

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

MODELAJE Y ANÁLISIS TOPOLÓGICO-FUNCIONAL DE PLANTA DE ACCESO Y TRANSPORTE PSTN/NGN PARA OPERADORA DE TELECOMUNICACIONES BASADA EN EL CONCEPTO IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Romero E., Rafael J.
Para optar al Título de Ingeniero Electricista

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

MODELAJE Y ANÁLISIS TOPOLÓGICO-FUNCIONAL DE PLANTA DE ACCESO Y TRANSPORTE PSTN/NGN PARA OPERADORA DE TELECOMUNICACIONES BASADA EN EL CONCEPTO IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM

PROF. GUÍA: Carlos Fuenmayor
TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Eduardo Battistoni

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Romero E., Rafael J.
Para optar al Título de Ingeniero Electricista



CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 20 de junio de 2007

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Romero E. Rafael J., titulado:

**“MODELAJE Y ANÁLISIS TOPOLÓGICO-FUNCIONAL DE PLANTA DE
ACCESO Y TRANSPORTE PSTN/NGN PARA OPERADORA DE
TELECOMUNICACIONES BASADA EN EL CONCEPTO IP
MULTIMEDIA SUBSYSTEM”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. Luis Fernández
Jurado

Prof. Alfredo Flores
Jurado

Prof. Carlos Fuenmayor
Prof. Guía

DEDICATORIA

Este trabajo representa un logro muy importante para mi desarrollo profesional y personal. Quiero dedicárselo a:

Mi madre *Reyes Echenique*, por su cariño y apoyo incondicional, no tengo palabras para describir todo lo que significas para mí. Madre solo hay una.

A *Waleska Romero, Wilmer Romero y Carolina Bracho*, donde estén ellos siempre será mi hogar.

A mis tíos, *Asterio Betancourt, Luis Echenique y Gustavo Romero*, que siempre me apoyaron durante mi carrera, y son un modelo a seguir para mí.

A toda mi familia, en especial a mi Abuela *Francisca “Pancha”*.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy gracias a *Dios* por haberme dado las oportunidades que me permitieron estar donde estoy ahora. Son tantas las personas que de una u otra forma contribuyeron al desarrollo del presente trabajo, a todos ellos les agradezco de corazón, especialmente a:

A la Universidad Central de Venezuela, en especial a mi tutor, el Prof. *Carlos Fuenmayor*, por brindarme su confianza, sabiduría, paciencia y amistad, contribuyendo en gran parte de mi formación como persona y profesional.

A mis profesores, en especial al Prof. *Franklin Martínez* y la Prof. *Carolina Regoli*, por darme su amistad y a la vez inculcarme tres valores fundamentales: Respeto, Dedicación y Responsabilidad.

A mis amigos: *Edgar González*, *Miguel Higuera “Tuto”*, *Johenny Guerra*, *Kevin X. García* y *María Auxiliadora*, por haberme ayudado y apoyado en los momentos más difíciles durante la realización de este trabajo.

A los que siempre estuvieron en el camino a mi lado: *Oswaldo Rodríguez*, *Juan Colmenares*, *Carlos Izquierdo*, *Darihelen Montilla*, *Andrés de Andrade*, *Carlos Ibarra*, *Karla* y *Andrea Romero*, *Julide Flores*, *Ilwin Ruiz*, *María E. Orta “Mariu”*, *José Benavides*, *Juan Galeno*, *Michael Uribe*, *Osman Tovar*, *Jean Ravel* y *Stiven Fernández*, que son personas que me han dado su amistad y con las que siempre podré contar, tanto en las buenas como en las malas.

A IBM, por abrirme las puertas hacia nuevos caminos. Les agradezco a todos, *Cándida León*, *Juan Carlos Márquez*, *Amairy Correa*, *Jesús Lancianece*, *Michelle Alfonso*, *Alejandro Ponte* y *Stella González*; a los che's, *Patricio Oliverio*, *Juan*

Cavallo, Eduardo Battistoni, Pablo Battistoni, Pablo Jolly, Jerónimo Martínez y Aldo Gianelli, por la orientación, las oportunidades y la amistad.

A Liliana Parra y Adriana Zambrano, por haber sido personas muy importantes para mí en momentos determinantes durante los años en la universidad.

Romero E. Rafael J.

**MODELAJE Y ANÁLISIS TOPOLÓGICO-FUNCIONAL DE PLANTA DE
ACCESO Y TRANSPORTE PSTN/NGN PARA OPERADORA DE
TELECOMUNICACIONES BASADA EN EL CONCEPTO IP MULTIMEDIA
SUBSYSTEM**

Prof. Guía: Carlos Fuenmayor. **Tutor Industrial:** Ing. Eduardo Battistoni. **Tesis.** Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. **Ingeniero Electricista. Opción:** Comunicaciones. **Institución:** International Business Machines, 2007, 102 h. + anexos.

Palabras Claves: Migración de red, Redes IMS, Arquitectura de red, Convergencia Fija y Móvil, Servicios inteligentes, Calidad de servicio, SIP, Voz sobre IP, Protocolos, Interfaces de Red.

Resumen. Se plantea el análisis y modelaje topológico-funcional de planta de acceso y transporte de una compañía de telecomunicaciones, basado en el concepto IMS del 3GPP. Mediante el estudio de las tendencias tecnológicas actuales, protocolos usados, servicios y arquitecturas establecidas, se plantea una posible migración hacia redes de próxima generación, destacando los beneficios y el impacto tecnológico que esto conlleva. Se hace un estudio económico basado únicamente en costos de equipos e instalación, con el fin de evaluar los posibles costos de una migración hacia IMS. Basado en todo lo anterior, se pretenden generar recomendaciones que guíen al proveedor sobre los beneficios e inconvenientes de ingresar al mundo *All IP* de IMS.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS	V
RESUMEN.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
LISTA DE ACRÓNIMOS.....	XIV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
GENERALIDADES	2
1.1 Preliminares	2
1.1.1 3GPP.....	2
1.1.1.1 Estándares	3
1.1.2 TISPAN	4
1.1.2.1 Competencias principales	5
1.1.2.2 Grupos de Trabajo	5
1.1.3 <i>Next Generation Network</i> (NGN)	6
1.2 Objetivos.....	7
1.3 Resumen de Capítulos	8
CAPÍTULO II	9
IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM.....	9
2.1 Reseña histórica [2].....	9
2.2 Principios Básicos.....	10
2.3 Convergencia fija y móvil	11

2.4 Arquitectura	11
2.4.1 Red de Acceso.....	14
2.4.2 Red central	14
2.4.2.1 Base de datos del usuario	14
2.4.2.2 Entidades de usuario	15
2.4.2.3 Control de llamadas y sesiones	16
2.4.2.4 Servidores de aplicación	18
2.4.2.5 Servidores multimedia	19
2.4.2.6 Portal de Salida.....	19
2.4.2.7 Portales PSTN	20
2.4.2.8 Facturación.....	20
2.5 Calidad de servicio (QoS).....	22
2.5.1 Principales parámetros de medida de la calidad [1].....	23
2.5.2 Especificaciones de calidad de servicio (QoS) para telefonía IP.....	26
2.6 Principios del IMS	27
2.7 Ventajas de IMS sobre sistemas existentes	28
2.8 Diferencias de IMS vs. VoIP sin costo	29
CAPÍTULO III.....	31
NECESIDADES EXISTENTES	31
3.1 Planteamiento de la necesidad de un nuevo concepto de red	31
3.2 Justificación	32
3.3 Situación actual.....	33
3.3.1 ADSL.....	33
3.3.1.1 Ventajas e inconvenientes de la tecnología ADSL.....	34
3.3.2 GSM	35
3.3.3 GPRS	36
3.3.4 EDGE.....	38
3.3.5 UMTS	39
3.3.6 CDMA2000.....	41

3.3.7 Wi-Fi.....	42
3.4 Solución a la necesidad de un nuevo concepto de red	44
3.5 Metodología propuesta.....	44
3.6 Retos de migración.....	46
3.7 Escenarios de migración.....	47
3.7.1 Escenario 1: Migración de redes fijas tradicionales.....	47
3.7.2 Escenario 2: Migración de redes fijas alternativas.....	48
3.7.3 Escenario 3: Migración de redes móviles.....	49
3.7.4 Escenario 4: Nuevos proveedores de VoIP (Voz sobre IP).....	50
CAPITULO IV	51
PROPUESTA DE RED DE PRÓXIMA GENERACIÓN (NGN)	51
4.1 Arquitectura de red.....	52
4.2 Interconexiones	54
4.3 Protocolos de señalización y control.....	54
4.4 Interfaces de Red.....	63
4.5 Soluciones para QoS	66
4.6 Funcionamiento de la red IMS.....	69
4.6.1 Procedimiento de registro	69
4.6.2 Establecimiento e inicio de sesión.....	70
4.7 Servicios	73
4.7.1 Servicio de auto localización para terminales móviles.....	73
4.7.1.1 Técnicas de Posicionamiento de la red	73
4.7.1.2 Servicios a ofrecer	77
4.7.2 Servicio de auto localización para terminales fijos.....	80
4.7.3 Servicio PoC (<i>Push-to-Talk over Cellular</i>)	81
4.7.3.1 Arquitectura PoC sobre IMS.....	81
4.7.3.2 Interfaces de red PoC.....	83
4.7.3.3 Protocolos usados en PoC.....	83
4.7.3.4 Modalidades de PoC	85

4.7.3.5 Procedimiento de inicio de sesión PoC.....	88
4.7.3.6 Requerimientos para la implementación del servicio PoC	91
4.8 Estudio Económico	92
4.8.1 Equipos propuestos para una migración hacia IMS	93
CONCLUSIONES.....	97
RECOMENDACIONES.....	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
BIBLIOGRAFÍA.....	101
ANEXOS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Estructura del TISPAN	5
Figura 2.1: Arquitectura IMS	12
Figura 2.2: Parámetro de QoS	23
Figura 3.1: Redes Fijas TDM e IMS	47
Figura 3.2: Redes alternativas IMS	48
Figura 3.3: Redes móviles IMS	49
Figura 3.4: Red IMS para nuevos proveedores VoIP	50
Figura 4.1: Modelo de red IMS	52
Figura 4.2: Arquitectura del protocolo H.323	58
Figura 4.3: Interfaces IMS de comunicación y control	63
Figura 4.4: Procedimiento de registro en redes IMS	70
Figura 4.5: Establecimiento e inicio de sesión	72
Figura 4.6: Arquitectura de servicio PoC	82
Figura 4.7: Protocolos utilizados en PoC.....	84
Figura 4.8: PoC Comunicación uno a uno	85
Figura 4.9: PoC Comunicación uno a muchos	86
Figura 4.10: PoC Comunicación uno a muchos a uno	87
Figura 4.11: Inicio de sesión en PoC	90
Figura 4.12: Optimización de red usando IMS	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Efecto de pérdidas de paquetes y <i>jitter</i> en redes	26
Tabla 2.2: Grados MOS de criterio	27
Tabla 3.1: Tabla comparativa de velocidades en ADSL	34
Tabla 3.2: Comparativa de velocidad entre distintas tecnologías	40
Tabla 3.3: Características de red involucradas en la migración	46
Tabla 4.1: Familia de protocolos H.323	57
Tabla 4.2: Protocolos involucrados en Interfaces IMS	65
Tabla 4.3: Tecnologías de codificación	66
Tabla 4.4: Descripción de interfaces PoC	83
Tabla 4.5: Descripción de interfaces PoC	95

LISTA DE ACRÓNIMOS

- 3GIP:** *3rd Generation Internet Protocol.*
- 3GPP:** *3rd Generation Partnership Project.*
- AKA:** *Authentication and Key Agreement.*
- AMR:** *Adaptive Multi Rate.*
- ANSI:** *American National Standards Institute.*
- AOA:** *Angle of arrival.*
- API:** *Application Programming Interface.*
- ARIB/TTC:** *Association of Radio Industries and Businesses / Telecommunication Technology Committee (Japan).*
- AS:** *Application Server.*
- AuC:** *Authentication Center.*
- B2BUA:** *Back-to-back user agent.*
- BGCF:** *Breakout Gateway Control Function.*
- BICC:** *Bearer Independent Call Control.*
- BS:** *Billing System.*
- CAMEL:** *Customized Application for Mobile networks Enhanced Logic.*
- CAP:** *CAMEL Application Part.*
- CAPEX:** *Capital expenditure.*
- CCF:** *Charging Collector Function.*
- CDMA:** *Code Division Multiple Access.*
- CDR:** *Charging Data Record.*
- CLIP:** *Calling Line Identification Presentation.*
- CLIR:** *Calling Line Identification Registration.*
- CNG:** *Comfort Noise Generation.*
- CPE:** *Customer Premises equipment.*
- CSCF:** *Call Session Control Function.*

DHCP: *Dynamic Host Configuration Protocol.*

DNS: *Domain Name Server.*

DOA: *Difference of arrival.*

DSL: *Digital Subscriber Line.*

DUNDI: *Distributed Universal Number Discovery.*

DVB: *Digital Video Broadcasting.*

ECF: *Event Charging Function.*

ECUR: *Event Charging with Unit Reservation.*

EDGE: *Enhanced Data rates for GSM Evolution.*

ENUM: *Telephone Number Mapping.*

ETSI: *European Telecommunications Standards Institute.*

FDD: *Frequency Division Duplex.*

GPRS: *General Packet Radio Service.*

GPS: *Global Positioning System.*

GSM: *Global System for Mobile communications.*

HLR: *Home Locator Register.*

HSCSD: *High Speed Circuit Switched Data.*

HSDPA: *High Speed Downlink Packet Access.*

HSS: *Home Subscriber Server.*

HTTP: *Hipertext Transfer Protocol.*

IBCF: *Interconnection Border Control Function.*

ICID: *IMS Charging Identifier.*

IEC: *Immediate Event Charging.*

IEEE: *Institute of Electrical and Electronic Engineer.*

IETF: *Internet Engineer Task Force.*

IMEI: *International Mobile Equipment Identity.*

IMPI: *IP Multimedia Private Identity.*

IMPU: *IP Multimedia Public Identity.*

IMS: *IP Multimedia Subsystem.*

IMSI: *International Mobile Subscriber Identity.*

IN: *Intelligent Network.*

IOI: *Inter Operador Identifier.*

IP: *Internet Protocol.*

ISC: *IMS Service Control Interface.*

ISDN: *Integrated Services Digital Network.*

ISUP: *ISDN User Part.*

ITU: *International Telecommunication Union.*

LAN: *Local Access Network.*

LMU: *Location Measurement Unit.*

MAC: *Media Access Control.*

MAP: *Mobile Application Part.*

MCS: *Mobile Switching Centre.*

MGCF: *Media Gateway Control Function.*

MGW: *Media Gateway.*

MMS: *Multimedia Messaging Service.*

MOS: *Mean Opinion Score.*

MRF: *Media Resource Function.*

MRFC: *MRF Controller.*

MRFP: *Media Resource Function Processor.*

MSISDN: *Mobile Subscriber ISDN Number.*

MTP: *Message Transfer Protocol.*

NAPTR: *Naming Authority Pointer.*

NAT: *Network Address Translation.*

NGN: *Next Generation Network.*

OMA: *Open Mobile Alliance.*

OPEX: *Operation Expenditure.*

OSA: *Open Service Application.*

PCM: *Pulse Code Multiplexing.*

PBX: *Private Branch eXchange.*

PDA: *Personal Data Assistant.*

PDF: *Policy Decision Function.*

PDP: *Police Decision Point.*

PLMN: *Public Land Mobile Network.*

PoC: *Push to Talk Over Cellular.*

PSK: *Phase Shift Keying.*

PSTN: *Public Switched Telephone Network.*

QoS: *Quality of Service.*

QPSK: *Quadrature Phase Shift Keying.*

QAM: *Quadrature Amplitude Modulation.*

RAS: *Remote Access Service.*

RTCP: *RTP Control Protocol.*

RTP: *Real Time Transport Protocol.*

SCS: *Service Capability Server.*

SCTP: *Stream Control Transmission Protocol.*

SDP: *Session Description Protocol.*

SGW: *Signaling Gateway.*

SIM: *Subscriber Identity Module.*

SIP: *Session Initiation Protocol.*

SLF: *Subscriber Location Function.*

SMS: *Short Message Service.*

SPT: *Service Point Trigger.*

SRV: *Service Record.*

SS7: *Sistema de Señalización #7.*

SSF: *Service Switching Function.*

TDD: *Time Division Duplex.*

TDM: *Time Division Multiplexing.*

TDOA: *Time Difference of Arrival.*

THIG: *Topology Hiding Interface Gateway.*

TISPAN: *Telecoms & Internet converged Services & Protocols for Advanced Networks.*

