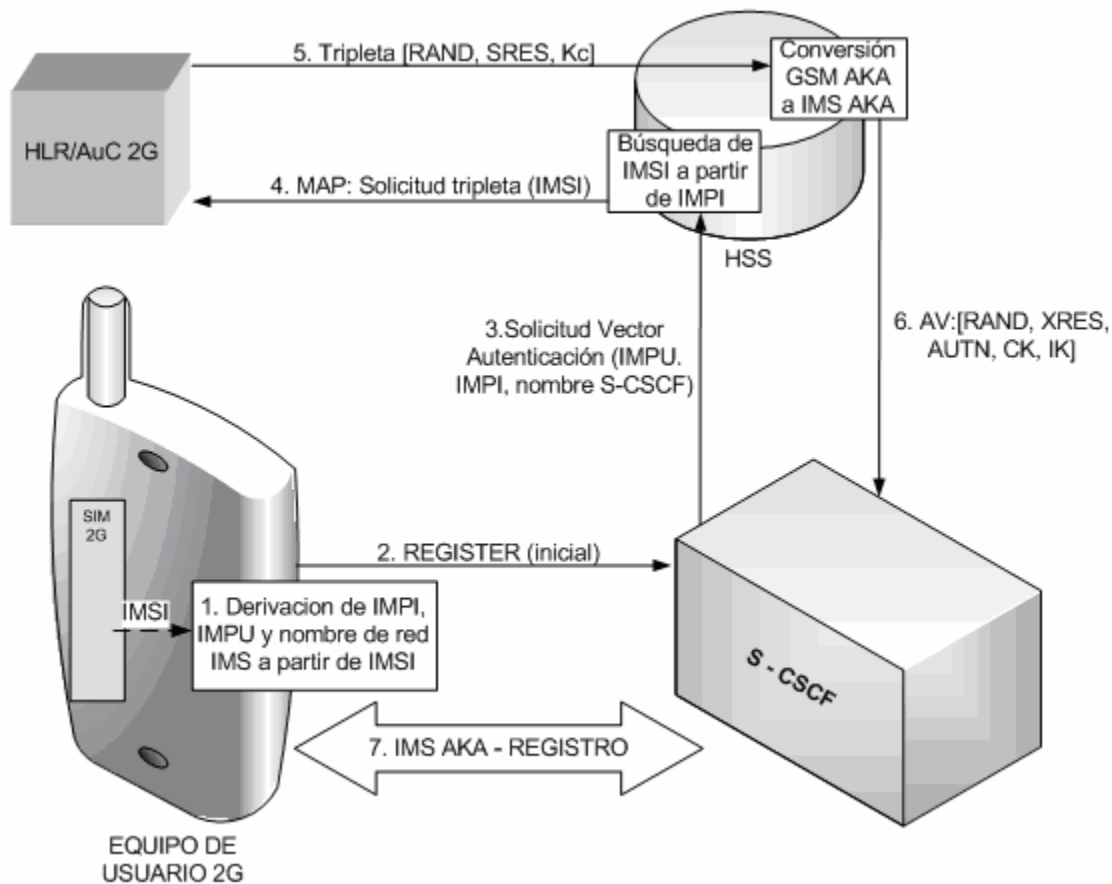


Figura 4.10. El HSS le solicita al HLR/AuC el vector de autenticación GSM [40]

En este caso, el HSS se vería modificado con respecto a su versión estándar para comunicarse con el HLR/AuC a través del protocolo MAP y ejecutar las funciones de conversión adecuadas para obtener el vector de autenticación IMS.

Con el cumplimiento de esta etapa se podrá realizar el registro IMS y de esta manera autenticar al usuario en la red para establecer sesiones IP multimedia. Sin embargo, se debe destacar que el nivel de seguridad para tener acceso a IMS corresponderá al nivel de seguridad de la red celular GPRS.

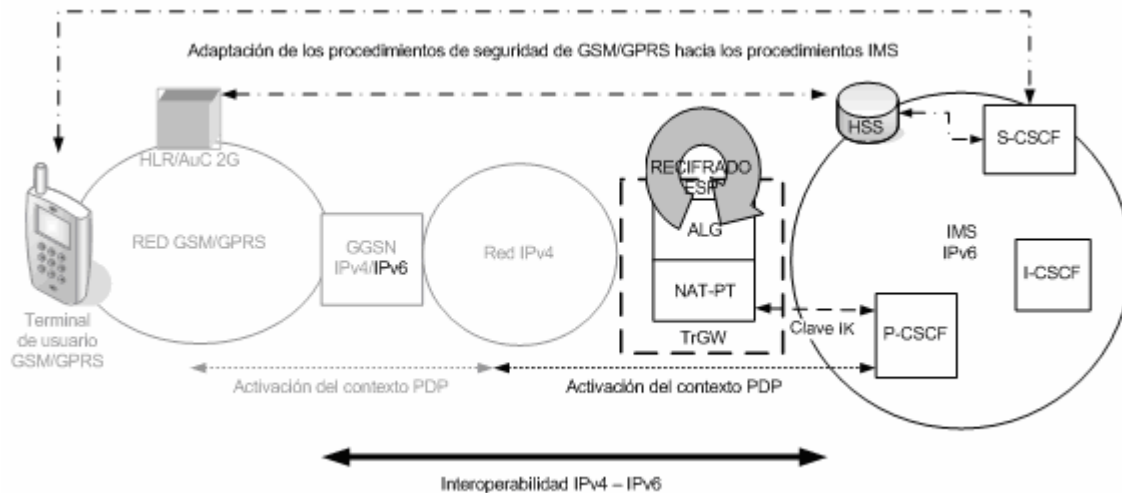


Figura 4.11. Etapa 3 – Aspectos de seguridad

4.3.4 ETAPA 4 – ASPECTOS DEL TERMINAL DE USUARIO

Para que un terminal de usuario actual pueda tener acceso a IMS y darle soporte a los servicios IP multimedia, se deben incluir una serie de funciones especiales y aspectos técnicos relacionados con IMS. Además, dependiendo de los servicios IP multimedia que se quieran prestar a los usuarios actuales, existirá un conjunto de requisitos diferentes.

A pesar de que 3GPP no especifica la arquitectura de un terminal con soporte IMS, se puede retomar la arquitectura en bloques de un terminal actual y determinar los componentes que se pueden implementar en el bloque TE para soportar el acceso a IMS. De esta manera, se podrá tener una idea acerca de la arquitectura en bloques de un terminal de usuario multimedia con soporte IMS. Esta se presenta en la Figura 4.12 y a continuación se describen los nuevos componentes:

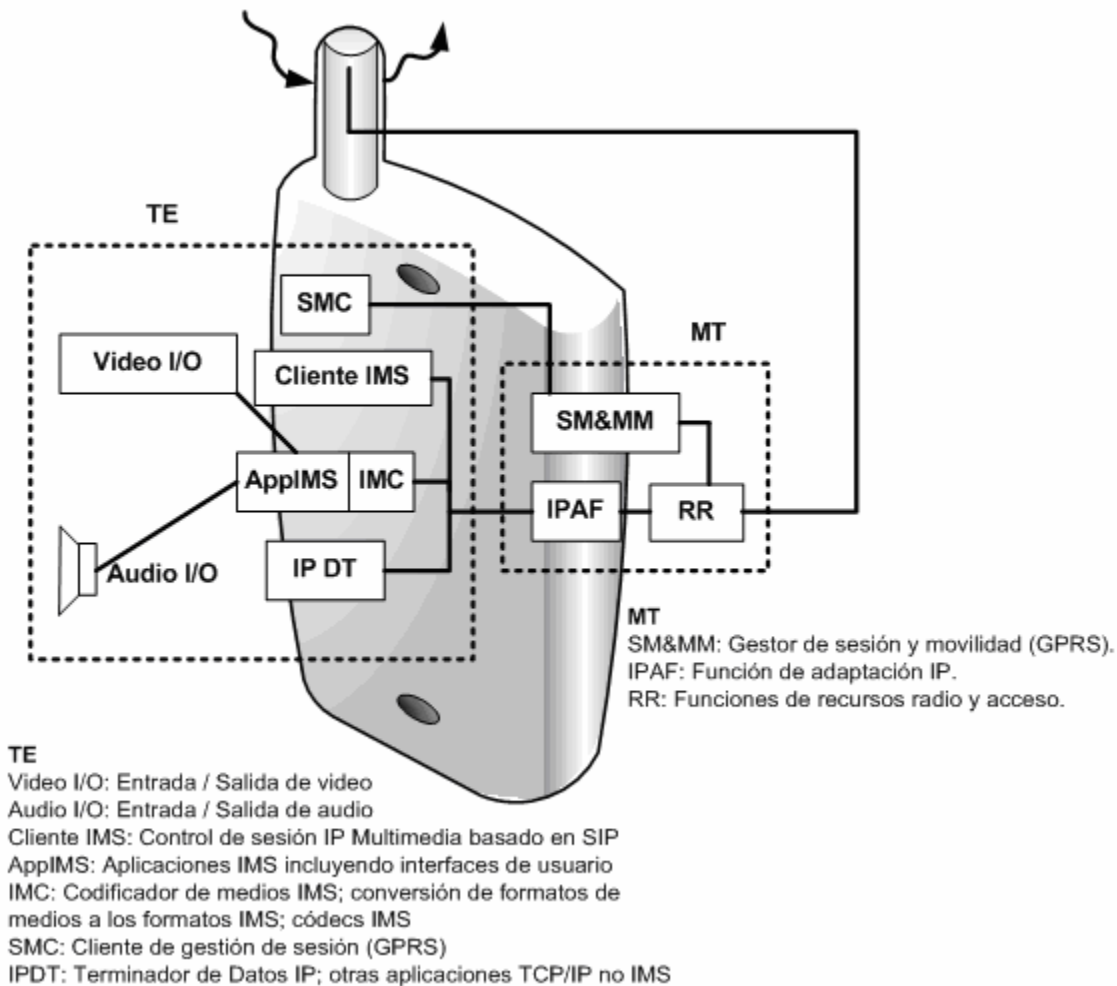


Figura 4.12. Posible arquitectura de un terminal actual con soporte IMS

- **Cliente IMS:** Es el soporte para la señalización IMS basada en SIP y SDP. Gestiona y coordina el resto de componentes multimedia.
- **Aplicaciones IP multimedia:** Las cuales deben incluir una aplicación de interfaz gráfica con el usuario para aspectos básicos como la configuración del servicio o la ejecución coordinada de aplicaciones IP multimedia. Esta interfaz de usuario se comunica directamente con el cliente IMS e interactúa con él. El resto de aplicaciones IP multimedia pueden ser independientes o estar todas ellas integradas en el mismo software. Las aplicaciones variarán de acuerdo a los servicios IMS que el operador ofrezca a los usuarios o que soporten los terminales. Por ejemplo:

- Aplicaciones para conferencias de tiempo real (videoconferencia, audioconferencia).
 - Aplicaciones de mensajería y presencia IMS, que soportará intercambio de mensajes instantáneos y diferidos, textuales o multimedia, etc.
 - Aplicaciones para trabajo colaborativo en grupo tipo MS NetMeeting (archivos y documentos compartidos, datos de PIM¹² como agenda o calendario, *chat*, aplicaciones compartidas en el terminal tipo escritorio remoto).
 - Aplicaciones que permitan compartir elementos de información y entretenimiento (melodías, fondos de pantalla, imágenes y fotografías, archivos de audio, juegos en red, etc.).
- **Codecs IP multimedia:** Son los componentes software encargados de codificar la información que entra por los periféricos (audio, video) a los formatos IMS que requiera el operador en su red. Por otro lado, también se encargan de decodificar la información y componentes multimedia de los formatos IMS a los formatos soportados por el terminal.
 - **Periféricos multimedia:** Variaran dependiendo de los servicios IP multimedia que se quieran ofrecer. Principalmente están compuestos por:
 - Entrada de audio que garantice la calidad necesaria para los codificadores de voz y sonido externo.
 - Salida de audio, que puede ser monofónica, polifónica, estereofónica, etc.
 - Entrada de video (videocámara), necesaria para llevar a cabo videoconferencias.
 - Pantalla de suficiente tamaño, resolución y número de colores para obtener una experiencia de usuario de acuerdo a las posibilidades de los servicios IP multimedia ofrecidos.

¹² *Personal Information Manager* es un tipo de aplicación software que funciona como un organizador personal. Su propósito es facilitar la gestión de cierto tipo de información como notas personales, libreta de direcciones, lista de tareas, fechas importantes, etc.

A pesar de que esta etapa se plantea de última en esta propuesta de adaptación, se debe tener en cuenta que puede llevarse a cabo de forma conjunta o paralela a las etapas anteriores que son transparentes al usuario, ya que ésta se puede realizar de forma progresiva y dependerá de las estrategias del operador. El operador puede desarrollar el soporte IMS necesario, contratar a una empresa de desarrollo de aplicaciones móviles o adquirir los terminales de usuario con el soporte IMS ya implementado.

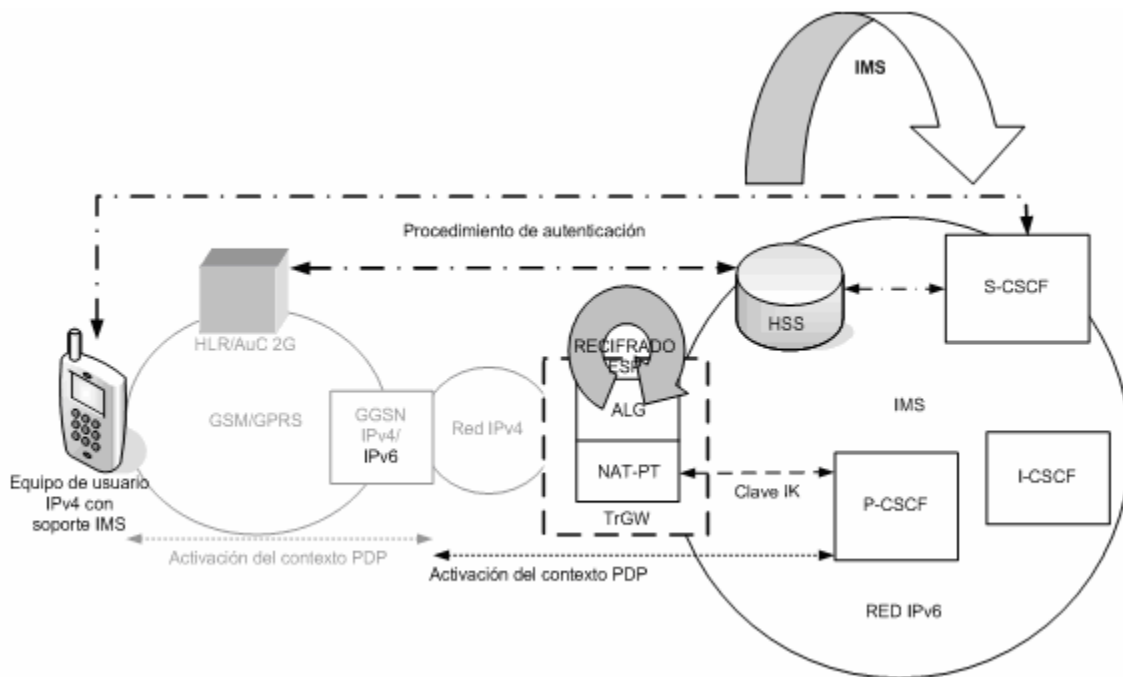


Figura 4.13. Red celular adaptada a IMS

De esta forma, con el cumplimiento de todas las etapas se llega a esta propuesta final de adaptación, la cual se podrá implementar sobre una red GSM/GPRS/EDGE para permitir a los usuarios el acceso a servicios IMS. Sin embargo, la red adaptada mantendrá las capacidades de la red GSM/GPRS/EDGE relacionadas con aspectos de calidad de servicio, ancho de banda, recursos radio, cobertura, seguridad, entre otras. Por lo tanto, se dará soporte solo a algunos servicios IMS, ya que servicios de tiempo real, como la videoconferencia, la audioconferencia y juegos avanzados, no se podrán ofrecer a los usuarios.

Con base en lo anterior, se planteará en siguiente capítulo un portafolio de servicios para la red adaptada en el que se incluirán servicios IMS teniendo en cuenta las limitaciones que imponga la red

CAPÍTULO V

PLANTEAMIENTO DE UN PORTAFOLIO DE SERVICIOS PARA LA RED CELULAR NACIONAL ADAPTADA A UN ENTORNO IMS

Aquellos proveedores de servicios que sepan comprender las necesidades de comunicaciones de los usuarios, serán los que triunfen en una nueva fase tecnológica que aprovechará el acceso a las redes IP. Los usuarios, por su lado, sabrán diferenciar al operador que mejor les brinde un portafolio convergente de servicios acorde con sus exigencias.

En este capítulo se asume que el operador ya ha realizado la adaptación a IMS. Se retoman características de la red celular estudiadas previamente y se realiza un análisis técnico y se plantean las alternativas de mercado para cada nuevo servicio IMS.

5.1 ASPECTOS TÉCNICOS Y DE MERCADO DE LOS SERVICIOS IMS [30][37]

En primera instancia, se deben retomar las características técnicas de la red celular adaptada relacionadas con las tasas de transmisión soportadas, aspectos de calidad de servicio y el tipo de tráfico que se puede transportar.

Características técnicas de la red adaptada:

- **Capacidades de transmisión**

Capacidad promedio de transmisión de datos		
Velocidad	Downlink	Uplink
	236.8Kbps	118.4Kbps

Tabla 5.1. Capacidad promedio de transmisión de datos GSM/GPRS/EDGE

- **Clases de tráfico**

Existen cuatro clases de tráfico las cuales se diferencian principalmente en la sensibilidad al retardo que ofrece la red. Las clases *conversational* y *streaming* permiten transportar flujos en tiempo real, que son sensibles al retardo siendo la primera clase más sensible que la segunda, como por ejemplo, servicios de VoIP o videoconferencia. Las clases *Interactive* y *background* son más tolerables al retardo, se usan para aplicaciones de Internet, servicios de mensajería, navegación, descarga de contenidos, entre otros. La diferencia entre estas dos es que la clase *Interactive* es más aconsejable para aplicaciones que exigen de parte del cliente una interacción directa. Debido a esto, la red adaptada solo soporta las siguientes clases de tráfico:

Clase Streaming	
Aplicaciones típicas	Transferencia de datos multimedia.
Requisitos necesarios	Ofrecer servicios que tienen un retardo de transferencia limitado por la percepción auditiva humana.
Clase Interactive	
Aplicaciones típicas	Aplicaciones que a través de peticiones de datos exigen una respuesta.
Requisitos necesarios	Ofrecer un bajo round-trip-time ¹³ .
Clase Background	
Aplicaciones típicas	Envío de e-mail, SMS, mensajería modo beeper.
Requisitos necesarios	Exigir la llegada de los datos en un cierto intervalo de tiempo.

Tabla 5.2. Clases de tráfico soportadas por la red adaptada [43]

- **Características de QoS**

En la red adaptada se podrán negociar parámetros de calidad de servicio a través de la activación de diferentes contextos PDP dependiendo de la clase de tráfico asociada a los servicios que se vayan a ofrecer. Estos parámetros son los siguientes:

¹³ *Round-Trip-Time* es el tiempo máximo que puede transcurrir entre la emisión de un paquete y la recepción de su confirmación antes de decidir una retransmitirlo

Precedence Class: Este atributo indica la importancia relativa del tráfico. La red intentara siempre mantener las condiciones de servicio para todos los perfiles de QoS, pero si se presenta algún caso especial, los paquetes de datos con alta *precedence class* se atienden antes que los paquetes con baja *precedence class*. Los distintos tipos de *precedence class* se muestran en la Tabla 5.3.

Precedence	Nombre	Interpretación
1	Prioridad Alta	Las condiciones del servicio deben mantenerse por encima de las clases 2 y 3
2	Prioridad Normal	Las condiciones del servicio deben mantenerse por encima de la clase 3
3	Prioridad Baja	Las condiciones del servicio deben mantenerse por debajo de las clases 1 y 2

Tabla 5.3. Tipos de *Precedence Class* [37]

Delay class: Indica cómo el operador debe planificar de manera adecuada los recursos de la red para soportar usuarios con diferentes tolerancias a retardos asociadas a cada perfil de usuario. En la Tabla 5.4 se definen cuatro *Delay class*:

Delay Class	Retardo permitido en paquetes de 128 octetos (seg.)	Retardo permitido en paquetes de 1024 octetos (seg.)
1	0.5	2
2	5	15
3	50	75
Best Effort	Sin especificar.	Sin especificar.

Tabla 5.4. Tipos de *Delay Class* [37]

Reliability class: Indica las características de transmisión que son requeridas por una aplicación. Define la probabilidad de pérdida, duplicación o corrupción de los paquetes y pérdida de la secuencia de datos. Estas características están relacionadas con los requerimientos de la red. Los tipos de *Reliability class* se presentan en la Tabla 5.5.

Reliability Class	Tipo de tráfico
1	Tráfico no tiempo real, aplicaciones poco sensibles a la pérdida de datos.
2	Tráfico no tiempo real, aplicaciones poco sensibles a errores, soportan frecuentemente la pérdida de datos.
3	Tráfico no tiempo real, aplicaciones poco sensibles a errores, no soportan la pérdida de datos.
4	Tráfico tiempo real, aplicaciones poco sensibles a errores, soportan frecuentemente la pérdida de datos.
5	Tráfico tiempo real, aplicaciones sensibles a errores, no soportan la pérdida de datos.

Tabla 5.5. Tipos de *Reliability Class* [37]

Peak Throughput class: Especifica la máxima velocidad a la que se puede transferir información a través de la red para un determinado contexto PDP. No hay garantía de que esta velocidad se pueda mantener o alcanzar durante un intervalo de tiempo, esto dependerá de la capacidad del móvil y de la disponibilidad de los recursos radio. Esta clase es independiente del perfil de retardo. Los tipos de *Reliability class* se muestran en la Tabla 5.6.

Peak Throughput class	Peak Throughput class en octetos por segundo
1	Por encima de 1.000 (8kbps).
2	Por encima de 2.000 (16kbps).
3	Por encima de 4.000 (32kbps).
4	Por encima de 8.000 (64kbps).
5	Por encima de 16.000 (128kbps).
6	Por encima de 32.000 (256kbps).
7	Por encima de 64.000 (512kbps).
8	Por encima de 128.000 (1024kbps).
9	Por encima de 256.000 (2048kbps).