TMSI: *Temporary Mobile Subscriber Identity.*

TOA: *Time of Arrival.*

TTA: *Telecommunications Technology Association.*

TTC: *Telecommunication Technology Committee.*

TTS: *Text to Speech.*

UA: *User Agent.*

UDP: *User Datagram Protocol.*

UMTS: *Universal Mobile Telecommunications System.*

URI: *Uniform Resource Identifier.*

USIM/ISIM: *Universal SIM/IP Multimedia Services Identifier Module.*

UTRA: *UMTS Terrestrial Radio Access.*

VAD: *Voice Activity Detection.*

VoIP: *Voice over IP.*

WECA: *Wireless Ethernet Compability Alliance.*

WiFi: *Wireless Fidelity.*

WiMAX: *Wireless Microwave Access.*

WLAN: *Wireless Local Access Network.*

xDSL: *Distintas formas de acceso vía DSL (ADSL, ADSL2 , ADSL2+, HDSL, VDSL, VDSL2).*

INTRODUCCIÓN

La innovación tecnológica que supuso la creación de redes PSTN (*Public Switched Telephone Service*), en su momento no tuvo precedentes. El desarrollo que tuvo hasta hace unos años fue impresionante, sin tomar en cuenta las grandes inversiones en infraestructura que implicaban tales avances. Con la llegada de sistemas de comunicación basados en conmutación de paquetes, han ido surgiendo toda una gama de ideas y aplicaciones que redefinen las telecomunicaciones como se conocen hasta ahora.

Para satisfacer la diversa demanda, surgieron distintos tipos de redes, protocolos y tecnologías; cada una atendiendo distintos sectores. Esto hizo que los sistemas fuesen difíciles de actualizar, y por lo tanto incapaces de atender el auge del tráfico IP (*Internet Protocol*) que crece día a día.

Con la creación de servicios IP con una calidad comparable a los que se ofrecen actualmente vía PSTN, y la reducción de costos de mantenimiento, surge la necesidad de redefinir el modelo de servicios y las redes existentes. La aparición de una cantidad asombrosa de soluciones que prometen llevar, de forma segura, hacia el mundo IP, tienden a confundir y no muestran un camino de migración sólido que permita al proveedor dar el paso firme hacia un esquema *All IP*.

Este trabajo tiene como objetivo ofrecer una propuesta de migración, basada en el concepto IMS (*IP Multimedia Subsystem*), que muestre todas las ventajas que se pueden alcanzar, a la vez que tome en cuenta la red existente y con ello, se disminuya el impacto que provoca un cambio de tecnología y la forma de proveer servicios. Esto no solo trae ventajas tales como reducción de costos por mantenimientos o actualizaciones, sino que permite unificar todas las redes, lo cual hace posible un despliegue de servicios sin precedentes.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Preliminares

El constante retraso en la evolución de las telecomunicaciones móviles hacia UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) junto con el uso generalizado de redes fijas paquetizadas pudo ser el factor clave para el desarrollo del concepto IMS (*IP Multimedia Subsystem*). IMS representa la implantación conservadora de la arquitectura *All-IP* en 3G, y promueve la convergencia con Internet, proporcionando servicios de contenidos y comunicaciones multimedia en tiempo real. Las tecnologías IP en las que se basa IMS, como es el caso de SIP (*Session Initiation Protocol*) para el control de sesiones e IPv6 (*Internet Protocol versión 6*) para el transporte en red, hacen posible el desarrollo rápido de los servicios y la reducción de los costos de operación e infraestructura, cualidades inherentes al mundo Internet.

A continuación se mencionan los entes y conceptos partícipes en el marco de esta evolución de las telecomunicaciones:

1.1.1 3GPP

El 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) es un acuerdo de colaboración establecido en 1998 para unificar una serie de estándares de telecomunicaciones. Entre los miembros, conocidos también como “Socios Organizacionales”, se encuentran: ARIB, CCSA, ETSI, ATIS, TTA y TTC. [10]

ARIB: *Association of Radio Industries and Businesses*, es una organización de estándares en Japón.

CCSA: *China Communications Standards Association*.

ETSI: *European Telecommunications Standards Institute*. Incluye a TISPAN (para redes fijas y convergencia hacia Internet). ETSI inspiró la creación del 3GPP.

ATIS: *Alliance for Telecommunications Industry Solutions.*

TTA: *Telecommunications Technology Association.*

TTC: *Telecommunication Technology Committee.*

El objetivo principal del 3GPP fue producir especificaciones técnicas y reportes para la 3ra generación de sistemas móviles (3G), basada en una evolución de GSM y redes de acceso terrestre (UTRA), ambas soportadas en FDD (*Frequency Division Duplex*) y TDD (*Time Division Duplex*). El enfoque fue cambiado con el paso del tiempo para mantener los estándares y reportes GSM, así como tecnologías de radio evolucionadas (GPRS, *General Packet Radio Service* y EDGE, *Enhanced Data Rates for GSM Evolution*).

3GPP no debe ser confundido con 3GPP2, el cual emite estándares para otra tecnología 3G basada en IS-95 (CDMA, *Code Division Multiplexing Access*), comúnmente conocida como CDMA2000.

1.1.1.1 Estándares

Los estándares del 3GPP son estructurados como *Releases* (Emisiones). Con frecuencia en discusiones se refieren a funcionalidades contenidas en un *Release* u otro. [10]

- **Release 98** (1998): Ésta, junto con anteriores emisiones definieron las redes GSM en vías hacia 3G.
- **Release 99** (2000 Q1): Especificó las primeras redes UMTS 3G, incorporando una interfaz CDMA.
- **Release 4** (2001 Q2): Originalmente llamada *Release 2000* – Agregó elementos tales como una red *All-IP*.
- **Release 5** (2002 Q1): Introdujo el concepto IMS y HSDPA (High Speed Downlink Packet Access).

- **Release 6** (2004 Q4): Integró operaciones con LANs Inalámbricas y agregó definiciones como: HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*), MBMS (*Multimedia Broadcast Multicast Service*) y adelantos para IMS como PoC (*Push to Talk over Cellular*) y GAN (*Generic Access Network*)
- **Release 7** (En progreso, mediados del 2007): Enfocada en disminuir el retraso, mejorar la calidad de servicio QoS y las aplicaciones en tiempo real como VoIP (*Voice over IP*). Esta especificación también se enfocará en HSPA+ (*High Speed Packet Access Evolution*), protocolo de alta velocidad para SIMs (*Subscriber Identity Module*), y la interfaz sin contacto (*Near Field Communication* permite a operadores proveer servicios como *Mobile Payments*), evolución EDGE.
- **Release 8** (En progreso, mediados del 2009): E-UTRA, Redes All-IP (SAE). El *Release 8* constituye un replanteamiento de UMTS como una tecnología de redes de cuarta generación basada en IP.

Cada *Release* incorpora cientos de estándares individuales, cada uno de los cuales pasa a través de varias revisiones. Estos documentos están disponibles de forma gratuita en el sitio *web* de la organización.

1.1.2 TISPAN

Telecoms & Internet converged Services & Protocols for Advanced Networks (TISPAN) es un cuerpo de estándares del ETSI, especializado en redes fijas, y convergencia hacia Internet. Fue formada a partir de la unión del cuerpo de Telecomunicaciones y Armonización de Protocolos de Internet sobre Redes (en inglés TIPHON) junto con Servicios y Protocolos para Redes Avanzadas (en inglés SPAN). TISPAN es responsable de todos los aspectos de estandarización de las redes NGN, esto incluye: servicios, arquitectura, protocolos, calidad de servicio, seguridad y tecnologías emergentes. Todo esto llevado de la mano con los objetivos comerciales, como miembro activo de ETSI.

1.1.2.1 Competencias principales

Entre las competencias principales de TISPAN se encuentran: la definición de aspectos generales de redes y servicios para todas las redes fijas, centrales y de acceso, nuevas y existentes. De igual manera define medios para proveer servicios públicos de comunicación en entornos heterogéneos mediante la definición de un medio genérico de creación de servicios que sea independiente de cualquier tecnología específica de red subyacente y de si es red de circuitos o de paquetes. TISPAN se enfoca en la entrega del mismo nivel de calidad y conectividad global de los nuevos servicios IP y NGN, comparado con el que se recibe de la red de telefonía pública conmutada de hoy.

1.1.2.2 Grupos de Trabajo

TISPAN está estructurado como un solo comité técnico, con competencias centrales bajo las cuales existen Grupos de Trabajo (*Working Groups*) y Equipos de Proyectos (*Project Teams*) tal como se refleja en la figura. 1. Los grupos de trabajo son: WG1 (Servicios), WG2 (Arquitectura), WG3 (Protocolo), WG4 (Numeración, Direccionamiento y Enrutamiento), WG5 (Calidad de Servicio), WG6 (Pruebas), WG7 (Seguridad) y WG8 (Gestión de red). Los Grupos de Trabajo tienen responsabilidades centrales específicas, competencias técnicas y un programa de actividades para reunir sus objetivos. [8]

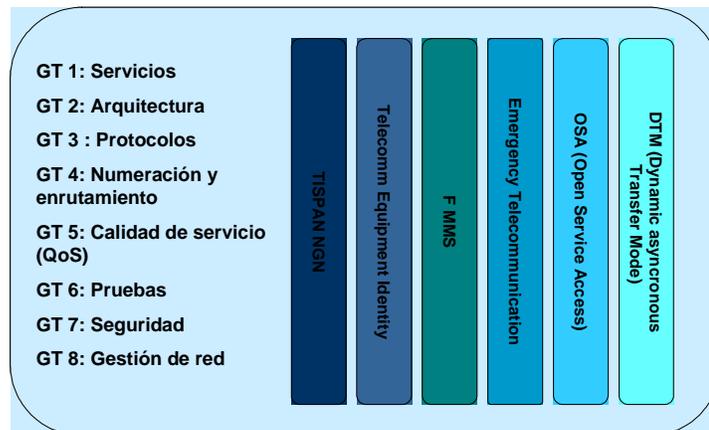


Figura 1.1: Estructura del TISPAN [8]

1.1.3 Next Generation Network (NGN)

Redes de Próxima Generación (NGN), es el término dado a una evolución en las redes de telecomunicaciones que viene siendo aplicada desde 5 a 10 años atrás. La idea general detrás de esta definición propone que toda la información (voz, datos y video) viaje a través de la red de transporte encapsulada en forma de paquetes, al igual que sucede actualmente con Internet. Las redes NGN son comúnmente construidas alrededor del *Internet Protocol* (IP), y como consecuencia es usado el termino “*All IP*” para describir las mismas.

Acorde con la ITU-T, la definición de redes de próxima generación es:

“Una Red de Próxima Generación (NGN) es una red de conmutación de paquetes capaz de proveer servicios de telecomunicaciones y transporte, cuyas funcionalidades son independientes del medio de acceso. Ofrece servicios sin restricciones, incluso móvil, a diferentes tipos de usuarios”. [11]

Las redes NGN actualmente utilizan *Internet Protocol* (IP) y *Multiprotocol Label Switching* (MPLS). A niveles de aplicación, es usado cada vez más el *Session Initiation Protocol* (SIP) muy por encima del ITU-T H.323.

Inicialmente el protocolo H.323 era de un uso generalizado, pero su popularidad se redujo drásticamente a medida que se implementaban servicios de VoIP (Voz sobre IP) sobre el protocolo SIP. Sin embargo, estos protocolos llegan a coexistir en algunas redes, usando SIP en la red de acceso y H.323 en la red de transporte. Con la llegada de IMS, el uso del protocolo H.323 ha sido delegado por la implementación del protocolo SIP.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Establecer un modelo de red NGN basado en el concepto de IMS. Esto se logra mediante el análisis en detalle del concepto IMS: arquitectura, entidades funcionales, protocolos utilizados entre otros. Se tomarán en cuenta distintos casos generales de migración.

Crear una plataforma de información que asocie debidamente las interrelaciones operativas y funcionales de todos los elementos de red que componen tanto la planta de acceso como la de transporte. Esta plataforma debe servir de base a una operadora de telecomunicaciones para una posible migración y permitir la debida configuración, expansión, aprovisionamiento y activación de infraestructura y servicios de red, además de incluir el posible impacto de la implantación.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Proponer un modelo de red de nueva generación bajo el estándar IMS (*IP Multimedia Subsystem*) considerando los siguientes aspectos:
 - Arquitectura de red
 - Protocolos de comunicación, señalización y control
 - Alcance y tiempos de implementación
 - Servicios a ofrecer
 - Integración Móvil-Fijo
- b) Elaborar un estudio económico basado únicamente en costos de implementación de la red de próxima generación (NGN) en relación a:
 - Los equipos de red
 - Su instalación
- c) Evaluación del impacto tecnológico que tendría una migración hacia un sistema basado en IMS y redes de nueva generación.
- d) Establecimiento de las recomendaciones para una posible implantación de la plataforma de red IMS.