Tabla 5.6. Tipos de *Peak Throughput Class* [37]

Mean Throughput Class: Especifica la velocidad media a la que se puede transferir la información a través de la red GPRS durante el tiempo restante de conexión de un determinado contexto PDP. La red puede limitar la velocidad media incluso si existen recursos para brindar una velocidad superior. Los tipos de *Reliability class* se presentan en la Tabla 5.7.

Mean Throughput Class	Mean Throughput Class en octetos por horas
1	100 (~0.22bps).
2	200 (~0.44bps).
3	500 (~1.11bps).
4	1.000 (~2.2bps).
5	2.000 (~4.4bps).
6	5.000 (~11.1bps).
7	10.000 (~22bps).
8	20.000 (~44bps).
9	50.000 (~111bps).
10	100.000 (~0.22kbps).
11	200.000 (~0.44kbps).
12	500.000 (~1.11kbps).
13	1.000.000 (~2.2kbps).
14	2.000.000 (~4.4kbps).
15	5.000.000 (~11.1kbps).
16	10.000.000 (~22kbps).
17	20.000.000 (~44kbps).
18	50.000.000 (~111kbps).
31	Best effort.

Tabla 5.7. Tipos de *Mean Throughput Class* [37]

Después de analizar las características técnicas asociadas al soporte de servicios en la red celular, se plantea a continuación un portafolio de servicios para un operador que decida realizar la adaptación a IMS.

5.2 PORTAFOLIO DE SERVICIOS

A continuación se analizan para cada uno de los servicios IMS los aspectos técnicos relacionados con las características que se mostraron anteriormente. Estos servicios se incluirán en el planteamiento del nuevo portafolio de servicios para los operadores. Estos servicios son: presencia, mensajería instantánea, PoC y Aplicaciones Multimedia.

PRESENCIA

No es un servicio de tiempo real y no requiere del transporte de grandes flujos de información. Puede catalogarse como un servicio de clase *interactive*, por lo cual, no posee altos requerimientos de transmisión y de ancho de banda. Los parámetros de QoS para presencia se muestran en la Tabla 5.8.

PARÁMETROS DE QoS PARA PRESENCIA	
Nombre	Valor
Precedence class	1 – 3
Delay class	2
Reliability class	2
Peak Throughput class	1
Mean Throughput class	-

Tabla 5.8. Parámetros de QoS para presencia

MENSAJERÍA INSTANTÁNEA

Desde el punto de vista del usuario, el servicio de mensajería instantánea modo beeper no representaría grandes cambios ya que su funcionalidad sería igual a la que los operadores ofrecen por medio del servicio SMS actual. Sin embargo, desde el punto de vista del operador, representa cambios en la operación, gestión e integración de los servicios gracias a que el servicio estará basado en SIP e IP. Por otro lado, el servicio de mensajería instantánea basada en sesión, representa la verdadera innovación ya que su funcionalidad se parecerá de alguna forma a la del servicio *MSN Messenger* actual, pero con características limitadas.

Mensajería instantánea modo *beeper*.

No es un servicio con altos requerimientos de QoS, puede catalogarse como clase *background*, cada mensaje es independiente de los demás. La Tabla 5.9 muestra los parámetros de QoS para este servicio.

PARÁMETROS DE QoS PARA MENSAJERÍA MODO BEEPER	
Nombre	Valor
Precedence class	1 – 3
Delay class	4 (Best effort)
Reliability class	2
Peak Throughput class	1
Mean Throughput class	-

Tabla 5.9. Parámetros de QoS para mensajería modo *beeper*

Mensajería instantánea basada en sesión.

Es un servicio que permite una comunicación más directa entre varios participantes a través de mensajes de texto, se puede catalogar como clase *interactive*. Una ventaja es que una vez establecida la sesión, los mensajes se transportan de usuario a usuario, sin necesidad de atravesar las entidades intermedias de la red. En la Tabla 5.10 se muestran los parámetros de QoS para este servicio.

PARÁMETROS DE QoS PARA BASADA EN SESIÓN.	
Nombre	Valor
Precedence class	1 – 3
Delay class	2
Reliability class	2
Peak Throughput class	1
Mean Throughput class	-

Tabla 5.10. Parámetros de QoS para mensajería basada en sesión

PUSH TO TALK

De los servicios propuestos para el portafolio, este es uno de los de mayor demanda de características de red. PoC envía la voz sobre IP y permite a los usuarios comunicarse con cualquier otro usuario que el desee pulsando un solo botón PTT del terminal, simulando el funcionamiento de un *walkie-talkie*. Esto implica que los dispositivos móviles sean adecuados. PoC requiere del establecimiento de dos contextos PDP, uno para señalización que se cataloga como clase *Interactive* y otro para el flujo de datos que se cataloga como clase *Streaming*.

Las tablas 5.11 y 5.12 muestran los parámetros de QoS de los flujos de señalización y datos para este servicio.

PARÁMETROS DE QoS PARA LA SEÑALIZACIÓN PoC	
Nombre	Valor
Precedence class	1 – 3
Delay class	2
Reliability class	2
Peak Throughput class	1
Mean Throughput class	-

Tabla 5.11. Parámetros de QoS para la señalización PoC

PARÁMETROS DE QoS PARA EL FLUJO DE DATOS PoC	
Nombre	Valor
Precedence class	1 – 3
Delay class	2
Reliability class	4
Peak Throughput class	2
Mean Throughput class	-

Tabla 5.12. Parámetros de QoS para el flujo de datos PoC

GAMING

Los juegos en línea representan una muy buena oportunidad de negocios para los operadores y desarrolladores de juegos, ya que a través de este servicio se pueden ofrecer nuevas experiencias a los usuarios y abrir el mercado.

Este servicio es muy atractivo ya que la tendencia a integrar tanto el juego como la comunicación con otras personas llega desde los juegos para PC con opciones multi-jugador en línea, hasta en las nuevas consolas de juegos que cuentan con interfaces LAN o *WiFi* para la comunicación con otros usuarios.

Es importante que los operadores y desarrolladores de juegos tengan en cuenta las características y requerimientos de QoS de los diferentes tipos de juegos que se puedan introducir al mercado. Los tipos de juegos son [19]:

- **Juegos de Acción:** Usualmente contienen elementos 3D en movimiento (personas, carros, etc., por ejemplo *Halo 2*) que requieren características de tiempo real y un alto desempeño del dispositivo móvil. La red adaptada no cuenta con las capacidades necesarias para la prestación de este tipo de juegos.
- **Juegos de estrategia en tiempo real:** Son juegos con entornos en 2D o 3D que involucran unidades en movimiento y tareas desarrolladas en tiempo real (por ejemplo *StarCraft*). Este tipo de juegos pueden estar dentro de una clase *Interactive*, y se podrían soportar en la red adaptada, pero es importante que los desarrolladores tengan en cuenta las capacidades de procesamiento de la red y de los equipos de usuario.
- **Juegos basados en turnos:** Estos juegos incluyen uno o más participantes que pueden realizar movimientos en un turno determinado (*Ajedrez*, *Golf*, *Poker*). Este tipo de juegos son los que exigen menos requerimientos relacionados con las capacidades de la red y del equipo de usuario. Además, tienen muy baja sensibilidad a los retardos

ya que pueden permitir varios segundos entre las respuestas de cada usuario. Estos juegos son de clase *Background*.

En las siguientes tablas se muestran los parámetros de QoS para los diferentes tipos de juegos:

PARÁMETROS DE QoS PARA LOS JUEGOS DE ESTRATEGIA	
Nombre	Valor
Precedence class	1 – 3
Delay class	2
Reliability class	4
Peak Throughput class	2
Mean Throughput class	-

Tabla 5.13. Parámetros de QoS para Juegos de estrategia

PARÁMETROS DE QoS PARA LOS JUEGOS BASADOS EN TURNOS	
Nombre	Valor
Precedence class	1 – 3
Delay class	4
Reliability class	2
Peak Throughput class	1
Mean Throughput class	-

Tabla 5.14. Parámetros de QoS para Juegos basados en turnos

APLICACIONES MULTIMEDIA

IMS no impone límites en cuanto a las capacidades y prestaciones de las aplicaciones multimedia, los límites los impone la red y el terminal de usuario. Por lo tanto, las aplicaciones creadas de acuerdo a las capacidades de la red brindan la oportunidad a los desarrolladores y operadores de proporcionar una gama muy amplia de aplicaciones de

toda clase, tanto para entornos de trabajo, empresariales y de oficina, como aplicaciones de ocio y entretenimiento. Es así como se abre el mercado para la generación de contenidos.

Las exigencias técnicas de las aplicaciones IMS dependerán de sus características propias y los desarrolladores lo deberán tener en cuenta para que sus productos funcionen de manera adecuada.

A través de este análisis se busca que los operadores tengan una visión de las posibilidades que brinda la red adaptada y qué nuevos servicios se pueden ofrecer.

Para llegar a un portafolio de servicios completo es necesario plantear una metodología para establecer las características del mercado, las tendencias y la competencia en el sector, para esto se deben llevar a cabo encuestas, análisis económicos, pruebas de mercado entre otras. Sin embargo, en este documento solo se plantean las posibilidades de brindar servicios soportados por la red adaptada, teniendo en cuenta las tendencias generales del mercado mundial, las capacidades técnicas de la red adaptada y la situación de consumo actual a nivel nacional.(ver Figura 5.1 y Figura 5.2) [44].

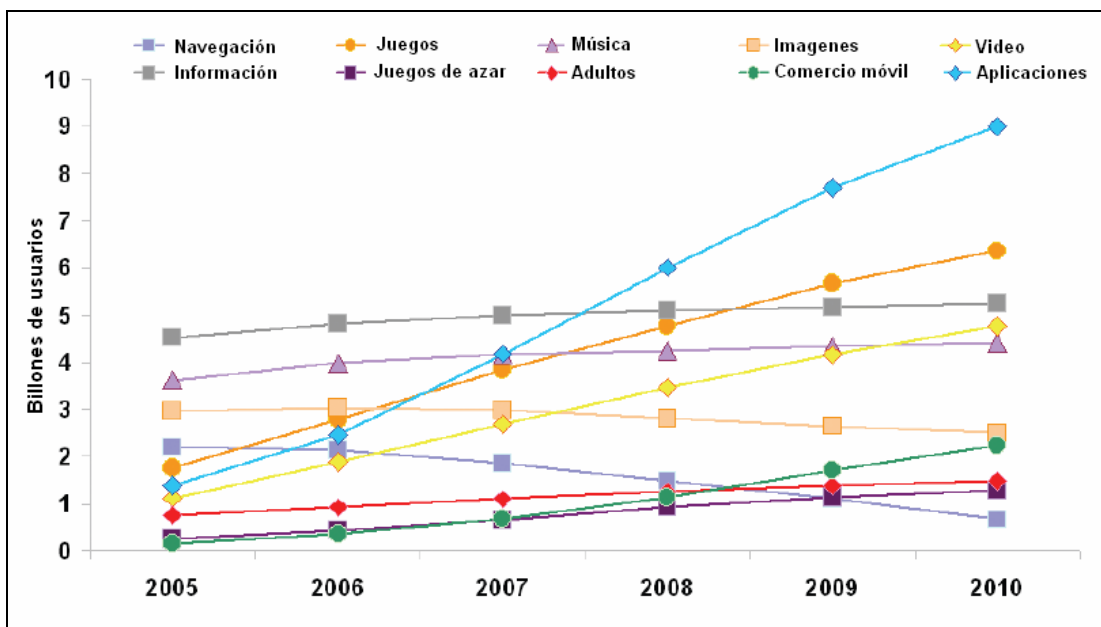


Figura 5.1. Tendencias de servicios móviles a nivel mundial [44]

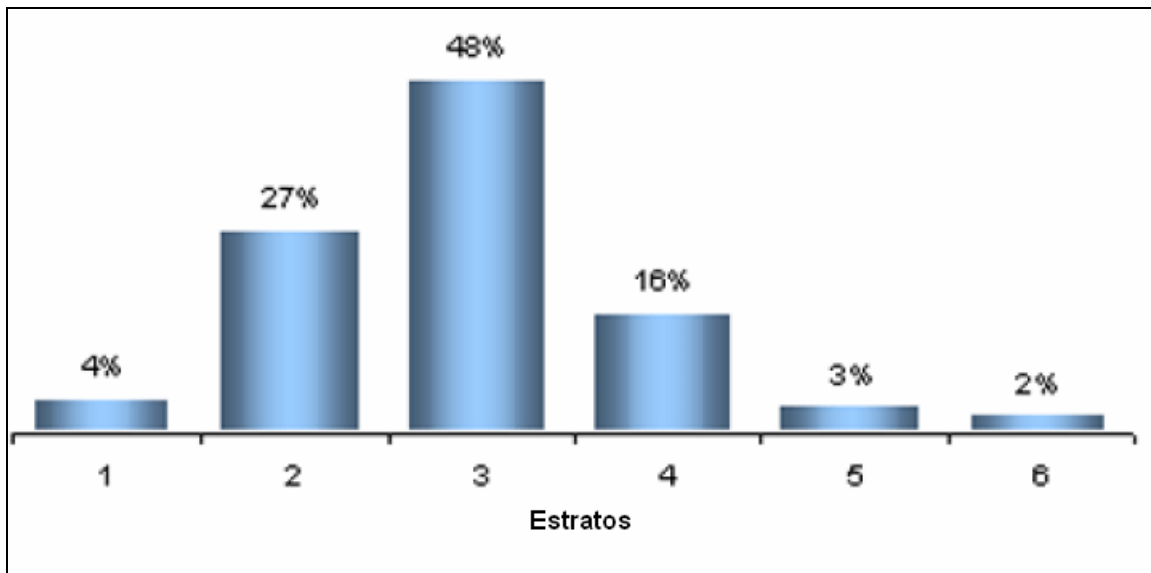


Figura 5.2. Distribución de la telefonía móvil por estratos [44]

Para la especificación de los servicios planteados en el portafolio, es importante analizar el mercado objetivo nacional, teniendo en cuenta en que parte de la población se encuentra la mayor cantidad de usuarios potenciales de consumo de telefonía celular. Se ve que en los estratos 2, 3 y 4 se encuentra la mayor cantidad de usuarios de telefonía celular, siendo los estratos 3 y 4 los de mayor capacidad de consumo. Por lo tanto, el nuevo portafolio de servicios estará enfocado a las personas de estratos 3 y 4 dentro de los que se encuentran: estudiantes (universitarios y escolares), ejecutivos, empresarios, comerciantes, profesionales, entre otros.

Los nuevos servicios IMS que se ofrecerían a los usuarios basados sus características técnicas y en las capacidades de la red adaptada analizadas anteriormente se muestra en la Tabla 5.15.

NOMBRE	TIPO DE TRÁFICO	PARÁMETROS DE QoS				
		Precedence class	Delay class	Reliability class	Peak Throughput class	Mean Throughput class
Presencia	Interactive	1 – 3	2	2	1	-
Mensajería Instantánea beeper	Background	1 – 3	4 (Best effort)	2	1	-
Mensajería instantánea tipo sesión	Interactive	1 – 3	2	2	1	-
Push to Talk	Interactive / Streaming	1 – 3/1 – 3	2/2	2/4	1/2	-/-
Gaming basado en estrategia	Interactive	1 – 3	2	4	2	-
Gaming basado en turnos	Background	1 – 3	4	2	1	-

Tabla 5.15. Servicios multimedia soportados por la red adaptada

Es importante aclarar que los parámetros de QoS que se negocian para cada uno de los servicios presentados en la Tabla 5.15 están dentro del rango de las capacidades de la red celular adaptada.

Se divide el portafolio en tres tipos de servicios, dado que las necesidades de cada uno de ellos son diferentes.

Tipos de servicios ofrecidos:

- **Servicios conversacionales**

Esta clase de aplicaciones se dirigen a la necesidad de la gente de comunicarse en tiempo real ó casi en tiempo real con uno ó más usuarios, utilizando voz. Estos servicios se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Llamadas de voz basadas en conmutación de circuitos, aprovechado la infraestructura existente y manteniendo el nivel de calidad de servicio. Aquí se encuentran los servicios de llamada en espera, conferencia telefónica, transferencia de llamada, identificación de llamada, como servicios complementarios a la voz.
 - PoC, comunicación de voz, *semi-duplex* sobre la red de datos, a través del establecimiento de una sesión IMS, simulando la comunicación de un *walkie-talkie*. PoC tiene un enfoque relacionado con ambientes de trabajo en grupo, grupos de amigos y familiares, de oficina y de industria.
- **Servicios de datos**

Estas aplicaciones tienen que ver con el acceso Internet, la descarga de archivos, servicios de mensajería instantánea (modo *beeper* y basada en sesión), presencia y el uso en línea de aplicaciones ó servicios multimedia, los cuales están directamente enfocados a un propósito específico, como soluciones de banca, información (noticias, deportes, estado del clima, etc.), entretenimiento (ocio, humor, horóscopo, concursos, apuestas, etc.), soporte en línea, automatización de apuestas, alarmas y seguridad, seguimiento de paquetes, automatización ventas, seguimiento vehicular, telemetría, aplicaciones para entornos hospitalarios, entre otros. Las aplicaciones IMS dependerán de las necesidades de usuarios puntuales, y estarán limitadas por las capacidades de la red.

- Presencia, está dirigido a personas que necesiten o deseen estar en contacto con un grupo, el cual puede ser familiar, de amigos, de trabajo, etc. Los usuarios podrán compartir información acerca de su ubicación, actividad actual, disponibilidad, estado de ánimo, entre otros.
- Mensajería instantánea modo *beeper*, se puede aprovechar la popularidad del servicio SMS actual. No habrá un impacto significativo en el usuario y estará dirigido a todo tipo de público.

- Mensajería instantánea basada en sesión, se puede decir que este es uno de los servicios que va a tener mayor demanda, su relación con un Chat o un cliente de mensajería instantánea como el MSN Messenger hacen que la necesidad de este tipo de servicios este presente y facilite la introducción y comercialización del mismo. Está dirigido a todo tipo de público.

- **Servicios de juegos**

Los juegos van dirigidos a todo tipo de usuario y pueden generar un mercado dependiente. Todo esto estará relacionado con lo que el juego ofrezca y es donde los desarrolladores deben hacer su mejor trabajo.

- Juegos de estrategia en tiempo real.
- Juegos basados en turnos.

Finalmente, los servicios que se ofrecerán con la red adaptada son los siguientes:

Servicios
--Voz. (Llamada en espera, conferencia telefónica, transferencia de llamada). -- PoC --Internet (inalámbrico, correo electrónico). --Roaming internacional. --Descarga de contenidos. --Mensajería Instantánea (Modo <i>beeper</i> , basada en sesión). --Presencia. --Aplicaciones Multimedia (Soluciones Empresariales, Soluciones de banca, automatización de apuestas, alarmas y seguridad, seguimiento de paquetes, automatización de ventas, seguimiento vehicular, telemetría, noticias, deportes, estado del clima, humor, horóscopo, concursos, apuestas, ocio, entornos hospitalarios, entre otras). --Gaming (juegos de estrategia y juegos basados en turnos).

Tabla 5.16. Servicios ofrecidos

Luego de definir la propuesta de adaptación y plantear el portafolio de servicios, se realiza como actividad complementaria una exploración de herramientas relacionadas con IMS, para familiarizarse con su funcionamiento, características y pruebas de servicios, además de ver las posibilidades para el desarrollo de nuevas aplicaciones.

5.3 HERRAMIENTA SOFTWARE DE SIMULACIÓN

Para la elección de la herramienta se tuvieron en cuenta las siguientes características:

- Módulos necesarios para simular el acceso celular e IMS.
- Capacidades del SW.
- Facilidades de acceso e instalación (Costos, licencias y documentación).
- Requerimientos hardware y software.
- Tiempo de respuesta del simulador.

5.3.1 HERRAMIENTAS EXPLORADAS

Las herramientas exploradas son las siguientes:

- **IMS Network Emulator** [45]

Es una herramienta desarrollada por el IDP (*IMS Developer Program*) de SIEMENS y NOKIA la cual sirve como herramienta básica para el desarrollo de aplicaciones IMS/SIP. El emulador de la red IMS permite probar aplicaciones IMS/SIP y visualizar el intercambio de mensajes entre entidades. Se asemeja mucho al comportamiento de una red IMS verdadera. El emulador de la red IMS actúa como *proxy* para los mensajes SIP, gestiona los registros de los clientes y proporciona servicios de presencia y *group management*. Además, es una herramienta de libre distribución, que posee todas las condiciones necesarias para realizar pruebas sobre IMS.

- **WebSphere IP Multimedia Subsystem [46]**

Es un software de infraestructura para integración y aplicaciones. Esta herramienta es desarrollada por IBM y cuenta con simuladores IMS que se pueden utilizar para desarrollar y probar aplicaciones IMS y pruebas de concepto (*POC: Proofs of concept*) de los componentes específicos de la arquitectura IMS. Estos simuladores proveen una forma sencilla de simular y probar componentes IMS realizando una configuración de los servidores y en general de la arquitectura IMS. Esta herramienta requiere licencia.

- **Network Simulator NS-2 [47]**

NS es un simulador de eventos discreto dirigido a la investigación del funcionamiento de una red. NS provee un soporte considerable para la simulación de TCP, *routing* y protocolos *multicast* sobre redes cableadas e inalámbricas, redes locales y satelitales; pero el soporte para IMS no se encuentra bien documentado. Esta herramienta es de libre distribución.

- **OPNET Modeler [48]**

OPNET permite las simulaciones basadas en IMS y también tiene módulos que relacionan el acceso celular. El modelo incluye el mecanismo del establecimiento de sesión IMS que abarca procesos relacionados con las entidades P-CSCF, I-CSCF e S-CSCF. El inconveniente de esta herramienta es que requiere licencia.

La Tabla 5.17 resume algunas de las características de las herramientas exploradas.