1.3 Resumen de Capítulos

Capítulo 1

Se describe la situación en la cual se desarrolla la propuesta de migración de redes de telecomunicaciones, además de los antecedentes y participantes en el desarrollo de los estándares sobre los cuales se sustentan. Se plantean los objetivos que pretende satisfacer la propuesta de red de nueva generación.

Capítulo 2

Desarrolla el concepto de IMS (*IP Multimedia Subsystem*): arquitectura, calidad de servicio, ventajas y puntos por resolver. Los principios básicos, así como la importancia y fines están contenidos en este capítulo.

Capítulo 3

Se plantea la necesidad de esta propuesta, así como un análisis del entorno tecnológico, la solución ofrecida y los posibles escenarios presentes en las redes existentes.

Capítulo 4

Establece el modelo completo de red IMS-NGN, en el cual se describen al detalle protocolos, interfaces, control y servicios, y funcionamiento de la red. Adicionalmente se muestran dos servicios que son posibles de implementar en la nueva red: (*Push to Talk over Cellular* y Servicio de auto localización).

Capítulo II

IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM

IMS (*IP Multimedia Subsystem*) es una arquitectura estandarizada de redes de nueva generación (*Next Generation Network* NGN) para operadores de telecomunicaciones que quieran proveer servicios multimedia en sistemas fijos y móviles. Ésta usa una implementación de voz sobre IP (VoIP) basada en una aplicación estándar del 3GPP de SIP y se ejecuta sobre IP (*Internet Protocol*). La telefonía existente (tanto conmutación de circuitos como sobre IP) es soportada por esta arquitectura.

El uso de redes basadas en IMS persigue ofrecer servicios de Internet, tanto actuales como futuros de una forma totalmente transparente, a través de múltiples redes. En este sentido, IMS dará a las operadoras de red un total control de la facturación sobre los servicios. Sumado a esto, el usuario será capaz de usar todos los servicios a través de sus terminales fijos y móviles, aunque se encuentren fuera de su red local. Para manejar este tráfico, IMS utiliza protocolos IP abiertos y estandarizados, definidos por el IETF (*Internet Engineering Task Force*), de forma tal que puedan manejar sesiones entre dos usuarios cualesquiera. Más aún, las interfaces para los proveedores de servicios estarán basadas también en protocolos IP. Por todas estas razones, se dice que IMS será el verdadero puente entre Internet, con sus servicios en demanda, y los sistemas móviles y fijos.

2.1 Reseña histórica [2]

- IMS se definió originalmente en un foro industrial llamado 3G.IP, formado en 1999. Este foro desarrolló la arquitectura inicial IMS, la cual fue llevada al 3GPP como parte de un proceso de estandarización para los sistemas móviles de 3ra generación en redes UMTS. Su primera aparición fue en versión 5 (evolución de redes de 2G a 3G), cuando SIP para multimedia fue agregado. Se incluyó también soporte para redes GSM y GPRS.

- Se definió un IMS básico para permitir implementaciones que no soportaran los requerimientos de un IMS completo.
- 3GPP2 (una organización diferente) basó su dominio multimedia CDMA2000 en la versión IMS del 3GPP, añadiendo soporte para CDMA2000.
- La versión 6 del 3GPP añadió trabajos para WLAN (*Wireless Local Access Network*).
- En la versión 7 del 3GPP se agregaron desarrollos para redes fijas trabajando en conjunto con TISPAN R1.

2.2 Principios Básicos

- **Independencia de acceso:** Eventualmente IMS trabajará con cualquier red (fija, móvil o inalámbrica) con funciones de conmutación por paquetes como lo son GPRS, UMTS, CDMA2000, WCDMA, WLAN, WiMax; los sistemas de telefonía basados en conmutación de circuitos serán administradas a través de *gateways* o portales. Interfaces abiertas entre la capa de control y la de servicio contendrán elementos y sesiones de las diferentes tecnologías de red de acceso.
- **Arquitecturas de red diferentes:** IMS tendrá flexibilidad para que los proveedores de servicios y operadoras usen diferentes arquitecturas de capas inferiores de red.
- **Movilidad de terminales y usuarios:** La red móvil proveerá *roaming* a los terminales, mientras que ésta soporte IMS y SIP
- **Servicios múltiples basados en IP:** IMS podría facilitar ofrecer casi cualquier servicio basado en IP. Ejemplos de esto incluyen VoIP (voz sobre IP), PoC (pulsar y hablar por celular), juegos multiusuario, videoconferencia, mensajería, servicios comunitarios, información presencial e intercambio de contenido entre usuarios.

2.3 Convergencia fija y móvil

Originalmente IMS se diseñó para redes móviles, pero con la adición de TISPN en la versión 7, ahora las redes fijas son soportadas por el sistema. Esto es llamado convergencia fija y móvil¹, la cual se convirtió en una tendencia en la industria de las telecomunicaciones en el 2005.

La visión es para el uso de un único número, libreta de direcciones y correo de voz, tomando ventajas de los bajos costos, altas velocidades y conectividad de las líneas de redes fijas, mientras se disfruta de movilidad en la cobertura de la red móvil. Esto también incluye un *handover* invisible para llamadas entre líneas fijas y redes móviles.

Los operadores de telecomunicaciones podrán proveer de servicios a los usuarios, independientemente de su tecnología de acceso y terminales. IMS garantiza interconexión con los sistemas de telefonía existentes mientras permiten un camino abierto a las sesiones multimedia (como videoteléfono).

Las tendencias indican que los operadores de redes fijas están interesados en expandir sus servicios en el área de los operadores de redes móviles (y viceversa), lo cual reduciría costos operacionales al igual que el uso de la tecnología de VoIP

2.4 Arquitectura

El corazón de la red del IP Multimedia Subsystem es una colección de diferentes funciones, unidas entre sí por interfaces estandarizadas. Cada función o entidad, puede existir en distintas locaciones: al implementar una red IMS, es posible combinar dos funciones en un nodo, o separar una funcionalidad en dos o más nodos. Varios componentes de la red pueden estar presentes en repetidas oportunidades en la misma, para sostener el balance de carga, o por causas organizacionales.

¹ FMC: *Fixed/Mobile Convergence*

A continuación se presenta un ejemplo detallado de la arquitectura IMS para redes. Nótese la existencia de capas en las cuales residen las entidades relacionadas entre sí. Por su complejidad se agrega una leyenda, que hace más sencilla su comprensión.

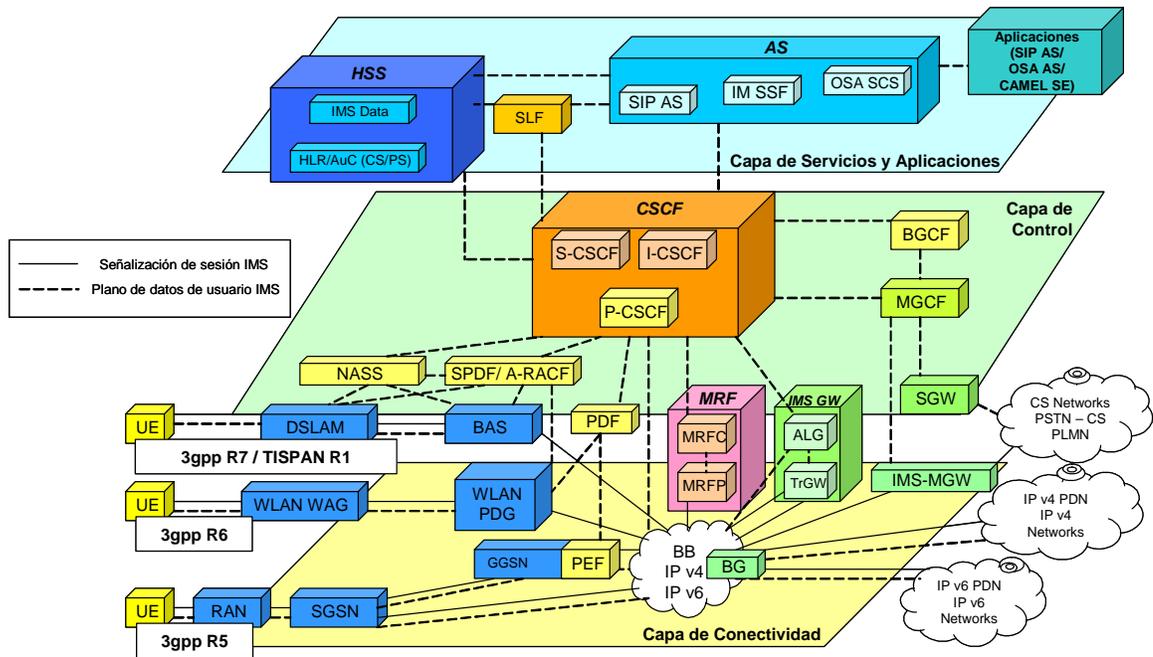


Figura 2.1: Arquitectura IMS [2]

Capa de servicios y aplicaciones		
HSS: <i>Home Subscriber Server</i>	CS: <i>Circuit Switching</i>	OSA SCS: <i>Open Service Access Service Capability Server</i>
HLR: <i>Home Location Server</i>	SLF: <i>Subscriber Location Function</i>	CAMEL SE: <i>Customised Application for Mobile networks Enhanced Logic System Enviroment</i>
AuC: <i>Authentication Center</i>	AS: <i>Application Sever</i>	
PS: <i>Packet Switching</i>	IMS SSF: <i>IMS Service Switching Function</i>	
Capa de Control		
CSCF: <i>Call Session Control Function</i>	MRF: <i>Media Resource Server</i>	BGCP: <i>Breakout Gateway Control Protocol</i>
S-CSCF: <i>Server CSCF</i>	MRFC: <i>Media Resource Function Controller</i>	MGCF: <i>Media Gateway Control Function</i>
I-CSCF: <i>Interrogating CSCF</i>	MRFP: <i>Media Resource Function Processor</i>	SG: <i>Signaling Gateway</i>
P-CSCF: <i>Proxy CSCF</i>	IMS GW: <i>IMS Gateway</i>	IMS MGW: <i>IMS Media Gateway</i>
PDF: <i>Policy Decision Function</i>	ALG: <i>Application Level Gateway</i>	PSTN: <i>Public Switched Telephone Network</i>
	TrGW: <i>Trunking Gateway</i>	PLMN: <i>Public Land Mobile Network</i>
Capa de Conectividad		
UE: <i>User Entity</i>	SGSN: <i>Serving GPRS Service Node</i>	PDG: <i>Packet Data Gateway</i>
R5, R6, R7: <i>Release 5, 6 y 7</i>	GGSN: <i>Gateway GPRS Support Node</i>	PEF: <i>Proxy Element Function</i>
DSLAM: <i>Digital Subscriber Line Access Multiplexer</i>	NASS: <i>Network Attachment Subsystem</i>	BB: <i>Broadband</i>
WLAN: <i>Wireless Local Area Network</i>	SPDF: <i>Server Policy Decision Function</i>	IP: <i>Internet Protocol</i>
WAG: <i>Wireless Access Gateway</i>	A-RACF: <i>Access Resource and Admission Control Function</i>	BG: <i>Border Gateway</i>
RAN: <i>Radio Access Network</i>	BAS: <i>Broadband Access Server</i>	PDN: <i>Public Data Network</i>

Leyenda de Figura 2.1

2.4.1 Red de Acceso

El usuario puede conectarse a una red IMS a través de varios métodos, usando en todos ellos el estándar *Internet Protocol* (IP). Los terminales IMS (teléfonos móviles, PDAs, computadoras, entre otros) podrán registrarse directamente en una red IMS, aún y cuando no estén dentro de su red local (*roaming*) o estén en otro país. Los únicos requisitos son: el uso de IPv6 (también IPv4 en la primera IMS), control de entidades mediante los protocolos H.248 y MGCP (*Media Gateway Control Protocol*); además, estar usando *SIP User Agents*. Las redes fijas (DSL, cable, módems, Ethernet), tecnología móvil (W-CDMA, CDMA2000, GSM, GPRS) y acceso inalámbrico (WLAN, WiMAX) son totalmente compatibles, mientras que otros sistemas de telefonía tales como POTS, H.323 y VoIP no compatible con IMS, serán compatibles a través de *gateways*.

2.4.2 Red central

2.4.2.1 Base de datos del usuario

El HSS (*Home Subscriber Server*) es la base de datos maestra de usuarios que soporta las entidades de la red IMS que manejan las sesiones o llamadas. Contiene la información relacionada con la suscripción (perfiles de usuario), controla lo referente a la autorización y autenticación del usuario, además de tener capacidad para ubicar de forma geográfica al mismo. Es similar a los HLR (*Home Location Register*) y AuC (*Authentication Center*) de GSM.

Cuando se usan múltiples HSSs, se necesita un SLF (*Subscriber Location Function*), el cual coordina el uso de los mismos. Ambos, el HSS y el SLF, utilizan el protocolo DIAMETER², que desempeña actividades en el proceso de autenticación, autorización y aspectos contables (AAA).

² Protocolo especificado en el IETF RFC3588 [9]. Provee conectividad entre las diferentes entidades IMS

2.4.2.2 Entidades de usuario

En redes 3GPP, se usan típicamente los siguientes identificadores o entidades, éstas se encuentran en el CSCF:

- *International Mobile Subscriber Identity (IMSI)*
- *Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI)*
- *International Mobile Equipment Identity (IMEI)*
- *Mobile Subscriber ISDN Number (MSISDN)* [10]

La única entidad que se guarda en el SIM (*Subscriber Identifier Module*) es el IMSI. Para garantizar la seguridad, el TMSI se genera por localización geográfica. Mientras IMSI/TMSI son usados para la identificación del usuario, el IMEI es una entidad propia del equipo (teléfono). EL MSISDN es el número telefónico del usuario.

Para identificar las transacciones dentro de la red IMS, se utilizan las entidades que se presentan a continuación:

- *IP Multimedia Private Identity (IMPI)*
- *IP Multimedia Public Identity (IMPU)*

Estas entidades no son números de teléfonos ni series de dígitos, son URIs (*Uniform Resource Identifier*), estos pueden ser dígitos (como un tel-URI: +1-555-123-4567) o identificador alfanumérico (como un sip-URI: john.doe@example.com).