Características Herramientas	Capacidades IMS	Facilidades de instalación	Altos Requerimientos SW y HW	Respuesta simulador
IMS Network Emulator	ALTAS	SI	SI	BUENA
WebSphere IMS	ALTAS	LICENCIA REQUERIDA	SI	N/A
NS-2	N/A	DOCUMENTACIÓN ESCASA	NO	N/A
OPNET Modeler	ALTAS	LICENCIA REQUERIDA	SI	N/A

Tabla 5.17. Características de las herramientas exploradas

Algunos simuladores no se pudieron probar completamente y las deducciones se basaron en documentación encontrada y pruebas realizadas por otras personas.

5.3.2 HERRAMIENTA ESCOGIDA

Después de hacer la exploración, se eligió la herramienta IMS Network Emulator de Nokia y Siemens dado que cumplía con características y condiciones necesarias para el desarrollo de varias pruebas relacionadas con los procedimientos IMS. Además, entre sus ventajas estaban:

- La posibilidad de configurar entidades como: el CSCF, el HSS y los servidores de aplicación. Además permite determinar el dominio de red, el número máximo de conexiones, aspectos de retransmisión, entre otros.
- Se pueden crear y modificar las suscripciones IMS de los usuarios teniendo en cuenta aspectos como: el método de autenticación, identificadores de usuario y de red, la dirección del P-CSCF y la configuración de los servicios a los cuales el usuario puede tener acceso.

- Permite realizar la autenticación IMS del usuario por medio de identificadores SIP (SIP URIs) privados y públicos. Además, también se tienen en cuenta otros identificadores como el IMSI (*International Mobile Station Identity*), contenido en la tarjeta SIM de un usuario de la red celular, y el MSISDN (*Mobile Station ISDN*).
- Posee un ambiente gráfico adecuado para mostrar los mensajes SIP de los procedimientos IMS. Por otro lado, posee un entorno propicio y emuladores de teléfonos celulares para la desarrollar y probar aplicaciones móviles y servicios basados en Visual Studio y .NET.

5.3.3 PRUEBAS DESARROLLADAS

Con la herramienta escogida, el IMS Network Emulator de Nokia y Siemens, se realizaron pruebas con algunos de los procedimientos de acceso IMS relacionados con el registro a la red, la suscripción a un servicio y el uso de dicho servicio. La herramienta permite observar la señalización SIP que se presenta entre entidades IMS por medio de la opción *Trace Viewer*. Para realizar las pruebas se ha elegido el servicio de mensajería instantánea debido a que presenta mayores facilidades de uso, sin embargo, el simulador brinda la posibilidad probar otros servicios disponibles como presencia, *push-to-talk* y VoIP pero es necesario tener un servidor de aplicación para dichos servicios. A continuación se presentan las pruebas realizadas teniendo en cuenta que previamente se ha configurado el simulador de acuerdo a lo presentado en el *Anexo B*.

- **Procedimiento de registro a IMS**

En este procedimiento, el terminal de usuario envía un mensaje de registro inicial SIP REGISTER hacia el P-CSCF, quien a su vez, lo envía hacia un I-CSCF, el cual se encarga de seleccionar un S-CSCF hacia el que reenvía la petición de registro. Cuando el S-CSCF recibe el mensaje, comprueba que se trata de un usuario no registrado y se comunica con el HSS para obtener el vector de autenticación IMS. Posteriormente, para solicitar la autenticación del usuario, se devuelve hacia el terminal un mensaje SIP 401 "No autorizado". En seguida, el terminal, en base al

mensaje de desafío de autenticación recibido, genera un nuevo mensaje de registro SIP REGISTER en el que se envían parámetros y claves de seguridad necesarias para la autenticación. Cuando el mensaje llega al S-CSCF, el usuario es finalmente registrado después de comprobar su identidad. Posteriormente, el S-CSCF le indica al HSS el registro exitoso del usuario y descarga desde allí su suscripción IMS. El proceso finaliza con un mensaje de aprobación SIP 200 OK enviado hacia el terminal. Este procedimiento se puede observar en la Figura 5.3.

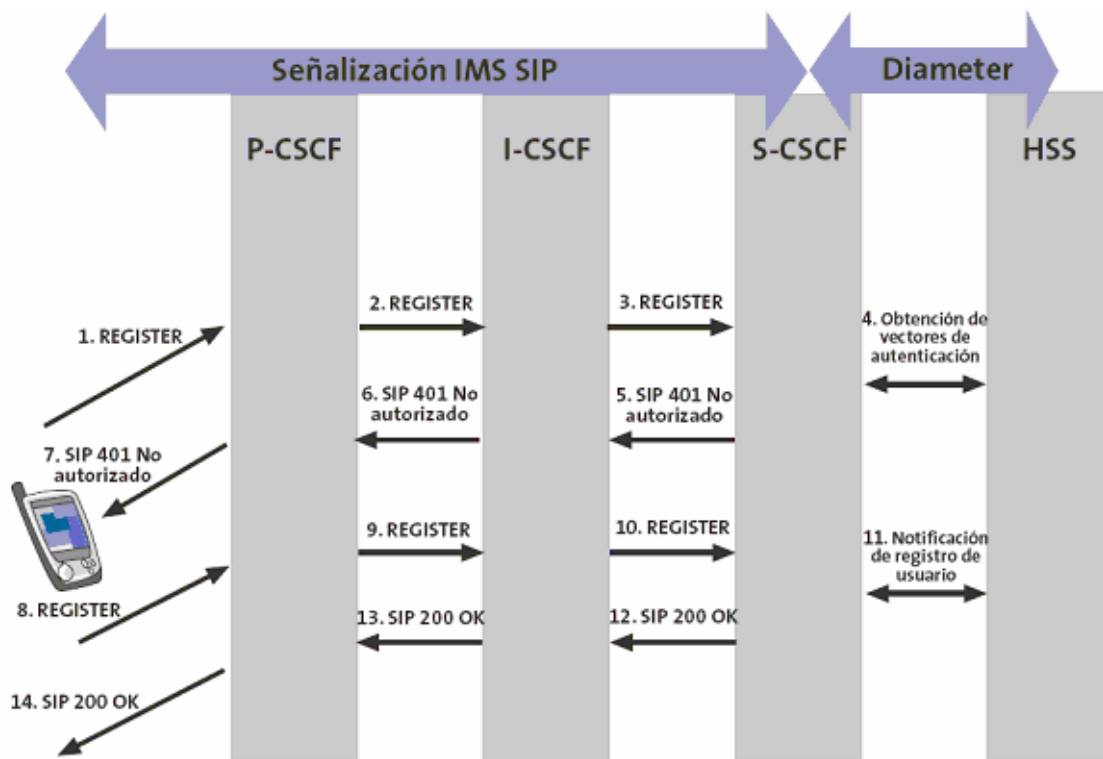


Figura 5.3. Procedimiento de registro en IMS [2]

Para realizar esta prueba en el simulador es necesario primero crear un usuario, gestionar su perfil y establecer algunos aspectos relacionados con la comunicación entre el PC y el simulador para obtener una adecuada respuesta. Esto se puede observar más detalladamente en el Anexo B. Al ejecutar el Cliente IMS de la herramienta (que para la simulación será un terminal de usuario) y registrarlo a la red de forma correcta se pueden observar los mensajes de señalización SIP, en donde *192.168.50.7:15000* se refiere al equipo de usuario y *192.168.50.7:5060* se refiere al P-CSCF debido a que el simulador

asigna estos puertos del PC a dichas entidades IMS. Al llevar a cabo el proceso de registro y ejecutar el *Trace Viewer* del simulador se puede observar lo presentado en las figuras 5.4 y 5.5:

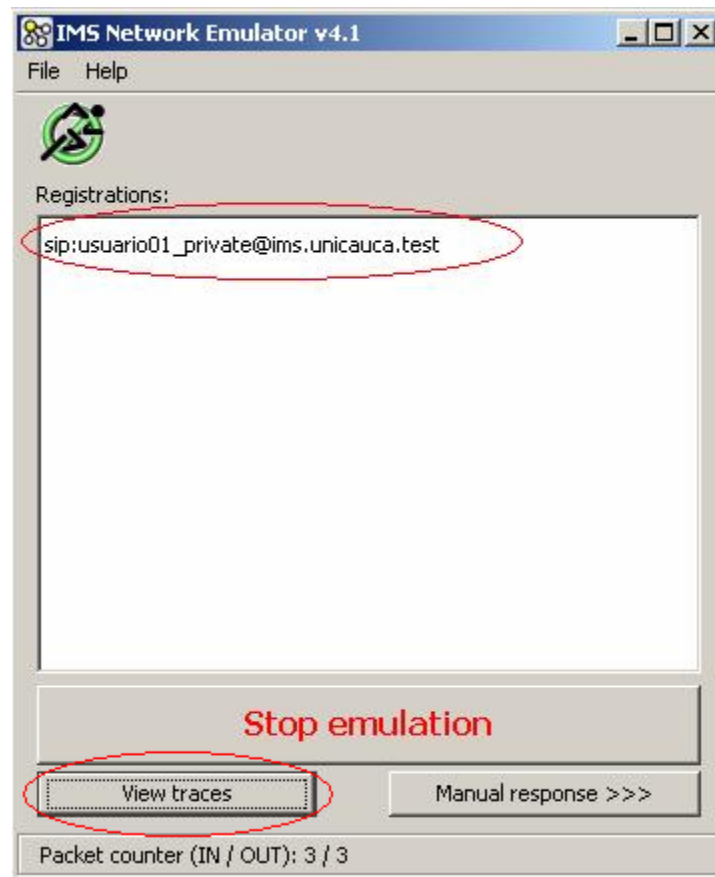


Figura 5.4. Opción *Trace Viewer* a un usuario registrado

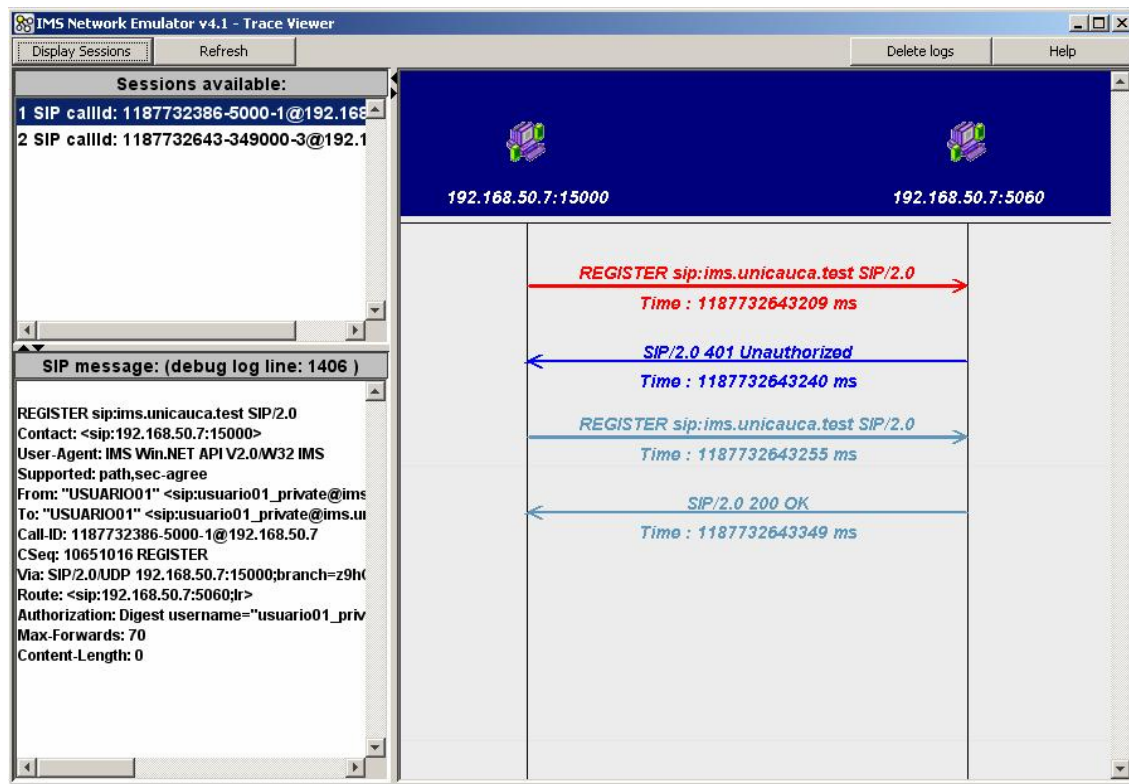


Figura 5.5. Intercambio de mensajes SIP relacionados con el registro en IMS

- **Procedimiento de suscripción al servicio de mensajería instantánea**

Primero que todo se debe tener en cuenta que es necesario que el usuario contrate la prestación de los servicios IMS con el operador de red. Los servicios contratados y el perfil de usuario se almacenarán en el HSS. De esta forma, el procedimiento de suscripción puede iniciar, en el cual el terminal envía una solicitud de suscripción al P-CSCF quien a su vez lo envía al S-CSCF localizado previamente en el procedimiento de registro. El S-CSCF envía esta solicitud al servidor de aplicación del servicio IMS el cual responde con un mensaje de éxito SIP 200 OK enviado al terminal ya que el usuario ya está registrado y ha contratado el servicio. Este procedimiento se puede observar en la Figura 5.6.

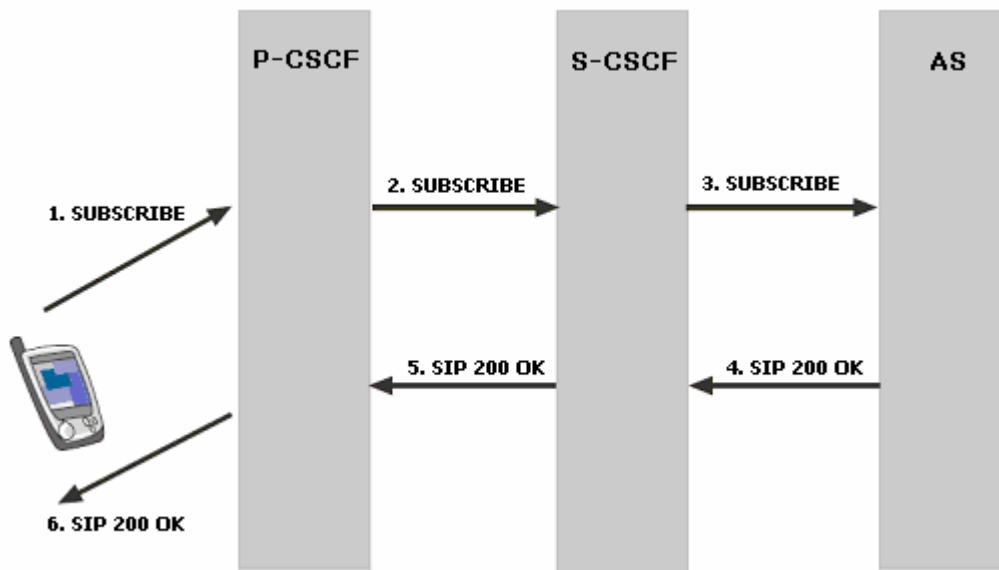


Figura 5.6. Procedimiento de suscripción a un servicio IMS

En el simulador, cuando el usuario se registra exitosamente a la red y si el servicio de mensajería instantánea se encuentra habilitado en el Editor de perfiles (ver *Anexo B*), la función *Trace Viewer* permite visualizar los mensajes SIP relacionados con la suscripción al servicio los cuales se pueden observar en la Figura 5.7.

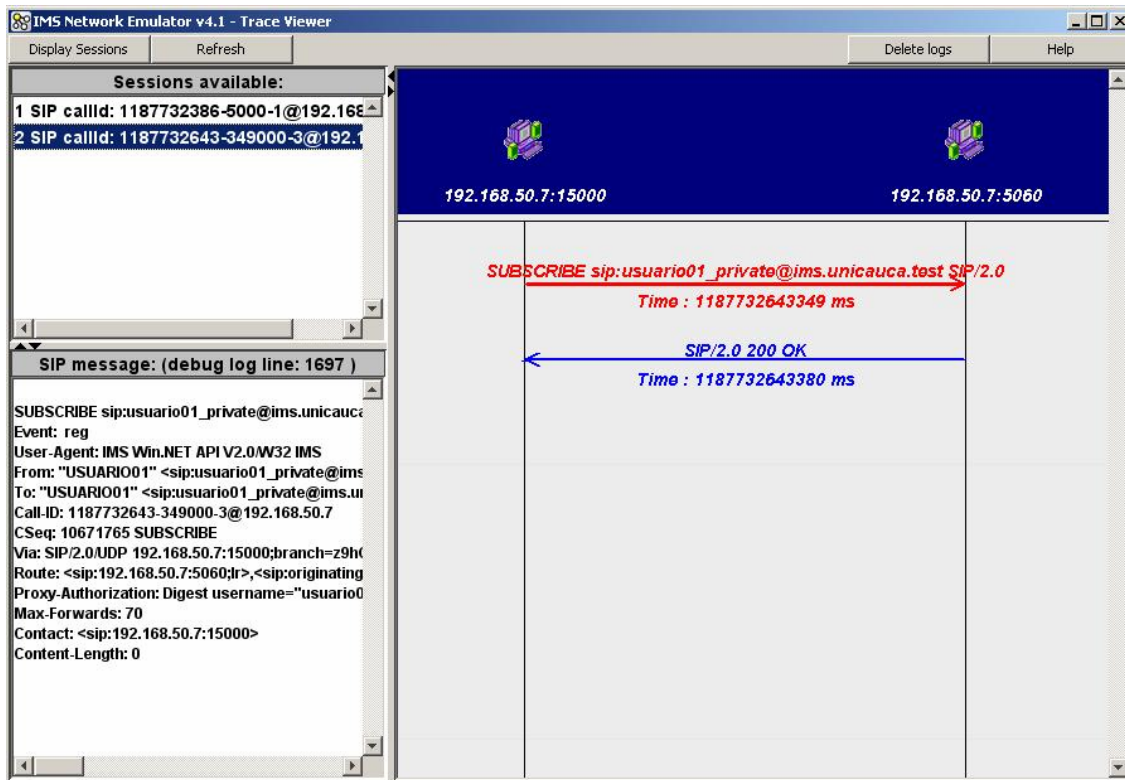


Figura 5.7. Intercambio de mensajes SIP relacionados con la suscripción al servicio

- **Intercambio de mensajes entre dos usuarios registrados**

En este procedimiento un Usuario A le desea enviar un mensaje instantáneo a un Usuario B. Para ello, el Usuario A por medio de la aplicación de mensajería instantánea en su terminal envía el mensaje hacia el P-CSCF, quien a su vez, lo envía hacia el S-CSCF localizado previamente. A continuación, el S-CSCF localiza al P-CSCF del Usuario B y le envía el mensaje. Posteriormente, el P-CSCF del Usuario B le envía el mensaje a su terminal. Por último, se envía un mensaje SIP 200 OK al terminal del Usuario A confirmando la recepción correcta del mensaje. Este procedimiento se puede observar en la Figura 5.8.

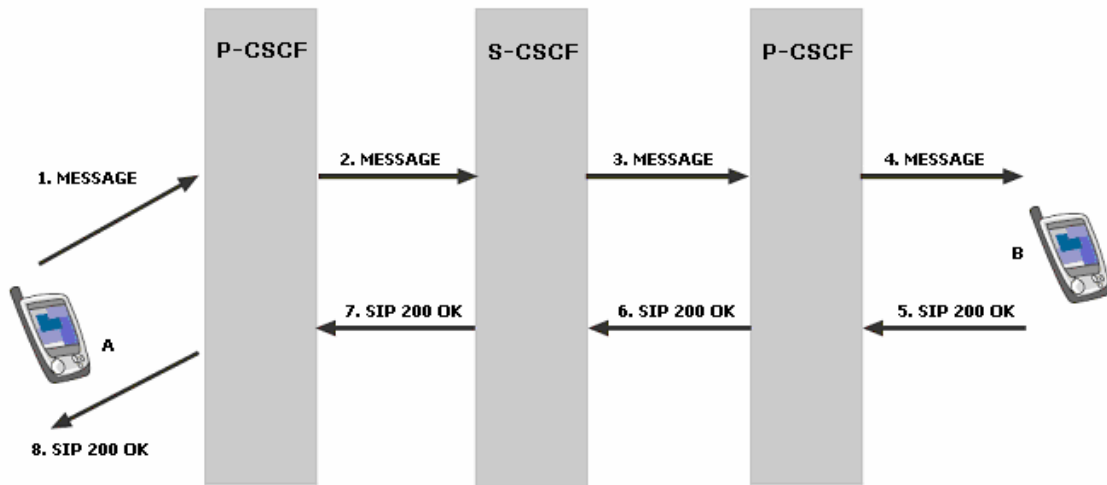


Figura 5.8. Intercambio de mensajes entre dos usuarios registrados

En el simulador, al realizar un exitoso registro y suscripción al servicio de mensajería instantánea de dos usuarios (usuario01 y usuario02) es posible intercambiar mensajes entre ellos por medio de la interfaz gráfica disponible (ver Anexo B). Al realizar esta comunicación se puede observar la señalización SIP que se presenta, en donde están definidos el origen, destino y el contenido del mensaje. Se debe tener en cuenta que en el simulador, un mismo P-CSCF atiende a los dos usuarios. Lo anterior se puede observar en la Figura 5.9.

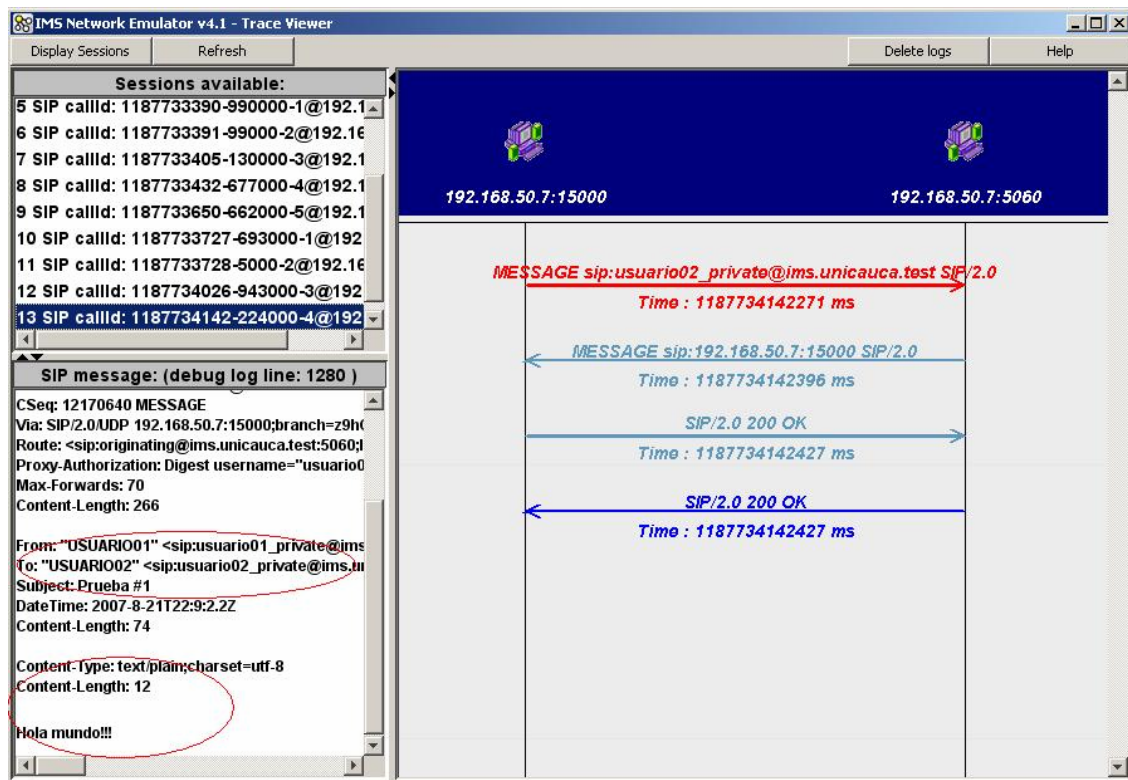


Figura 5.9. Intercambio de mensajes SIP del servicio de mensajería instantánea

La exploración de estas herramientas y las pruebas realizadas refuerzan los conceptos a cerca de IMS. Queda abierta la posibilidad para que el lector explore más a fondo las posibilidades de esta y de las otras herramientas, ya que además de permitir la familiarización con el mundo IMS, algunas brindan la posibilidad de desarrollar aplicaciones lo que iniciará el camino hacia el desarrollo de contenidos multimedia.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE TRABAJOS FUTUROS

6.1 CONCLUSIONES

- A pesar de que IMS es independiente de la tecnología de acceso, al realizar un análisis del estado actual de la red celular nacional, se determinaron ciertos puntos críticos relacionados con el acceso de usuarios a IMS. Sin embargo, se pueden realizar adaptaciones, teniendo en cuenta que algunos procedimientos de GSM/GPRS sirven como base a los procedimientos de IMS. Lo anterior permitirá llevar a cabo el establecimiento de una sesión multimedia y así poder ofrecer algunos servicios IMS.
- A pesar de que IMS no es una realidad en Colombia, brinda una buena alternativa a los operadores en la búsqueda de la convergencia de sus redes y servicios. Se debe tener en cuenta que en el país, los operadores de telefonía móvil también ofrecen servicios a otros usuarios a través de diferentes tecnologías de acceso (WiMax, ADSL, cable, entre otras).
- Una adaptación gradual por medio de etapas permite preparar el camino para una futura implementación total de IMS. Además, se logra aprovechar la infraestructura de las redes existentes, se reduce la inversión inicial y se da al operador la ventaja de realizar posteriores inversiones en el momento de que exista más capital o de acuerdo al comportamiento de los usuarios con respecto a la demanda de servicios IP multimedia. Permite la coexistencia de los nuevos servicios con los servicios actuales, siendo la adaptación completamente transparente al usuario y permitiendo al operador de telefonía celular incursionar en el mercado de servicios IMS incentivando el interés de los usuarios y ampliando su portafolio de servicios.

- Los mecanismos de adaptación relacionados con la seguridad que se pueden realizar no cumplen con los requerimientos ideales de IMS. Sin embargo, se podrá realizar el registro de los usuarios en IMS pero con un nivel de seguridad correspondiente al de la red celular actual.
- A pesar de que se realice la adaptación hacia un entorno NGN Multimedia, no se podrán brindar servicios avanzados y de tiempo real como la videoconferencia y algunos juegos, debido a que estos poseen requerimientos más exigentes en cuanto a retardos, recursos radio, calidad de servicio, ancho de banda, los cuales la red celular actual no podrá cumplir.
- La realización de pruebas mediante herramientas SW permite tener una idea y familiarizarse con un entorno IMS en el cual se pueden configurar distintos aspectos relacionados con la arquitectura y los servicios IMS.
- El despliegue de IMS en el país dependerá de las necesidades del mercado y de las asociaciones entre operadores de red, analistas, proveedores de hardware y desarrolladores de aplicaciones y servicios. Dicha asociación permitirá a la industria de las telecomunicaciones abordar distintos temas, como: los precios de los terminales, la capacidad de las redes, la transición de IPv4 a IPv6, la interoperabilidad entre distintos tipos de redes, aspectos de seguridad, la creación de servicios atractivos y útiles para los clientes, entre otros.

6.2 TRABAJOS FUTUROS

- Ya que algunos operadores de telefonía celular poseen redes fijas de banda ancha, se podría realizar un estudio técnico que permita el acceso de usuarios a IMS a través de esas redes, teniendo en cuenta su arquitectura, protocolos y posibles servicios que se puedan ofrecer.

- Debido a que las redes de próxima generación estarán basadas en IPv6, se podría realizar un estudio más profundo acerca de los mecanismos de transición IPv4/IPv6 que involucre simulaciones que permitan observar el comportamiento de la red a este tipo de adaptación.
- Gracias a las ventajas que proporciona IMS para el ofrecimiento de nuevos servicios, se podrían desarrollar servicios IMS y aplicaciones útiles e innovadoras que permitan ampliar el portafolio de servicios de un operador.
- A medida que estén disponibles nuevas herramientas software o en el momento en el que se disponga de las licencias requeridas, se podrían realizar otro tipo de simulaciones que permitan profundizar más en el comportamiento de IMS.
- Se puede realizar un estudio social y económico relacionado con el impacto que tendría la adaptación de IMS en Colombia. Además, por medio de un caso de negocios o de un análisis de mercado se podría tener una idea acerca del momento en que IMS puede ser implementado en el país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] RCT – Revista Colombiana de Telecomunicaciones. Redes de Próxima Generación. Volumen 15. Edición 40. Año 2006.

[2] Libro de AHCIET y Telefónica I+D: Las Telecomunicaciones y la Movilidad en la Sociedad de la Información. [En línea]. Disponible en web:
www.telefonica.es/sociedaddelainformacion/pdf/publicaciones/movilidad/telecoymovilidad.pdf

[3] Poikselka Miikka, Mayer Georg, Khartabil Hisham and Niemi Aki. THE IMS - IP Multimedia Concepts and Services in the Mobile Domain. Año 2006.

[4] Cuevas Antonio, Moreno José, Vidales Pablo, Einsiedler Hans. The IMS Service Platform: A Solution for Next Generation Network Operators to Be More Than Bit Pipes. [En línea]. Disponible en web:
www.deutsche-telekom-laboratories.de/~vidales/pubs/commag-ieee_acuevas-final.pdf

[5] IMS: Vía a la convergencia. [En línea]. Disponible en web:
<http://www2.cintel.org.co/rctonline/noticia.php3?nt=4611&edicion=15>

[6] 3GPP TR 22.228. “3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Service requirements for the Internet Protocol (IP) multimedia core network subsystem; Stage 1. Release 5”. [En línea]. Disponible en web:
<http://www.3gpp.org/>

[7] ZNATY Simón, DAUPHIN Jean-Louis, GELDWERTH Roland. "SIP: Session Initiation Protocol". [En línea]. Disponible en web:

<http://www.efort.com>

[8] Que es IPv6. [En línea]. Disponible en web:

<http://imasd.elmundo.es/imasd/ipv6/queesipv6.html>

[9] SDP: Session Description Protocol. [En línea]. Disponible en web:

<http://tools.ietf.org/html/rfc4566>

[10] Wikipedia. Real-time Transport Protocol. [En línea]. Disponible en web:

http://es.wikipedia.org/wiki/Real-time_Transport_Protocol

[11] Wikipedia. Protocolo de reserva de recursos. [En línea]. Disponible en web:

<http://es.wikipedia.org/wiki/Rsvp>

[12] Znaty Simon. Services et Réseaux de Télécommunication NGN. [En línea]. Disponible en web: <http://www.efort.com>

[13] 3G Americas. "IMS: Application Enabler and UMTS/HSPA Growth Catalyst" [En línea]. Disponible en web:

http://www.3gamericas.org/PDFs/white_papers/wp_IMS_UMTS-HSPA_Growth_Catalyst.pdf

[14] Lucent Technologies. IP Multimedia Subsystem (IMS) – Service Architecture. [En línea]. Disponible en web:

<http://www.lucent.com/livelink>

[15] RADVISION. IMS SIP and Signaling. [En línea]. Disponible en web:

http://www.radvision.com/Resources/WhitePapers/ims_sip.htm

[16] BEA. BEA WebLogic Communications Platform and IP Multimedia Subsystem (IMS).

[En línea]. Disponible en web:

http://dev2dev.bea.com/blog/jusmagk/archive/2005/07/link_to_bea_ims.html

[17] Sipilä Tuomo. Session Initiation Protocol in 3G. [En línea]. Disponible en web:

keskus.hut.fi/opetus/s38130/k01/Papers/Sipila-SIPin3G.pdf

[18] Pachón de la Cruz Álvaro. Revista de la Facultad de Ingeniería - Universidad ICESI: Sistemas & Telemática. Evolución de los sistemas móviles celulares GSM. [En línea].

Disponible en web:

www.icesi.edu.co/es/publicaciones/publicaciones/contenidos/sistemas_telematica/4/sistele4.pdf

[19] Halonen Timo, Romero Javier, Melero Juan. GSM, GPRS and EDGE Performance – Evolution Towards 3G/UMTS. Segunda Edición. Año 2003.

[20] Comisión de Regulación de Telecomunicaciones. Informe sectorial de Telecomunicaciones. Octava Edición. Enero 2007. [En línea]. Disponible en web:

www.crt.gov.co

[21] www.comcel.com

[22] www.movistar.com.co

[23] www.tigo.com.co

[24] Castaño Álvaro. Huawei Technologies. Asunto: SOLICITUD DE INFORMACION.

<email to:outs-alvaro.castano@huawei.com>

[25] ARPU Móvil en Latinoamérica 2003, 2004, 2005, en dólares. [En línea]. Disponible en web:

http://www.asocel.org.co/pdf/arpu_movil_en_latinoamerica_2003_2004_2005_en_dolares.pdf

[26] Triana Ricardo. Mobile Product Manager Huawei Technologies. Asunto: IMS.

<email to: ricardo.triana@huawei.com>

[27] Lal Dhananjay, Gupta Nishant, Auluck Nitin and Doumit Sarjoun. GPRS – General Packet Radio Service. [En línea]. Disponible en web: www.ececs.uc.edu/~cdmc/course/auluck_gprs.doc

[28] Bannister Jeffrey, Mather Paul, Coope Sebastian. Convergence Technologies for 3G Networks - IP, UMTS, EGPRS and ATM. Año 2004.