La identidad privada (IMPI) es única para cada teléfono; se pueden asociar múltiples identidades públicas (IMPU) por cada privada IMPI (ej. un URI telefónico y un sip-URI). El IMPU puede ser compartido con otro teléfono, así ambos compartirían una identidad (por ejemplo, un solo número telefónico para una familia)

La base de datos de usuario HSS contiene: el IMPU, IMPI, IMSI y el MSISDN

2.4.2.3 Control de llamadas y sesiones

Para procesar los paquetes de señalización SIP en IMS se utilizan distintos roles, *proxys* y servidores SIP; todo este conjunto es llamado CSCF (*Call Session Control Function*) y consta de tres entidades funcionales:

1. El P-CSCF (Proxy-CSCF) es un Proxy SIP que tiene el primer punto de contacto con el terminal IMS. Este puede ser localizado tanto en la red visitada (en redes IMS totalmente implementadas), como en la red local (cuando la red visitada aún no implementa IMS); para esto, algunas redes podrían usar un *Session Border Controller*. El terminal se comunicaría con el P-CSCF a través del DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) o ser asignado al mismo (en redes GPRS) por el PDP (*Policy Decision Point*).
 - El P-CSCF se asigna a un terminal IMS durante el registro, y no cambia mientras dure el mismo.
 - Abre el camino para todos los mensajes de señalización SIP, pudiendo revisar cada uno por separado.
 - Autentifica al usuario y establece una asociación de seguridad IPsec con el terminal IMS. Esto previene ataques y protege la privacidad del usuario.
 - Otros nodos verifican directamente el P-CSCF, debido a esto, no tienen que autentificar al usuario nuevamente.
 - Puede además comprimir y descomprimir mensajes SIP usando SigComp, lo cual reduce el tiempo de llegada, sobretodo en enlaces más lentos.
 - Incluye el PDF (*Policy Decision Function*), el cual autoriza recursos tales como *quality of service* (QoS) sobre el plano multimedia. Es usado para control de seguridad, administrador de ancho de banda, etc. El PDF también podría funcionar como separador de funciones

2. El I-CSCF (*Interrogating-CSCF*) es un proxy SIP localizado en el borde del dominio del administrador de la red. Su dirección IP se publica en el DNS del dominio (utilizando los siguientes tipos de registros DNS (*Domain Name Server*): NAPTR, *Naming Authority Pointer* y SRV, *Service Record*), gracias a esto, los servidores como el P-CSCF o el S-CSCF pueden encontrarse, y usarse como punto de entrada para todos los paquetes SIP que tengan como destino la red IMS. El I-CSCF le solicita al HSS, usando las interfaces Cx y Dx de DIAMETER [9], la locación del usuario, para luego enrutar los requerimientos SIP al S-CSCF asignado. Con la versión 6 se utiliza además para esconder la red interna del mundo exterior (parte encriptada del mensaje SIP), en cuyo caso es llamado THIG (*Topology Hiding Interface Gateway*). En la versión 7, esta función fue dada al IBCF (*Interconnection Border Control Function*). EL IBCF se utiliza como portal para redes externas, además de traer funcionalidades de NAT y *Firewall (pinholding)*.

3. El S-CSCF (*Serving-CSCF*) es el nodo central del plano de señalización. Es un servidor SIP con capacidad de realizar sesiones de control. Está siempre localizado en la red local. Usa las interfaces Cx y Dx de DIAMETER [9] con el HSS, para bajar y subir información del perfil de usuario debido a que no puede almacenarla localmente.
 - Éste maneja los registros SIP, los cuales se mantienen para unir la locación del usuario (ej: la dirección IP del terminal) con la dirección SIP.
 - Abre el camino para todos los mensajes de señalización (SIP y SDP), pudiendo revisar cada uno por separado.
 - Dependiendo del servicio, escoge a cuál servidor de aplicación va a ser reenviado el mensaje SIP.
 - Provee servicios de enrutamiento, normalmente usando ENUM.
 - Refuerza las políticas del operador de red.

2.4.2.4 Servidores de aplicación

Los servidores de aplicación (AS por sus siglas en inglés) hospedan y ejecutan servicios, en interfaz con el S-CSCF usando SIP. Esto permite a los proveedores externos una fácil integración y mayor valor agregado a los servicios de la infraestructura IMS. Ejemplos de estos servicios son:

- Servicios relacionados con el identificador de llamadas (CLIP (*Caller Line Identification Presentation*), CLIR (*Calling Line Identification Registration*)).
- Llamada en espera, Retención de llamadas, Pulsar y hablar.
- Transferencias de llamadas, Reenvío de llamadas.
- Servicios de bloqueo de llamadas, Identificación de llamadas maliciosas.
- Intercepción de llamadas por la ley.
- Servicios de anuncio.
- Llamadas en conferencia.
- Buzón de voz. Texto a voz, Voz a texto.
- Servicios basados en la ubicación.
- SMS, MMS.
- Información presencial, Mensajería instantánea.

Dependiendo del servicio actual, el AS puede operar en el modo proxy SIP, en modo SIP UA (*User Agent*) o en modo SIP B2BUA (*back-to-back user agent*). Un AS se localiza en la red local o en una red externa con participación en la red IMS. Cuando está localizado en la red local, puede comunicarse con el HSS con la interfaz Sh de DIAMETER [9] (para SIP-AS y OSA-SCS) o con la interfaz MAP (para IM-SSF).

- SIP-AS: servidor de aplicación nativo de IMS.
- OSA-SCS: *Open Service Access – Service Capability Server* interfaz con la aplicación OSA usando Parlay.

- IM-SSF: *IP Multimedia Service Switching Function* interfaz con el servidor de aplicación CAMEL usando CAP (*CAMEL Application Protocol*).

2.4.2.5 Servidores multimedia

Un MRF (*Media Resource Function*) provee una fuente de multimedia en la red local. Es usado para:

- Reproducción de anuncios (audio/video).
- Conferencias multimedia (ej: mezcla de dos señales de audio).
- Conversión de texto a voz (TTS) y reconocimiento de voz.
- Decodificación en tiempo real de datos multimedia (Ej.: conversión entre diferentes *codecs*).

Cada MRF es además dividido en:

- Un MRFC (*Media Resource Function Controller*) es un nodo del plano de señalización que actúa como un *SIP User Agent* para el S-CSCF, el cual controla el MRFP con la interfaz H.248.
- El MRFP (*Media Resource Function Processor*) es un nodo del plano multimedia que implementa todas las funciones multimedia.

2.4.2.6 Portal de Salida

El BGCF (*Breakout Gateway Control Function*) es un servidor SIP que incluye funcionalidades de enrutamiento basado en números telefónicos. Sólo es usado cuando se llama desde la red IMS a una red de conmutación de circuitos, como la PSTN o la PLMN.

2.4.2.7 Portales PSTN

Un portal PSTN/CS interactúa con las redes PSTN (*CS circuit switched*). Para señalización con redes CS se utiliza ISUP³ (o BICC, *Bearer Independent Call Control*) sobre MTP (*Message Transfer Protocol*), mientras IMS use SIP sobre IP.

- El SGW (*Signaling Gateway*) interactúa con el plano de señalización de la red CS. Éste transforma protocolos de capas inferiores en protocolos de adaptación para el dominio IP basados de SIGTRAN.
- El MGCF (*Media Gateway Controller Function*) hace conversiones de protocolos de control entre SIP y ISUP, además de interactuar con el SGW sobre SCTP. También controla los recursos en el MGW con la interfaz H.248
- El MGW (*Media Gateway*) interactúa con el plano multimedia de la red CS mediante la conversión entre RTP y PCM. Este también puede codificar simultáneamente cuando los *codecs* no son los mismos (ej: IMS puede usar AMR (*Adaptive MultiRate*), PSTN puede usar G.711).

2.4.2.8 Facturación

La facturación fuera de línea se aplica a usuarios que pagan por el servicio cada cierto tiempo (ej: mensualmente). La facturación en línea, también conocida como facturación en base a crédito, es usada para servicios prepagados. Ambos pueden ser aplicados a la misma sesión.

- **Facturación fuera de línea:** Todas las entidades SIP de la red (P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF, BGCF, MRFC, MGCF, AS) usan en sus sesiones la interfaz Rf de DIAMETER [9] para enviar información de cuenta al CCF (*Charging Collector Function*) localizado dentro del bloque de servidores de aplicaciones, en el mismo dominio de red de las entidades. El CCF recoge toda la información y construye el CDR (*Charging Data Record*), éste es

³ ISDN *User Part*

enviado al BS (*Billing System*) del dominio. Cada sesión lleva un ICID (*IMS Charging Identifier*) como un único identificador. El IOI (*Inter Operator Identifier*) es un parámetro que define la red origen y la red destino y permite diferenciarlas. Cada dominio de red tiene su propio sistema de facturación, éste se encuentra en uno o varios servidores de aplicaciones; los sistemas de facturación de diferentes dominios pueden intercambiar información, por lo que pueden ser aplicados cargos por *roaming*.

- **Facturación en línea:** El S-CSCF se comunica con el SCF (*Session Charging Function*), que se encuentra en la capa de aplicaciones, y actúa como un servidor de aplicación SIP regular. El SCF puede decirle al S-CSCF que termine la sesión cuando el usuario no tenga más crédito durante la misma. El AS y el MRFC usan la interfaz Ro DIAMETER [9] a través del ECF (*Event Charging Function*), mientras se comunica con el SCF. Dentro de este tipo de facturación existen dos modos de cobro:
 - IEC (*Immediate Event Charging*): Durante la sesión, un número específico de unidades de crédito se deducen inmediatamente de la cuenta del usuario por el ECF y el MRFC o el AS, mientras se autoriza el servicio. Éste no es autorizado cuando este número de unidades de crédito no es suficiente.
 - ECUR (*Event Charging with Unit Reservation*): Cuando es mediante este modo, el ECF reserva primero un número predeterminado de unidades de crédito en la cuenta del usuario, y luego autoriza al MRFC o el AS. Luego que el servicio fue prestado, el número de unidades es reportada y deducida de la cuenta, y las unidades reservadas anteriormente son liberadas.

2.5 Calidad de servicio (QoS)

Existen diferentes conceptos de calidad de servicio, dependiendo de los elementos implicados se pueden definir a través de los siguientes puntos [1]:

- **El punto de vista del cliente:** La calidad se entiende como la satisfacción del mismo, es decir, como el grado de cumplimiento de la expectativa del servicio global (conformado por la publicidad, las tarifas, etc.) frente a su subjetiva percepción del funcionamiento de la red y del terminal, así como del servicio de preventa y postventa.
- **El punto de vista de la red:** La calidad ofrecida es el resultado de las prestaciones ofrecidas por cada una de las partes involucradas, esto es: los terminales, la red de acceso, la red de transporte (*core*) y los servicios. Al tratarse de elementos separados, aunque íntimamente relacionados, es necesario abordar cada tema por separado.

Para evaluar el grado de satisfacción del cliente, se emplean diversas técnicas, como el análisis de determinados parámetros, la evolución de la facturación de cada cliente o su grado de fidelidad. Al hablar de calidad, el concepto más aceptado es el de “calidad de servicio”, también conocido por QoS (*Quality of Service*). La ITU-T define QoS como “el efecto colectivo de funcionamiento del servicio que determina el grado de satisfacción del usuario” [11]. Se pueden identificar cuatro aspectos que conforman la calidad de servicio de acuerdo al desempeño de la red:

1. **Accesibilidad de la red:** Se refiere a la disponibilidad de recursos de red suficientes para conectarse a un servicio. Ejemplos de esto son: cobertura y disponibilidad de la red.
2. **Accesibilidad del servicio:** Incluye aspectos relacionados con la disponibilidad del servicio, tiempo de acceso, tiempo fuera de servicio.

3. **Integridad del servicio:** Se refiere a la calidad ofrecida durante el uso del servicio: caídas, calidad de voz, *throughput*, por mencionar algunos.
4. **Facturación:** Están presentes aspectos como: cargo de servicios solicitados por el cliente, detalles de cobros, eficiencia y puntualidad entre otros.

2.5.1 Principales parámetros de medida de la calidad [1]

Es importante destacar que los aspectos de calidad que se pueden evaluar han de ser registrables de alguna manera, por tanto se han de fijar metas alcanzables por los operadores y las tecnologías disponibles en cada momento, además de cumplir unos criterios de satisfacción óptimos para los clientes.

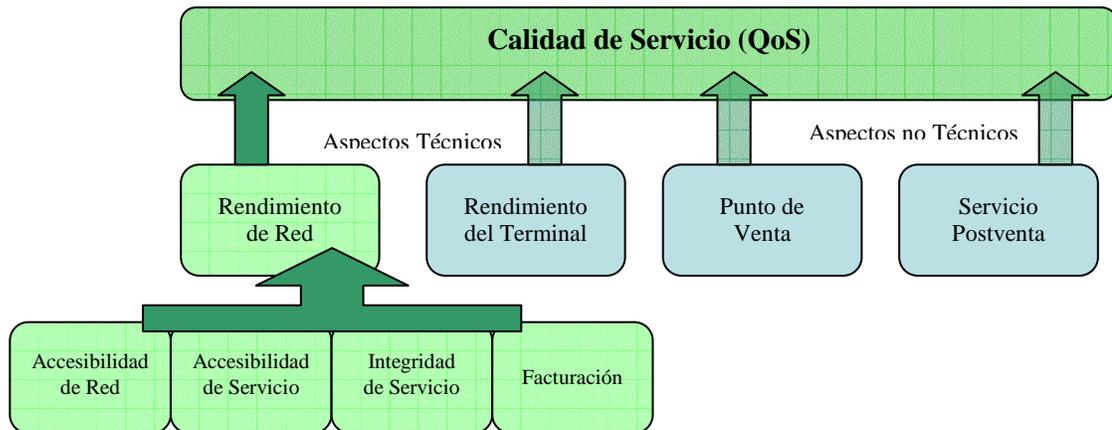


Figura 2.2: Parámetro de QoS [1]

Los parámetros de medida de la calidad de las redes y servicios móviles son de muchos tipos, cada uno depende del tipo de servicio que se esté prestando en la red. Se pueden agrupar según tres aspectos, definidos como:

1. **Accesibilidad de la red:** se incluyen parámetros de medición tales como:
 - **El nivel de potencia recibido:** Depende de la posición del móvil dentro de la célula, e indica la zona de cobertura que tiene cada célula de la red móvil. La falta de cobertura temporal o permanente de la red en una

determinada ubicación es una de las causas más frecuentes de pérdidas de calidad por parte de la red.

- ***Disponibilidad de la red:*** Cuando un usuario intenta acceder a un servicio, la red atiende la petición y provee el servicio solicitado sin mayor problema (en este caso será una petición que ha evolucionado correctamente), o por el contrario, cuando la petición no termine en la provisión del servicio solicitado. Las causas por las cuales no es posible realizar la provisión del servicio pueden ser varias, pero en todos los casos el efecto que sufre el usuario es el de un defecto o pérdida de calidad. Entre las posibles causas se encuentran, por ejemplo, la congestión de la red o la falta de recursos para atender al usuario, las interferencias creadas por otros equipos, etc.

2. Accesibilidad del servicio: Se incluyen parámetros como:

- ***El tiempo de acceso a un servicio:*** Es el tiempo que transcurre desde el momento en que el usuario realiza la petición de acceso a un determinado servicio hasta el instante en que se recibe la respuesta de éste. La contestación a la petición de acceso puede ser la provisión del servicio o la indicación de que el servicio no está disponible, que puede ser debido a la falta de recursos por congestión del servicio, o bien la indisponibilidad de éste por avería.
- ***Las indisponibilidades del servicio:*** las causas que destacan son las siguientes: servicio caído por avería, por congestión de recursos, por desactivación temporal, etc.
- ***El resultado del acceso al servicio:*** El resultado de un acceso a un servicio puede ser correcto si el servidor responde correctamente a la petición, o fallido, si el servidor no responde o no proporciona alguna de las respuestas esperadas.

3. Integridad del servicio: Éste resalta parámetros como:

- ***Calidad de la señal vocal:*** Permite valorar la calidad de la señal de voz recibida por el terminal en cada instante, y constituye una indicación del estado de la calidad de la red.
- ***Caída del servicio:*** Una caída de un servicio significa la imposibilidad de continuar accediendo a él tras establecerse la comunicación en un primer momento, siempre y cuando la imposibilidad sea motivada por cualquier causa ajena a los usuarios, siempre que éstos se encuentren en todo momento en la zona de cobertura de la red.
- ***La velocidad de acceso a un servicio o velocidad de transmisión (throughput):*** Es la cantidad de bits por segundo que se miden en una determinada transmisión durante el tiempo que dura la conexión.
- ***La calidad de la transmisión de datos:*** Permite valorar la calidad en la transmisión de archivos. Se mide mediante la tasa de error BER, que mide la calidad del canal establecido, por la cantidad de errores que se producen en la transmisión de datos.
- ***El tiempo de navegación:*** Es el tiempo que tarda el usuario en recorrer el árbol de navegación que existe desde la entrada en el servicio hasta la llegada a la página deseada.
- ***La efectividad del servicio:*** Se mide con el porcentaje de accesos al servicio realizados y completados satisfactoriamente, frente a la totalidad de los accesos realizados.

4. Facturación: Es posible observar indicadores como:

- ***Cargo de servicios solicitados:*** Permite indicar la eficacia del sistema de facturación, midiendo el porcentaje de error en el cobro de servicios no solicitados por el cliente.
- ***Detalles de cobro:*** El sistema de cobro debe ser capaz de manejar detalles como: tiempo de uso de servicios, tráfico total, fecha de activación o desactivación de servicios entre otros.

- **Tiempos de respuesta:** El tiempo total de mediciones y envío de información de cobro no debe ser mayor al ciclo contable de la empresa (generalmente un mes), de esta forma, el cobro sería de forma periódica y controlada.

2.5.2 Especificaciones de calidad de servicio (QoS) para telefonía IP

En la práctica a nivel internacional [7], la calidad de servicio (QoS) en la telefonía IP es valorada a través de los siguientes aspectos: Tiempo de establecimiento de llamada, número de paquetes perdidos, *jitter*⁴, MOS (*Mean Opinion Score*), y retardo total.

- **Tiempo de establecimiento de llamada**

Se define como el tiempo transcurrido desde el inicio de la señalización para establecer la conexión, por parte del terminal que realiza el intento, hasta el fin de la misma. El tiempo de establecimiento de llamada se divide generalmente en cuatro grados: excelente (0 a 1s); bueno (1 a 3s); regular (3 a 5s) y pobre (mayor a 5s) [7]

- **Número de paquetes perdidos y *Jitter***

En sistemas de telefonía IP, las redes son clasificadas en tres grados acordes con la pérdida de paquetes y los cambios de retardo, tal y como se muestra en la tabla inferior:

Grado de la red	Porcentaje de paquetes perdidos	<i>Jitter</i>
Buena	0	1ms
Regular	1%	20ms
Pobre	5%	60ms

Tabla 2.1: Efecto de pérdidas de paquetes y *jitter* en redes [7]

⁴ variación de retardo

- **MOS**

MOS (*Mean Opinion Score*) es un criterio subjetivo muy usado para medir la calidad del servicio de voz. Clasifica las redes con cuatro grados: excelente (4.0 a 5.0); buena (3.5 a 4.0); regular (3.0 a 3.5); deficiente (1.5 a 3.0); y pobre (0 a 1.5) [7]. La siguiente tabla muestra la correspondencia entre la satisfacción del cliente y los grados MOS.

Grado	Satisfacción del cliente
5 Excelente	Sonido destacado, retardo muy pequeño, comunicación fluida
4 Buena	Sonido claro, bajo retardo, comunicación fluida con poco ruido.
3 Regular	Sonido no muy claro, presenta cierto retardo.
2 Deficiente	Sonido poco claro, presenta gran retardo frecuentemente.
1 Pobre	Retardo muy grande que dificulta la comunicación.

Tabla 2.2: Grados MOS de criterio [7]

- **Retardo total (*end to end*)**

En sistemas telefónicos IP y en general, los requerimientos de retardo pueden ser clasificados en cuatro grados: excelente ($\leq 150\text{ms}$), bueno (150ms-250ms), regular (250ms-450ms) y pobre (por encima de 450ms) [7]. Existe una gran conexión entre el retardo total y la velocidad de transmisión de la red.

2.6 Principios del IMS

Hay una versión de IMS (3GPP TS 23.221) que ofrece características similares a la versión actual, pero no requiere la inversión de una implantación completa. Esta versión se definió como *Early IMS (Release 5 3GPP)*, y tiene las siguientes características:

- La entidad de usuario no requiere soportar Ipv6
- No se requiere un USIM/ISIM (*Universal SIM/IP Multimedia Services Identifier Module*)
- No es necesario soportar IPsec

Sin embargo, algunos de los sistemas de seguridad requieren de la presencia de un USIM/ISIM, tal como la identificación de usuario; el uso de *Early IMS* tiene implicaciones de seguridad que deben ser reconocidas.

2.7 Ventajas de IMS sobre sistemas existentes

- La red de transporte es independiente de las diferentes tecnologías de acceso
- Movilidad integrada para todas las aplicaciones de red
- Fácil migración de aplicaciones de redes fijas
- Despliegue sencillo de nuevos servicios basados en estructuras estandarizadas
- Terminales con aplicaciones personalizadas, dirigidas hacia bajos costos de inversión y mantenimiento (CAPEX y OPEX⁵).
- Nuevas aplicaciones como información presencial, videoconferencia, pulsar y hablar sobre celular (PoC), juegos multiusuario, servicios de la comunidad e intercambio de información.
- Evolución hacia los servicios combinados, tales como mensajería instantánea combinado con voz.
- Perfiles de usuario almacenados en el HSS.
- La arquitectura es diseñada para fácil escalabilidad y redundancia [12].

⁵ CAPEX: *capital expenditure*; OPEX: *operational expenditure*

2.8 Diferencias de IMS vs. VoIP sin costo

Es posible ejecutar aplicaciones de VoIP sin costo sobre la Internet actual. Entonces ¿Por qué se necesita IMS, si todos los recursos de Internet ya están a nuestra disposición? A continuación se mencionan algunas características con su respectiva comparación [1]:

- **Calidad de Servicio:** La red actual IP no ofrece garantías sobre el ancho de banda de una conexión en particular, o sobre el retraso de paquetes. Consecuente con esto, la calidad de la conversación mediante VoIP puede variar bruscamente durante la duración de la misma.
 - **Punto a favor (sobre IMS):** La estructura de enrutamiento de la Internet puede eliminar de forma efectiva problemas de ancho de banda y retardos de la gran mayoría de las llamadas basadas en VoIP. Lo que escapa al manejo de Internet, lo puede resolver un sofisticado procesamiento de audio en el equipo terminal.
 - **Punto en contra (de los sistemas sin costo):** La mayoría de las veces, el núcleo de la red Internet es capaz de manejar los problemas referentes a ancho de banda y retardos, sin embargo, el problema fundamental con VoIP sin costo es que el proveedor de Internet no puede diferenciar con facilidad si está prestando un servicio de VoIP, o es solo una aplicación con un alto requerimiento de ancho de banda. Especialmente en el cuello de botella que se produce en la red de acceso, es donde el operador de IMS puede garantizar la calidad de servicio (QoS) debido a que éste conoce cuál servicio ha sido requerido por el usuario.
- **Facturación por servicios multimedia:** Las videoconferencias transmiten una gran cantidad de información, pero el proveedor de servicios no puede facturar por separado esta carga. Algunos modelos de negocio podrían ser beneficiosos para el usuario (un precio fijo por mensaje, no por bytes), otros podrían obtener ganancias extras por mejor QoS.

- Punto a favor (sobre IMS): Una compleja plataforma de facturación es parte de la industria telefónica del pasado, la cual no es necesaria en las conexiones a Internet, las cuales son en su mayoría tarifas únicas. El costo del monitoreo de tráfico para distinguir los diferentes tipos de bytes aumentan su propio costo.
- Punto en contra (de los sistemas sin costo): La facturación en IMS es integrada y muy simple. Una tarifa única para todos los usuarios sería injusta para la mayoría de usuarios que no están interesados en descargar grandes cantidades de información periódicamente. Una arquitectura orientada a una facturación flexible (volumen de información, tiempo de sesión, servicio, tipo de servicios a utilizar) crea nuevas oportunidades y es mucho más atractiva para los usuarios finales.
- Integración de diferentes servicios: El operador tiene la capacidad de usar servicios de compañías asociadas, combinarlos, integrarlos a los ya existentes y proveer al usuario con un servicio completamente nuevo. Un ejemplo de ello lo tenemos si combinamos el buzón de voz y voz a texto, obtendríamos un servicio de mensajes de texto a voz para personas con problemas de visión.
 - Punto a favor (sobre IMS): IMS requiere que todos los servicios sean integrados dentro del sistema y luego entregados por el operador de red. Por consiguiente, sólo aquellos servicios que sean aprobados por el operador serán suplidos al cliente. El operador puede incluir el costo de la integración, y ambos proveedores del servicio deberán llegar a un acuerdo por el nuevo servicio.
 - Punto en contra (de los sistemas sin costo): Cualquier servicio de operador deberá ser integrado para garantizar estabilidad, calidad, seguridad y facilidad de uso. Con IMS la integración es mucho más sencilla y reduce los costos. El usuario puede esperar servicios más parecidos a Internet sin las complicaciones de acceso o asuntos de seguridad.

Capítulo III

NECESIDADES EXISTENTES

El avance tecnológico tan vertiginoso que se observa hoy en día deja atrás por mucho a las implementaciones de red que los operadores realizan para proveer servicios. Esto ha llevado incluso a la emisión de estándares en meses, que tiempo atrás tomaba hasta cinco años de discusiones y acuerdos. Muchas de estas promesas tecnológicas que por el momento parecen ser las sucesoras de aplicaciones actuales, son continuamente reemplazadas por una nueva y, aparentemente más eficiente, ola de soluciones de servicios.

En este ambiente tan cambiante, es extremadamente difícil para los proveedores de servicios seguir un camino que les garantice altos ingresos a cambio de bajos costos en inversión y mantenimiento. Por esta razón la mayoría de las implementaciones, tanto alámbricas como inalámbricas, todavía hacen uso de la vieja red de telefonía (PSTN) en un esfuerzo por aprovechar la alta inversión que implica la planta de acceso y transporte de la misma.

3.1 Planteamiento de la necesidad de un nuevo concepto de red

Las aplicaciones y servicios que surgen día a día (*TV Streaming*, IP TV, Música en línea entre otros) llevan al límite a una Operadora que posea una red centralizada, con altos costos de mantenimiento y de difícil actualización. El ancho de banda siempre parece ser insuficiente para el usuario, sin mencionar los artefactos electrónicos, que cada vez son más versátiles, hacen que las compañías de servicio se atrevan a dar un paso definitivo para satisfacer la alta demanda y llenar el mercado con nuevas ofertas. Gracias a las nuevas aplicaciones de servicios, surgen pequeños competidores, que con un capital limitado y en un mediano plazo, son capaces de ocupar un lugar importante dentro del mercado de las telecomunicaciones.

Es posible apreciar la tendencia del mercado hacia un servicio “múltiple play” y redes de nueva generación, a pesar del surgimiento de nuevas formas de utilización de la red fija (ADSL, ADSL2, ADSL2+, HDSL, VDSL, VDSL2 entre otros) que hasta el momento parecen ser soluciones capaces de sostener la demanda, pero ¿Hasta cuando?

Los operadores deben dar un vistazo hacia un futuro a mediano plazo, y en base a esas premisas tomar sus decisiones referentes a inversiones en planta externa antes que se vuelva obsoleta e ineficiente.

3.2 Justificación

Con el pasar del tiempo, es cada vez más costoso poseer una planta de acceso y transporte no actualizada, ya sea por la falta de elementos de repuesto, costosas reparaciones o mano de obra certificada⁶. Los servicios basados en redes paquetizadas tienen bajos costos de operación y mantenimiento, por ende, presentan mayor ganancia. La tendencia de la tecnología y el mercado apuntan hacia una red “All IP” donde cada vez la calidad de los servicios (QoS) se acerca más a una red de conmutación de circuitos, esto es uno de los puntos de cuidado, ya que el usuario tiene una muy alta exigencia (especialmente con los servicios de voz) debido a que está acostumbrado al servicio sobre redes de conmutación de servicios.

La masificación de fabricantes de equipos de red basados en IP ha producido una fuerte competencia en el mercado de proveedores, trayendo como consecuencia una disminución en el costo de los mismos. Esto coloca al alcance de pequeñas y medianas compañías la posibilidad de efectuar una migración hacia redes IP. Todo esto debe realizarse bajo premisas muy sólidas y objetivos claros, de no ser así, podría caerse en conceptos de red que no favorecen al Operador.

⁶ También llamados OPEX: *Operating expenditures*

3.3 Situación actual

Actualmente las tecnologías más usadas e implementadas en las redes móviles y fijas para proveer servicios de voz y datos son las siguientes:

3.3.1 ADSL

ADSL son las siglas de *Asymmetric Digital Subscriber Line* ("Línea de Abonado Digital Asimétrica"). Consiste en una línea digital de alta velocidad, apoyada en el par simétrico de cobre que lleva la línea telefónica convencional o línea de abonado.

Es una tecnología de acceso a Internet de banda ancha, lo que implica capacidad para transmitir más datos a mayor velocidad. Esto se consigue mediante la utilización de una banda de frecuencias más alta que la utilizada en las conversaciones telefónicas convencionales (300-3.400 Hz) por lo que, para disponer de ADSL, es necesaria la instalación de un filtro (llamado *splitter* o discriminador) que se encarga de separar la señal telefónica convencional de la que usaremos para conectarnos con ADSL.