[29] Muñoz Ante Juan Carlos, Valencia Rojas Diana Maria. EDGE – Opción tecnológica para la evolución de la red móvil celular de Colombia hacia una infraestructura de tercera generación. Director: Ingeniero Guefry Agredo Méndez.

[30] Hanus Stanislav, Stencil Vit, Vrba Zdenek. Comparison of transmission properties of GPRS and EDGE Standard. [En línea]. Disponible en web:

<http://wes.feec.vutbr.cz/UREL/papers/100.pdf>

[31] Tektronix. Identifying Failures and Quality Problems in GPRS Networks. [En línea].

Disponible en web:

www.tek.com/Measurement/App_Notes/2F_15652/eng/2FW_15652_0.pdf

[32] 3GPP TR 22.944. “3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Report on Service Requirements for UE Functionality Split. Release 5”. [En línea]. Disponible en web:

<http://www.3gpp.org/>

[33] www.sonyericsson.com

[34] 3GPP TS 23.221. "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Architectural requirements. Release 5". [En línea]. Disponible en web:

www.arib.or.jp/IMT-2000/V620May07/5_Appendix/Rel5/23/23221-5b0.pdf

[35] 3GPP TS 23.981. "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Interworking aspects and migration scenarios for IPv4 based. IMS Implementations. Release 5". [En línea]. Disponible en web:

www.arib.or.jp/IMT-2000/V620May07/5_Appendix/Rel5/23/23981-500.pdf

[36] 3GPP TS 23.060. "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; General Packet Radio Service (GPRS); Service description. Stage 2. Release 5". [En línea]. Disponible en web:

<http://www.3gpp.org/>

[37] ETSI TS 101 344. "Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); General Packet Radio Service – GPRS. Service description; Stage 2. 3GPP TS 03.60. Release 1998". [En línea]. Disponible en web:

<http://www.3gpp.org/>

[38] Chakraborty Shyam, Frankkila Tomas, Peisa Janne, Synnergren Per. IMS Multimedia Telephony over Cellular Systems. Año 2007.

[39] Horn Günther, Howard Peter. An Introduction to the Security Features of 3GPP and Third Generation Mobile Communications Systems. [En línea]. Disponible en web:

www.isrc.rhul.ac.uk/useca/OtherPublications/vtc2000s.pdf

[40] Boman K., Horn G., Howard P., Niemi V. UMTS Security. [En línea]. Disponible en web:

www.tkn.ee.tu-berlin.de/curricula/ws0607/vl-umts/UMTS%20Security%20IEE.pdf

[41] 3GPP TS 23.003. "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network; Numbering, addressing and identification. Release 4". [En línea]. Disponible en web:

www.3gpp.org/ftp/3gpp/TS/23/23003-440.pdf

[42] Salgarelli Luca. Security in Wide-Area Wireless Networks: Theory, practice and open issues. [En línea]. Disponible en web:

<http://www.dei.unipd.it/wdyn/?IDfile=3128&IDsezione=430>

[43] 3GPP TS 23.107. "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; QoS Concept and Architecture". [En línea]. Disponible en web:

<http://www.3gpp.org/>

[44] CDMA Development Group." Maximizing Network Value: Capitalizing on the next wave of mobile broadband data applications" [En línea]. Disponible en web:

http://www.cdg.org/resources/white_papers/files/Data_Applications_Oct_07.pdf

[45] IMS Network Emulator. [En línea]. Disponible en web:

<http://www.nokiasiemens.com/idp>

[46] IBM Simulators for IP Multimedia Subsystem. [En línea]. Disponible en web:

<http://www.alphaworks.ibm.com/tech/imssimulators>

[47] The Network Simulator – NS-2. [En línea]. Disponible en web:

<http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

[48] Advanced OPNET Modeler. [En línea]. Disponible en web:

http://www.opnet.com/training/network_rd/advanced_modeler.html

GLOSARIO

2G	Second Generation
3G	Third Generation
3GPP	Third Generation Partnership Project
8PSK	8-Phase Shift Keying
AAA	Authentication, Authorization and Accounting
ALG-SIP/SDP	Application Layer Gateway SIP/SDP
AppIMS	Applications IMS
AKA	Authentication and Key Agreement
APD	Average Power Decrease
APN	Access Point Name
ARQ	Automatic Repeat Request
ATM	Asynchronous Transfer Mode
AUC	Authentication Center
AS	Application Server
BEC	Backward Error Correction
BG	Border Gateway
BGCF	Breakout Gateway Control Function
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Subsystem
BSSGP	BSS GPRS Protocol
BTS	Base Transceiver Station
CAMEL	Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic
CCU	Channel Control Unit
CDMA	Code Division Multiple Access
CDR	Call Detailed Record
CEPT	(Conference of European Post and Telecommunications)

CG	Charging Gateway
CK	Cipher Key
COPS	Common Open Policy Service
CS	Circuit Switched; Coding Scheme
CSCF	Call State Control Function
DHCPv4	Dynamic Host Configuration Protocol – Version 4
DNS	Domain Name System
DNSv4	DNS – Version 4
DSL	Digital Subscriber Line
DTMF	Dual Tone Multi-Frequency
ECSD	Enhanced Circuit Switched Data
EDGE	Enhanced Data Rates for Global Evolution
EGPRS	Enhanced GPRS
EIR	Equipment Identity Register
EMS	Enhanced Messaging Service
ESP	Encapsulating Security Payload
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FQDN	Fully Qualified Domain Name
FRS	Family Radio Service
GERAN	GSM/EDGE Radio Access Network
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GLMS	Group List Management Server
GMM	GPRS Mobility Management
GMSC	Gateway MSC
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
GPRS	General Packet Radio Service
GPRS BSS	GPRS Base Station Subsystem
GPRS MS	GPRS Mobile Station
GR	GPRS Register
GSM	Global System for Mobile communications
GSM AKA	GSM Authentication and Key Agreement
GSN	GPRS Support Node

GTP	GPRS Tunneling Protocol
HLR	Home Location Register
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSS	Home Subscriber Server
HTML	Hyper Text Markup Language
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
I-CSCF	Interrogating-CSCF
IDP	IMS Developer Program
IETF	Internet Engineering Task Force
IK	Integrity Key
IM	Instant Messaging
IMC	IMS Media Codec
IM CN	IP Multimedia Core Network
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IM MGW	IP Multimedia Media Gateway
IMPI	IP Multimedia Private Identity
IMPU	IP Multimedia Public Identity
IMS	IP Multimedia Subsystem
IMS AKA	IMS Authentication and Key Agreement
IMS NE	IMS Network Emulator
IMSI	International Mobile Station Identity
INAP	Intelligent Network Application Part
IP	Internet Protocol
IP CAN	IP Connectivity Access Network
IP MS	IP Media Server
IPAF	IP Adaptation Function
IPDT	IP Data Terminator
IPv4	IP version 4
IPv6	IP version 6
IR	Incremental Redundancy
IRC	Internet Relay Chat
ISC	IP Multimedia Service Control

ISDN	Integrated Services Digital Network
ISIM	IP Multimedia Services Identity Module
ISUP	ISDN User Part
ITU	International Telecommunications Union
JRE	Java Runtime Environment
LA	Location Area; Link Adaptation
LAPDm	Link Access Protocol for the Dm channel
LLC	Logical Link Control
LMR	Land Mobile Radio
LQC	Link Quality Control
MAC	Medium Access Control
MAP	Mobile Application Part
MCC	Mobile Country Code
MCS-x	Modulation and Coding Scheme-x
ME	Mobile Equipment
MEGACO	Media Gateway Control Protocol
MGC	Media Gateway Controller
MGW	Media Gateway
MIME	Multipurpose Internet Mail Extensions
MM	Mobility Management
MMS	Multimedia Messaging Service
MNC	Mobile Network Code
MPLS	Multi-Protocol Label Switching
MPM	Mobile Presence Manager
MRFC	Multimedia Resource Function Controller
MRFP	Multimedia Resource Function Processor
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Switching Center
MSIN	Mobile Subscriber Identification Number
MSRP	Message Session Relay Protocol
MT	Mobile Terminated
NAI	Network Access Identifier

NAT-PT	Network Address Translation - Protocol Translation
NGN	Next Generation Network
NIST	National Institute of Standards and Technologies
NS-2	Network Simulator-2
OMA	Open Mobile Alliance
OSA	Open Service Architecture
OSI	Open Systems Interconnection
P-CSCF	Proxy-CSCF
P-TMSI	Packet Temporary Mobile Station Identity
PACCH	Packet Associated Control Channel
PAGCH	Packet Access Grant Channel
PBCCH	Packet Broadcast Control Channel
PCU	Protocol Control Unit
PDCH	Packet Data Channel
PDF	Policy Decision Function
PDN	Packet Data Network
PDP	Packet Data Protocol; Policy Decision Point
PDTCH	Packet Data Traffic Channel
PEP	Policy Enforcement Point
PIM	Personal Information Manager
PLL	Physical Link subLayer
PLMN	Public Land Mobile Network
PMR	Professional Mobile Radio
PoC	Push to Talk over Cellular; Proofs of Concept
PP	Pre-Paid
PPCH	Packet Paging Channel
PRACH	Packet Random Access Channel
PS	Packet Switched
PSI	Public Service Identifier
PSTN	Public Switched Telephone Network
PTCCH	Packet Timing Control Channel
PTT	Push to Talk

QoS	Quality of Service
RA	Routing Area
RAB	Radio Access Bearer
RAI	Routing Area Identity
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados
RFL	Physical Radio Frequency SubLayer
RLC	Radio Link Control
RLS	Resource List Server
RNC	Radio Network Controller
RR	Radio Resources
RSVP	Resource Reservation Protocol
RTCP	RTP Control Protocol
RTP	Real-Time Transport Protocol
S-CSCF	Serving-CSCF
SBLP	Service Based Local Policy
SCTP	Streaming Control Transport Protocol
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SDP	Session Description Protocol
SGSN	Serving GPRS Support Node
SGW	Signalling Gateway
SIM	Subscriber Identity Module
SIP	Session Initiation Protocol
SM	Session Management
SMC	Session Management Client
SMS	Short Messaging Service
SMS-G	SMS Gateway
SMS-GMSC	SMS Gateway MSC
SMS-IW MSC	SMS Inter-Working MSC
SMTP	Simple Mail Transport Protocol
SNDCP	SubNetwork Dependent Convergent Protocol
SRTP	Secure Real-time Transport Protocol
SS7	Signalling System No. 7

TCP	Transmission Control Protocol
TDM	Time Division Multiplexing
TDMA	Time Division Multiple Access
TE	Terminal Equipment
TFT	Traffic Flow Template
TrGW	Transition Gateway
TS	Troubleshooting
UA	User Agent
UAC	User Agent Client
UAS	User Agent Server
UDP	User Datagram Protocol
UE	User Equipment
UICC	Universal Integrated Circuit Card
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
URI	Universal Resource Identifier
URL	Uniform Resource Locator
USIM	UMTS/Universal Subscriber Identity Module
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
VHE	Virtual Home Environment
VLR	Visitor Location Register
VMS/SMS	Voice Mail Services / Short Messages Services
VoIP	Voice over IP
WAP	Wireless Access Protocol
WiFi	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network