Esta tecnología se denomina *asimétrica* debido a que la velocidad de descarga (desde la Red hasta el usuario) y de subida de datos (en sentido inverso) no coinciden. Normalmente, la velocidad de descarga es mayor que la de subida. En una línea ADSL se establecen tres canales de comunicación, que son el de envío de datos, el de recepción de datos y el de servicio telefónico normal.

Actualmente en muchos países, se están implantando versiones mejoradas de esta tecnología como ADSL2 y ADSL2+ con capacidad de suministro de televisión y video de alta calidad por el par telefónico, lo cual promete una dura competencia entre los operadores telefónicos y los de cable, y la aparición de ofertas integradas de

voz, datos y televisión⁷. Por otra parte, VDSL2 es otro estándar que se ha estado probando en redes de acceso

	ADSL	ADSL2	ADSL2+
Ancho de banda de descarga	0,5 MHz	1,1 MHz	2,2 MHz
Velocidad máxima de subida	1 Mbps	1 Mbps	1,2 Mbps
Velocidad máxima de descarga	8 Mbps	12 Mbps	24 Mbps
Distancia	2 Km.	2,5 Km.	2,5 Km.
Tiempo de sincronización	10 a 30 s	3 s	3 s
Corrección de errores	No	Sí	Sí

Tabla 3.1: Tabla comparativa de velocidades en ADSL [2]

3.3.1.1 Ventajas e inconvenientes de la tecnología ADSL

ADSL presenta una serie de ventajas y también algunos inconvenientes, respecto a la conexión telefónica a Internet estándar.

- **Ventajas**
 - Ofrece la posibilidad de hablar por teléfono mientras se navega mediante la Red Internet, ya que, como se ha indicado anteriormente, voz y datos trabajan en bandas separadas, lo cual implica canales separados.
 - Usa una infraestructura existente (la de la red telefónica básica). Esto es ventajoso, tanto para los operadores que no tienen que afrontar grandes gastos para la implantación de esta tecnología, como para los usuarios, ya que el costo y el tiempo que tardan en tener disponible el servicio es menor que si el operador tuviese que emprender obras para generar nueva infraestructura.
 - Los usuarios de **ADSL** disponen de conexión permanente a Internet, al no tener que establecer esta conexión mediante marcación o señalización

⁷ Pruebas recientes realizadas en CANTV, demostraron grandes dificultades con el ancho de banda debido a la distancia

hacia la red. Esto es posible porque se dispone de conexión punto a punto, por lo que la línea existente entre la central y el usuario no es compartida, lo que además garantiza un ancho de banda dedicado a cada usuario, y aumenta la calidad del servicio.

- Ofrece una velocidad de conexión mucho mayor que la obtenida mediante marcación telefónica a Internet (Dial up). Éste es el aspecto más interesante para los usuarios.

- **Inconvenientes**

- No todas las líneas telefónicas pueden ofrecer este servicio, debido a que las exigencias de calidad del par, tanto de ruido como de atenuación, por distancia a la central, son más estrictas que para el servicio telefónico básico. De hecho, el límite teórico para un servicio aceptable, equivale a 5,5 Km.
- Debido al cuidado que requieren estas líneas, el servicio no es económico en países con pocas o malas infraestructuras, sobre todo si lo comparamos con los precios en otros países con infraestructuras más avanzadas.
- El *router* necesario para disponer de conexión, o en su defecto, el módem **ADSL**, es caro (en menor medida en el caso del módem).
- Se requiere una línea telefónica para su funcionamiento, aunque puede utilizarse para canalizar llamadas.

3.3.2 GSM

Global System for Mobile communications (Sistema Global para las Comunicaciones Móviles), anteriormente conocida como "*Group Special Mobile*" (GSM, Grupo Especial Móvil) es un estándar mundial para teléfonos móviles

digitales. El estándar fue creado por la CEPT y posteriormente desarrollado por ETSI como un estándar para los teléfonos móviles europeos, con la intención de desarrollar una normativa que fuera adoptada mundialmente. El estándar es abierto, no propietario y evolutivo (aún en desarrollo). Es el estándar predominante en Europa, así como el mayoritario en el resto del mundo (alrededor del 70% de los usuarios de teléfonos móviles del mundo en 2001 usaban GSM).

GSM difiere de sus antecesores principalmente en que tanto los canales de voz como las señales, son digitales. Se ha diseñado así para un moderado nivel de seguridad.

GSM emplea una modulación GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*) obtenida a partir de una modulación MSK que es un tipo especial de FSK. Para el acceso en el interfaz radio o Abis se utiliza el sistema TDMA de banda estrecha (*Time Division Multiple Access*) entre la estación base y el teléfono celular, utilizando dos canales de radio de frecuencia dúplex. GSM tiene cuatro versiones principales basadas en la banda: GSM-850, GSM-900, GSM-1800 y GSM-1900. GSM-900 (900 MHz) y GSM-1800 (1,8 GHz) son utilizadas en la mayor parte del mundo, salvo en Estados Unidos, Canadá y el resto de América Latina que utilizan el CDMA, lugares en los que se utilizan las bandas de GSM-850 y GSM-1900 (1,9 GHz).

Las implementaciones más veloces de GSM para datos se denominan GPRS y EDGE, también denominadas generaciones intermedias o 2.5G, que conducen hacia la tercera generación 3G o UMTS.

3.3.3 GPRS

General Packet Radio Service es una tecnología digital de telefonía móvil. Es considerada la generación 2.5, entre la segunda generación (GSM) y la tercera

(UMTS). Proporciona altas velocidades de transferencia de datos (especialmente útil para conectar a Internet), y se utiliza en las redes GSM.

GPRS es sólo una modificación de la forma de transmitir datos en una red GSM, pasando de la conmutación de circuitos en GSM (donde el circuito está permanentemente reservado mientras dure la comunicación aunque no se envíe información en un momento dado), a la conmutación de paquetes.

Desde el punto de vista del Operador de Telefonía Móvil, es una forma sencilla de migrar la red desde GSM a una red UMTS debido que las antenas (la parte más cara de una red de Telecomunicaciones móviles) sufren sólo ligeros cambios, y los elementos nuevos de red necesarios para GPRS serán compartidos en el futuro con la red UMTS.

GPRS es básicamente una comunicación basada en paquetes de datos. Los intervalos de tiempo (*timeslots*) se asignan en GSM generalmente mediante una conexión conmutada, pero en GPRS los intervalos de tiempo se asignan a la conexión de paquetes, mediante un sistema basado en la demanda. Esto significa que si no se envía ningún dato por el usuario, las frecuencias quedan libres para ser utilizadas por otros usuarios.

En GPRS es posible tener terminales que gestionen cuatro canales simultáneos de recepción y dos de transmisión, pasando de velocidades de 9,6 kbps en GSM a 40 kbps en recepción en GPRS, y 20 kbps de transmisión.

Otra ventaja de la conmutación de paquetes es que, al ocuparse los recursos sólo cuando se transmite o recibe información, la tarificación por parte del operador de telefonía móvil sólo se produce por la información transitada, no por el tiempo de conexión. Esto hace posible aplicaciones en la que un dispositivo móvil se conecta a la red y permanece conectado durante un período prolongado de tiempo sin que ello afecte en gran medida a la cantidad facturada por el operador.

3.3.4 EDGE

EDGE es el acrónimo para *Enhanced Data rates for GSM Evolution* (Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM). También conocida como **EGPRS** (*Enhanced GPRS*).

Es una tecnología de la telefonía móvil celular, que actúa como puente entre las redes 2G y 3G. EDGE se considera una evolución del GPRS (*General Packet Radio Service*). Esta tecnología funciona con redes TDMA y su mejora, GSM. Aunque EDGE funciona con cualquier GSM que tenga implementado GPRS, el operador debe implementar las actualizaciones necesarias, además no todos los teléfonos móviles soportan esta tecnología.

EDGE, o EGPRS, puede ser usado en cualquier transferencia de datos basada en conmutación por paquetes (*Packet Switched*), como lo es la conexión a Internet. Los beneficios de EDGE sobre GPRS se pueden ver en las aplicaciones que requieren una velocidad de transferencia de datos, o ancho de banda alta, como video y otros servicios multimedia.

EDGE puede alcanzar una velocidad de transmisión de 384 kbps en modo de paquetes, con lo cual cumple los requisitos de la ITU para una red 3G, también ha sido aceptado por la ITU como parte de IMT-2000, de la familia de estándares 3G. También mejora el modo de circuitos de datos llamado HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*), aumentando el ancho de banda para el servicio. EDGE fue implementado en las redes GSM de Norte América en el año 2003.

Aunque la tecnología UMTS (3ra generación europea de redes móviles) es de mayor capacidad de transferencia, y cronológicamente más reciente, sus altos costos de implementación, y poco apoyo, hacen que una buena cantidad de operadores de telefonía móvil celular tengan implementada todavía la tecnología EDGE, dominando el mercado global de las comunicaciones GSM/GPRS.

Para la implementación de EDGE por parte de un operador, la red principal, o *core network*, no necesita ser modificada, sin embargo, las estaciones bases, BTS, sí deben serlo. Se deben instalar equipos compatibles con EDGE, además de nuevas terminales (teléfonos), y un software que pueda decodificar/codificar los nuevos esquemas de modulación.

La definición de EDGE, si es de 2 o 3G, depende de su implementación. Mientras la Clase 3 e inferiores, claramente no son 3G, la Clase 4 y superiores, presentan un ancho de banda superior a otras tecnologías consideradas 3G (Como 1xRTT). En Clase 10, con un ancho de banda superior a 230 kbps, EDGE logra trascender las definiciones comunes de 2G y 3G.

3.3.5 UMTS

Universal Mobile Telecommunications System o W-CDMA. Es una de las llamadas tecnologías de tercera generación (3G). Reemplaza a GSM.

- **Principales características**

UMTS permite introducir muchos más usuarios a la red global del sistema, y además permite incrementar la velocidad a 2 Mbps por usuario móvil. Está siendo desarrollado por 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*), un proyecto común en el que colaboran: ETSI (Europa), ARIB/TTC (Japón), ANSI T-1 (USA), TTA (Corea), CWTS (China). Para alcanzar la aceptación global, 3GPP va introduciendo UMTS por fases y versiones anuales. La primera fue en 1999, describía transiciones desde redes GSM. En el 2000, se describieron transiciones desde IS-95 y TDMA.

Es una tecnología apropiada para una gran variedad de usuarios y tipos de servicios, y no solamente para usuarios muy avanzados, UMTS ofrece:

- Facilidad de uso y bajos costos

- Nuevos y mejorados servicios
- Acceso rápido
- Transmisión de paquetes de datos y velocidad de transferencia de datos por demanda

UMTS usa una comunicación terrestre basada en una interfaz de radio W-CDMA, conocida como UMTS *Terrestrial Radio Access* (UTRA). Soporta división de tiempo *duplex* (TDD) y división de frecuencia *duplex* (FDD). Ambos modelos ofrecen *ratios* de información de hasta 2 Mbps. Recientemente, UMTS ha sido complementado con HSUPA (*High-Speed Uplink Packet Access*) y HSDPA (*High-Speed Downlink Packet Access*).

Sistema	Kbps max. teóricos	Kbps max. reales	Comentarios
GSM	9,6	9,6	Conmutación de circuitos
HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)	57,6	28,8	Se agrupan varios canales GSM para una misma transmisión de datos
GPRS	171,2	44	Conmutación de paquetes
EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution)	384	70	Cambio de sistema de modulación (8-PSK)
UMTS R99	2000	384	Interfaz radio UTRAN Subida máxima 128 Kpbs
UMTS HSDPA 1.8Mbps (High-Speed Downlink Packet Access)	1800	Picos cerca de 1800 (típico 1000)	Cambios en modo paquetes, modulación QPSK. Mejora principalmente la bajada, la subida máxima es 384 Kbps).
UMTS HSDPA 3.6Mbps	3600	Picos cerca de 3000 (típico 1400)	Como UMTS HSDPA 1.8Mbps pero modulación 16-QAM
UMTS HSDPA 7.2Mbps	7200	Picos cerca de 6000 (típico ~4000)	Como UMTS HSDPA 3.6Mbps pero con uso de 10 códigos (en vez de 5)
UMTS HSUPA 1.4Mbps (EUL) High-Speed Uplink Packet Access (Enhanced UpLink)	1440	Picos cerca de 1800 (típico 900)	Implica solamente cambios en modo paquetes de subida Normalmente se asocia con modos de bajada HSDPA 3.6 o 7.2 Mbps

Tabla 3.2: Comparativa de velocidad entre distintas tecnologías [2]

3.3.6 CDMA2000

CDMA2000 es una familia de estándares en telecomunicaciones móviles de tercera generación (3G) que utilizan CDMA, un esquema de acceso múltiple para redes digitales, para enviar voz, datos, y señalización entre teléfonos celulares y estaciones base. Ésta es la segunda generación de la telefonía celular digital CDMA.

CDMA (*Code Division Multiple Access*) es una tecnología digital móvil que transmite flujos de bits y cuyos canales son divididos usando códigos. CDMA permite compartir el mismo canal de frecuencia con múltiples terminales. Lo contrario sucede en TDMA (*Time Division Multiple Access*), el sistema competidor usado en GSM; todas las terminales pueden estar activas todo el tiempo, porque la capacidad de la red no limita directamente el número de terminales activas. Ya que grandes cantidades de teléfonos pueden ser atendidos por números pequeños de radio bases, los estándares basados en CDMA han significado una ventaja económica sobre los estándares basados en TDMA, o sobre los obsoletos estándares que utilizaban FDMA (*Frequency Division Multiple Access*).

CDMA2000 es una interfaz aprobada por el estándar ITU IMT-2000 y un sucesor directo de la 2G CDMA, IS-95 (cdmaOne). CDMA2000 es estandarizado por 3GPP2.

CDMA2000 es una marca registrada de la *Telecommunications Industry Association* (TIA-USA) en los Estados Unidos, no del término genérico CDMA (Anteriormente TIA nombró el estándar 2G CDMA, IS-95, como cdmaOne.). CDMA2000 es un competidor incompatible con otros estándares 3G como W-CDMA (UMTS).

CDMA2000 1xEV-DO (1x *Evolution-Data Optimized*, originalmente 1x *Evolution-Data Only*), también referido como 1xEV-DO, EV-DO, EVDO, o sólo DO, es una evolución de CDMA2000 1x con una alta velocidad de datos *High Data*

Rate (HDR) y donde el enlace de bajada es multiplexado mediante división de tiempo. Este estándar de interfaz 3G ha sido denominada IS-856. Soporta velocidades de bajada de 3,1 Mbps y 154 Kbps en el enlace de subida.

3.3.7 Wi-Fi

Wi-Fi (o **Wi-fi**, **WiFi**, **Wifi**, **wifi**) es un conjunto de estándares para redes inalámbricas basados en las especificaciones IEEE 802.11. Creado para ser utilizado en redes locales inalámbricas, es frecuente que en la actualidad también se utilice para acceder a Internet.

Wi-Fi es una marca de la *Wi-Fi Alliance* (anteriormente conocida como *Wireless Ethernet Compatibility Alliance*), la organización comercial que prueba y certifica que los equipos cumplen los estándares IEEE 802.11x.

El problema principal que pretende resolver la normalización es la compatibilidad. No obstante existen distintos estándares que definen distintos tipos de redes inalámbricas. Esta variedad produce confusión en el mercado y los fabricantes. Para resolver este problema, los principales vendedores de soluciones inalámbricas (3com, Airones, Intersil, Lucent Technologies, Nokia y Symbol Technologies) crearon en 1999 una asociación conocida como WECA (*Wireless Ethernet Compability Alliance*, Alianza de Compatibilidad Ethernet Inalámbrica). El objetivo de esta asociación fue crear una marca que permitiese fomentar más fácilmente la tecnología inalámbrica y asegurase la compatibilidad de equipos.

De esta forma, en abril de 2000, WECA certifica la interoperabilidad de equipos según la norma IEEE 802.11b bajo la marca Wi-Fi (*Wireless Fidelity*, Fidelidad Inalámbrica). Esto quiere decir que el usuario tiene la garantía de que todos los equipos que tenga el sello **Wi-Fi**, pueden trabajar juntos sin problemas independientemente del fabricante de cada uno de ellos.

En el año 2002 eran casi 150 miembros de la asociación WECA. Como la norma 802.11b ofrece una velocidad máxima de transferencia de 11 Mbps, ya existen estándares que permiten velocidades superiores, WECA no se ha querido quedar atrás. Por ese motivo, WECA anunció que empezaría a certificar también los equipos IEEE 802.11a de la banda de 5 GHz mediante la marca Wi-Fi5.

La norma IEEE.802.11 fue diseñada para sustituir a las capas físicas y MAC de la norma 802.3 (Ethernet). Esto quiere decir que en lo único que se diferencia una red Wi-Fi de una red Ethernet, es en la forma como los computadores y terminales en general acceden a la red; el resto es idéntico. Por tanto una red local inalámbrica 802.11 es completamente compatible con todos los servicios de las redes locales de cable 802.3 (Ethernet).

Los estándares IEEE 802.11b e IEEE 802.11g disfrutaban de una aceptación internacional debido a que la banda de 2.4 GHz, está disponible casi universalmente, con una velocidad de hasta 11 Mbps y 54 Mbps, respectivamente. Existe también un primer borrador del estándar IEEE 802.11n que trabaja a 2.4 GHz, a una velocidad de 108 Mbps.

En la actualidad ya se maneja también el estándar IEEE 802.11a, conocido como WIFI 5, que opera en la banda de 5 GHz, y que disfruta de una operatividad con canales relativamente limpios. La banda de 5 GHz ha sido recientemente habilitada, y además, no existen otras tecnologías (Bluetooth, micro-ondas, entre otras) que la estén utilizando, por lo tanto hay muy pocas interferencias.

La tecnología inalámbrica Bluetooth también funciona a una frecuencia de 2.4 GHz, por lo que puede presentar interferencias con Wi-Fi, sin embargo, en la versión 1.2 y mayores del estándar Bluetooth, se ha actualizado su especificación para que no haya interferencias en la utilización simultánea de ambas tecnologías.

3.4 Solución a la necesidad de un nuevo concepto de red

Proponer un modelo de red IP, abierta y en constante actualización, que sea capaz de soportar la demanda de servicios y ancho de banda que hoy en día exige el mercado además de proveer acceso mediante las tecnologías más usadas en la actualidad. Una solución compuesta por una red convergente en conjunto con el modelo IMS, satisface el creciente mercado de hoy en día. El usuario final tendría acceso a la comunicación desde cualquier lugar, y si las tendencias cambian, la red estaría en capacidad de asumir estos cambios.

3.5 Metodología propuesta

Para realizar la migración es recomendable el cumplimiento de las siguientes tareas:

- **Estudio de mercado**

A través de éste, es posible tener información actualizada de las tendencias tecnológicas, e indica las vías para un posible cambio o actualización de planta.

- **Nuevos servicios**

La innovación constante es parte de un negocio exitoso, por ello es vital ofrecer nuevos servicios que atraigan nuevos clientes, además de mantener a los actuales. Los cambios en la red deben ser planificados y coordinados con el surgimiento de un nuevo catálogo de servicios.

- **Inventario Red actual**

Antes de cualquier cambio significativo en la red, es indispensable un inventario completo y actualizado de la misma. El conocimiento en detalle de la capacidad de planta permitiría el trazado de un plan de migración con el menor impacto posible en el funcionamiento de los servicios.

- **Análisis de costos**

Según las tecnologías de conexión y transmisión escogidas, y basándose en un modelo de red acorde con estas características, se debe realizar un análisis de costos, que incluya equipos, instalación, mantenimiento entre otros gastos.

- **Dimensionamiento de red y plan de adquisición de equipos**

Tomando en cuenta el crecimiento esperado y el presupuesto actual, se recomienda realizar un dimensionamiento de la futura red y plan de adquisición de equipos, ya que generalmente el gasto que implica una migración es difícil de afrontar de forma única.

- **Licitación de equipos**

Una vez que se tengan los posibles equipos y sus capacidades, es recomendable una licitación para escoger un proveedor. Este proceso garantiza un análisis exhaustivo de las ofertas de cada una de las compañías que ofrecen soluciones que se adaptan a las necesidades del negocio.

- **Plan de migración**

Tomando en cuenta la forma de adquisición de los equipos, el inventario de red y los servicios a ser implementados, se realiza un plan de migración.

- **Impacto tecnológico**

Es importante tomar en cuenta el impacto que se produce en el cliente, si el salto tecnológico es muy pronunciado, el equipo terminal podría quedar obsoleto. Por ello es recomendable un cambio progresivo de redes y equipos antes de llegar hasta el terminal de usuario.

3.6 Retos de migración

Muchas compañías y operadores de red modifican sus redes de circuitos conmutados y las presentan como soluciones IMS. Este tipo de cambios no igualan en muchos aspectos a lo que implica una migración de redes PSTN a una red IMS.

Para tener una idea de cómo se debe realizar una migración completa desde PSTN a IMS, se muestra una tabla que describe en general cada aspecto de la misma.

Elemento a migrar	Transporte	Señalización	Conmutación	Creación de servicios	Red de acceso ⁸	Equipamiento del cliente
Desde	PSTN ⁹	SS7/MF ¹⁰	Clase 4/5	AIN ¹¹	DLCs E1 xDSL	POTS pbs. PCs
Hacia	IP	SIP H.248	Gateways (Portales)	Servidores SIP Servidores de aplicación	Cobre Fibra Wi-Fi 3G	IP PBX Teléfonos SIP PCs

Tabla 3.3: Características de red involucradas en la migración [9]

Se debe tener en cuenta que hay muchos tipos de proveedores y redes, por lo tanto, cada uno debe manejar sus necesidades en base a la demanda y a los recursos disponibles. Para tener un ejemplo, en el punto siguiente se mencionan los tipos de redes más generalizados y la solución propuesta.

⁸ Se recomienda mantener la red de acceso (ver recomendaciones)

⁹ *Public Switched Telephone Network*

¹⁰ Sistema de Señalización N° 7 / Multifrecuencial

¹¹ *Advance Intelligent Network (AIN)*

3.7 Escenarios de migración

Los proveedores de soluciones de migración deben proponer una arquitectura que permita una transición desde los sistemas legados hacia una red IMS. Esta transición debe ser lo menos brusca posible, para tener como resultado un impacto mínimo en áreas de operación y los clientes.

La capa de aplicación permite a los operadores desplegar servicios de forma rápida y efectiva, en combinación con las compañías externas. Los escenarios presentados a continuación plantean migraciones hacia IMS en coexistencia con PSTN y terceros proveedores de servicios.

3.7.1 Escenario 1: Migración de redes fijas tradicionales.

Los operadores de red fija serán capaces de ofrecer mejores servicios utilizando una arquitectura basada en IMS. A través de Portales IMS (IMS Gateways) es posible seguir comunicando las zonas de red que aún no estén en proceso de migración. Puede usarse una imitación de los servicios tradicionales PSTN para reducir el impacto en el cliente y ofrecer transparencia en el servicio.

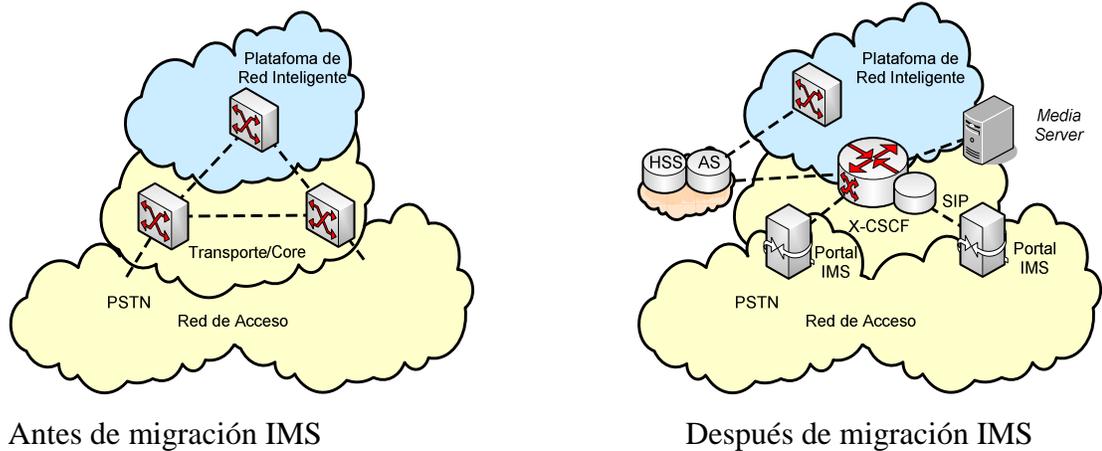


Figura 3.1: Redes Fijas TDM e IMS [9]

AS: <i>Application Server</i> x-CSCF: <i>Call Service Control Function</i> HSS: <i>Home Subscriber Server</i>	PSTN: <i>Public Service Telephone Network</i> Media Server: <i>Servidor Multimedia</i>
---	---

3.7.2 Escenario 2: Migración de redes fijas alternativas.

La solución de red basada en el concepto IMS es ideal para operadores de redes pequeñas o alternativas. Los Portales IMS se encargarán de la conexión entre los diferentes tipos de envío de información y voz, mientras que el conmutador de control¹² es compacto y escalable (en comparación a las centrales tradicionales). La nueva red soportaría tanto los servicios básicos de redes PSTN, como los servicios avanzados de redes IP. La inversión se maximiza debido al bajo costo de mantenimiento (característica esencial para proveedores en desarrollo) mientras que sus sistemas se adaptan para futuras actualizaciones.

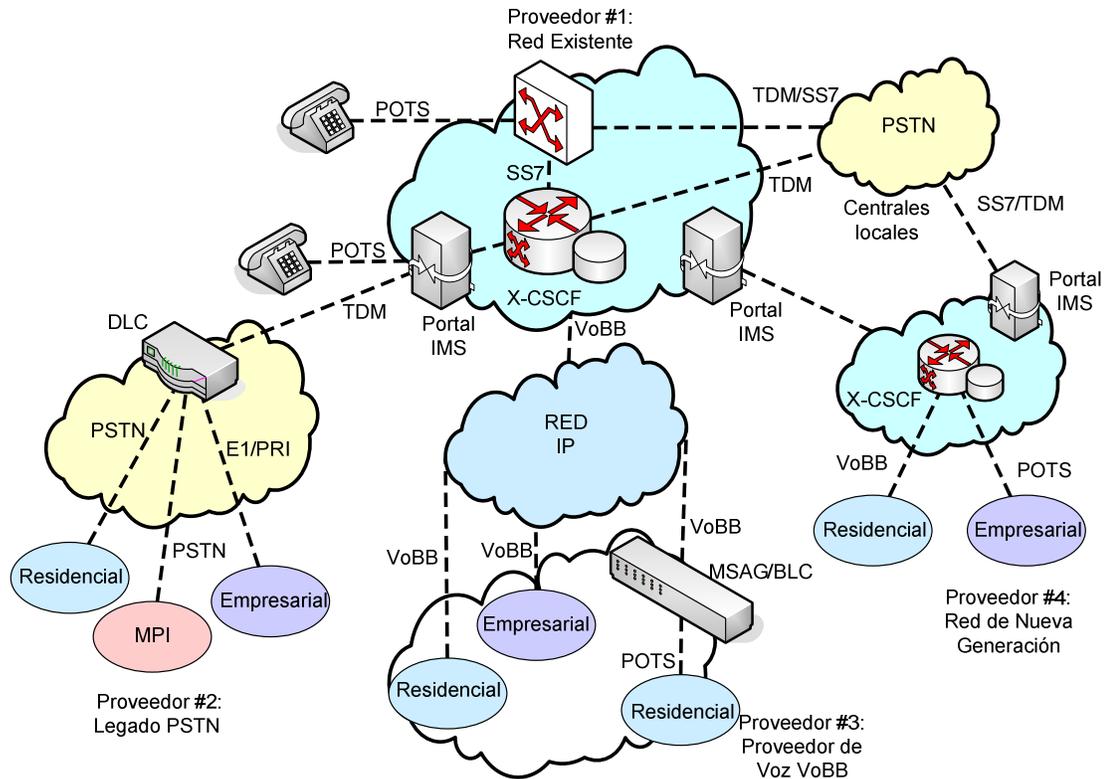


Figura 3.2: Redes alternativas IMS [9]

DLC: <i>Digital Loop Carrier</i>	PRI: <i>Primary Rate Interface</i>
MSAG/BLC: <i>Multi-Service Access Gateway / Broadband Loop Carrier</i>	SS7: <i>Sistema de señalización nº 7</i>
POTS: <i>Public Old Telephone Service</i>	TDM: <i>Time Division Multiplexing</i>
	VoBB: <i>Voice over Broadband</i>

¹² Se refiere al x-CSCF (*Call Session Control Function*)

3.7.3 Escenario 3: Migración de redes móviles.

El mercado del servicio móvil se caracteriza por su alta tasa de crecimiento y rápida evolución tecnológica. Los proveedores frecuentemente expanden la red mediante conmutadores *tandem* y troncales que interconecten los *Mobile Switching Centers* (MSC) y *Gateways MSCs* (G-MSCs). La inversión en redes móviles requerida para mantener el constante crecimiento de una red móvil genera muy pocas ganancias, debido a sus altos costos de operación. Una de las soluciones más viables es la implementación de una red IMS-NGN por sus bajos costos y alta adaptabilidad.

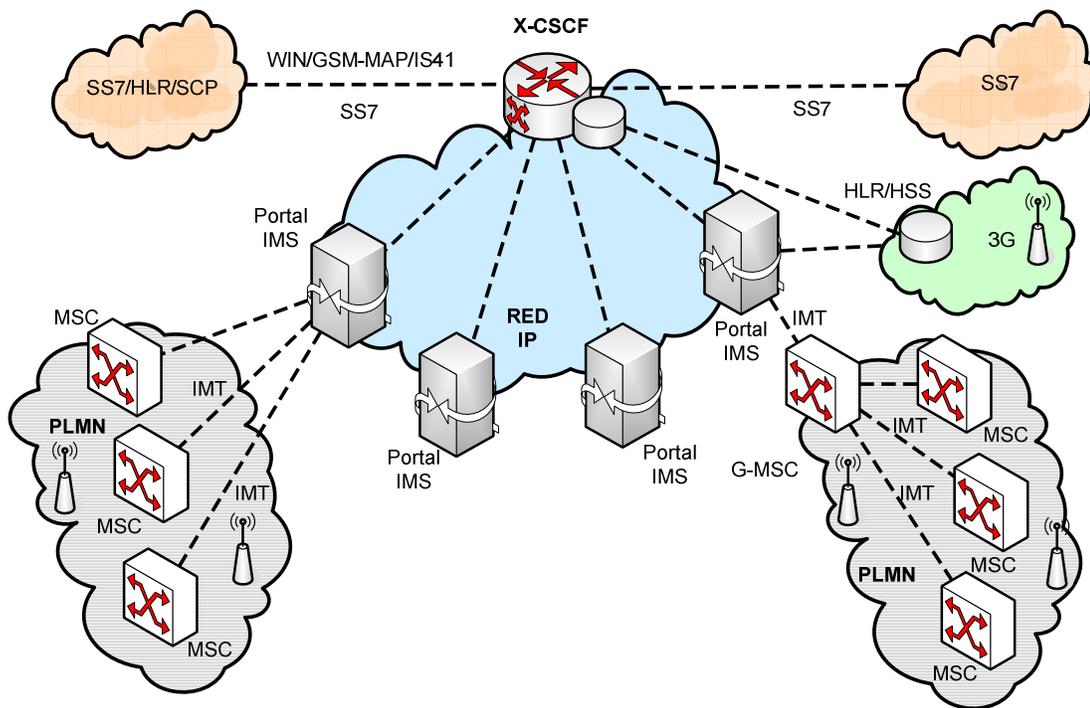


Figura 3.3: Redes móviles IMS [9]

WIN: <i>Wireless Internet Network</i>	3G: Tercera Generación
GSM: <i>Global System for Mobile communications</i>	IMT: <i>International Mobile Telecommunication</i>
MAP: <i>Mobile Application Part</i> (Protocolo GSM)	PLMN: <i>Public Land Mobile Network</i>
IS-41: Estándar de comunicación	MSC: <i>Mobile Switching Centre</i>
	G-MSC: <i>Gateway MSC</i>

3.7.4 Escenario 4: Nuevos proveedores de VoIP (Voz sobre IP).

Con el despliegue de redes IMS-NGN, se hace más factible la implementación de servicios, un ejemplo de estos es VoIP. Los proveedores podrían establecer rápidamente un servicio flexible y eficiente, además de asegurar conectividad con redes PSTN. Con tal inversión no sería posible prestar este servicio sobre redes PSTN y sistemas de conmutación legados. En este caso se trata de un proveedor de voz sobre IP, el cual realizó la migración hacia IMS, mientras mantiene sus sistemas anteriores interconectados con los nuevos equipos.

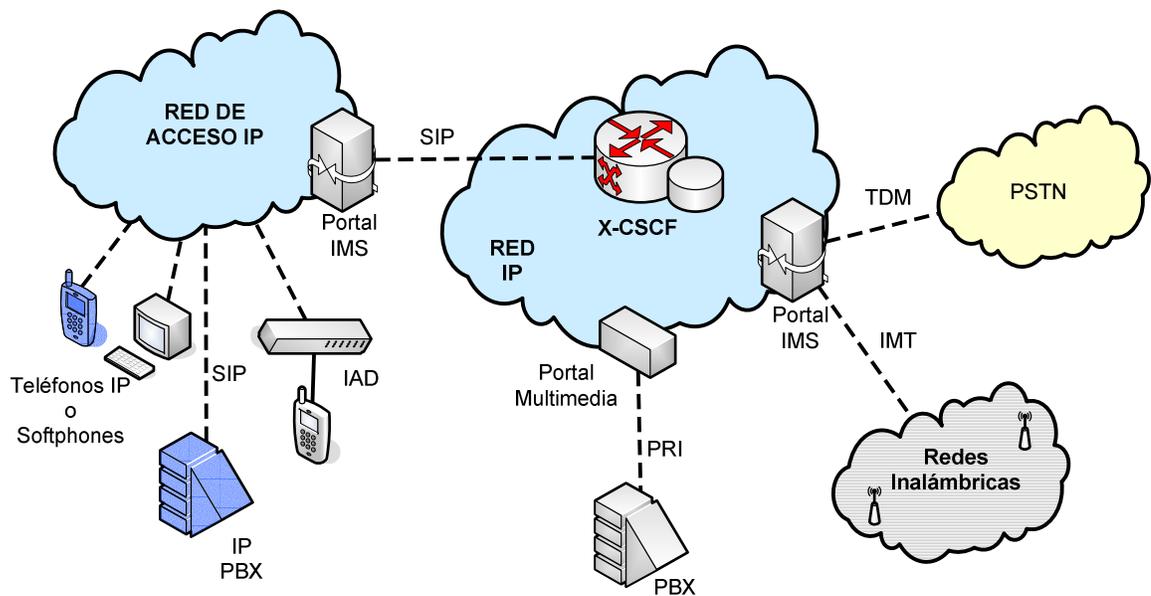


Figura 3.4: Red IMS para nuevos proveedores VoIP [9]

IAD: <i>Integrate Access Device</i>	IP-PBX: <i>Internet Protocol PBX</i>
PBX: <i>Private Branch eXchange</i>	PRI: <i>Primary Rate Interface</i>

Capítulo IV

PROPUESTA DE RED DE PRÓXIMA GENERACIÓN (NGN)

La implementación de servicios tradicionales sobre infraestructuras de red IP ha generado una evolución de equipos y sistemas que garantizan la calidad, seguridad y fiabilidad de los mismos. Esto ha llevado a las compañías proveedoras de servicios a estudiar la posibilidad de dar el paso inicial hacia redes IP. Gran parte de las operadoras de telecomunicaciones importantes tanto a nivel nacional como internacional poseen un modelo de red centralizado basado en conmutación de circuitos. La tendencia dirige a las compañías a la migración hacia las redes de próxima generación (*Next Generation Network*), ofreciendo más y mejores servicios, así como un mejor control de la red y menores gastos de operatividad.

Hoy en día, el mercado ofrece muchos productos y soluciones basadas en el concepto de red inteligente, mediante este trabajo se pretende efectuar una propuesta que oriente las pequeñas migraciones que efectúan las operadoras hacia una meta común: Las redes de próxima generación. Todas las implantaciones y modificaciones de red deberían ser implementados sobre una información sólida y un análisis que refleje las capacidades operativas y funcionales, que permitan saber exactamente la dimensión y operabilidad que se posee, así como el impacto que estos cambios van a ocasionar.

La información que se requiere para implementar un sistema de red de próxima generación es un modelo de referencia, a través de la cual se implanten la mayoría de los servicios. Debido a esto, es fundamental un modelo estándar, el cual facilite la gestión que implica una migración de tal magnitud.

4.1 Arquitectura de red

Al pasar de un sistema centralizado, donde las actualizaciones y ampliaciones de red eran complejas y de difícil adaptación, a un nuevo concepto de red abierta, donde las actualizaciones están a la orden del día, es necesario redefinir todo lo que comprende la arquitectura de red, sus capas, interconexiones hasta llegar a los equipos que la conforman. De esta forma se orientarán los objetivos y metas a corto plazo para lograr una migración exitosa.

Migrar hacia una red IMS en todos los aspectos no es sencillo. Los operadores poseen grandes inversiones en las redes actuales, y es difícil que se arriesguen en una empresa de tal magnitud. Con la llegada de nuevos sistemas de transporte a través de cobre (xDSL ISDN, entre otros) el uso del cobre como sistema de acceso se prolonga cada vez más. De ser posible una migración, debería tomarse en cuenta los sistemas legados para que coexistan con la nueva plataforma de red. La propuesta aquí presentada es una red mixta, donde los servicios PSTN trabajen de forma transparente a través de Portales o *Gateways*, mientras que poco a poco se realiza la migración y la activación de nuevos servicios.

Según el modelo IMS, la red propuesta debe tener fundamentalmente la siguiente estructura o capas:

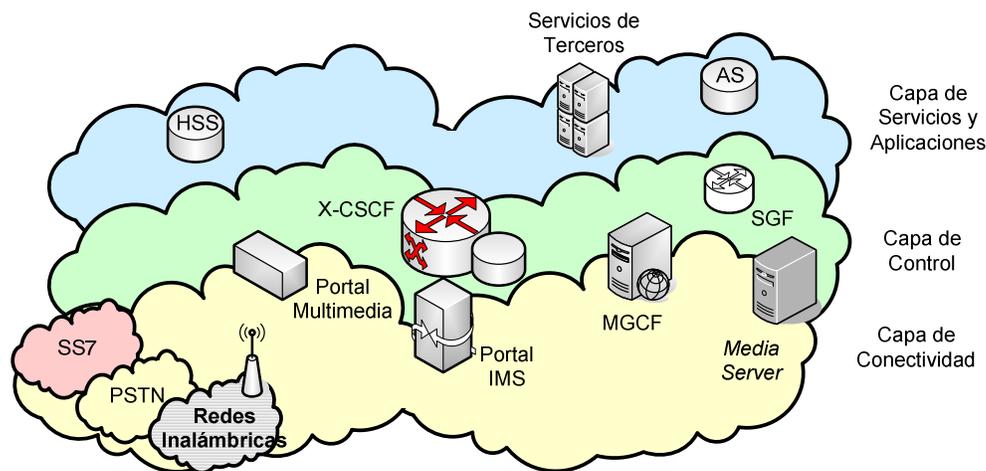


Figura 4.1: Modelo de red IMS

Capa de servicios y aplicaciones: Como su nombre lo indica, es la capa donde residen los servicios, tanto propios como de terceros. Todo lo referente a bases de datos de usuarios se encuentra aquí (HSS), su importancia radica en la identificación del usuario, ya que el xCSCF consulta aquí antes de autorizar el manejo de recursos de red. Los servicios generados por la red y los usuarios tienen su origen en esta capa. En esta capa se encuentran:

- a. **AS (*Applications Server*):** Servidor de aplicaciones.
- b. **HSS (*Home Subscriber Server*)** Servidor de usuarios.
- c. **Media Server & Feature Server:** Servidores encargados de la facturación.

Capa de control: Se encarga del control de recursos, autorizar acceso de usuarios, entre otras actividades. Esta capa provee el control de las sesiones y maneja información del suscriptor como autenticación, autorizaciones y ubicación. Aquí se encuentra el *Gateway Controller* o xCSCF, el cual se encarga del control de sesiones, manejo de portales, entre otras funciones.

La componen principalmente:

- a. **Gateway Controller:** Presenta las siguientes funcionales:
 - o CSCF (*Call Session Control Function*) Controlador de llamadas.
 - o PDF (*Policy Decision Server*) Servidor de autorización.
- b. **MRF (*Media Resource Function*)** Administrador de recursos Multimedia.
- c. **BGCF (*Breakout Gateway Control Function*)** Portal para control de recursos IP.
- d. **SGW (*Signaling Gateway*):** Maneja la señalización entre distintos tipos de redes.

Capa de conectividad: A través de ella se accede a la red IMS, es responsable de la transmisión de voz, video, datos y señalización. Tiene actividades referentes a

conversión de *codecs*, protocolos y señalizaciones; esta es una de las características más atractivas de las redes IMS: la independencia de acceso.

Además de agrupar todas las redes de acceso y transporte, destacan los siguientes elementos:

- a. **IMS MGW (IMS Media Gateway):** Portal de interfaz para elementos multimedia.
- b. **Portal de acceso (Access Gateway):** Terminal de cara al usuario.

4.2 Interconexiones

Dentro de la red IMS es fundamental la comunicación entre los equipos que la componen, ya que así se asegura un funcionamiento óptimo y mayor confiabilidad. El retraso en la transmisión de paquetes es uno de los peores inconvenientes que presenta la operadora de servicios, si se le agrega tiempo perdido por la comunicación entre las capas de la red, tendremos un sistema poco rentable además de clientes insatisfechos.

Una red robusta, con una comunicación que asegure tiempos competitivos y redundancia en las conexiones aseguran un servicio de calidad. Para lograr estos objetivos es necesario monitorear constantemente el tráfico interno de la red, pruebas periódicas de los sistemas y simulación de fallas; esto garantiza las repuestas de los sistemas de respaldo y permite planificar las estrategias necesarias que serían tomadas en caso de fallas.

4.3 Protocolos de señalización y control

El envío de información es el fin de toda red de telecomunicaciones, entre sus componentes y hacia los usuarios. El funcionamiento de un sistema de red basado en IP difiere en gran medida de los sistemas legados, por ello, controlar los equipos y

el envío de paquetes es de vital importancia, y para esto se hace uso de protocolos estandarizados.

Los protocolos de señalización más usados en sistemas de red de próxima generación son los siguientes:

4.3.1 MGCP

Media Gateway Control Protocol (MGCP) se utiliza para controlar portales de telefonía desde una entidad externa de control llamada controlador de portales multimedia (*Gateway Controller*). Un portal de telefonía es un elemento de red que provee una conversión entre las señales de audio en circuitos telefónicos y paquetes respectivos en redes IP o Internet.

El protocolo MGCP asume el control de llamadas cuando el controlador de portales se encuentra fuera de la red local. Éste facilita la sincronización, a través del envío de comandos, entre los portales bajo su control. MGCP es básicamente un protocolo maestro/esclavo, donde los portales están en espera de ejecutar ordenes enviadas por el *Gateway Controller*.

4.3.2 Megaco/H.248

Una contracción de “*Media Gateway Controller*” es un protocolo de señalización usado entre el *Media Gateway* y el *Media Gateway Controller* (también conocido como *Call Agent* o *Soft Switch*) en una red IP. Éste define los mecanismos de señalización necesarios para permitir al *Media Gateway Controller* (*Call Agent*) controlar los portales MGW que soportan la comunicación. Hereda y desarrolla las funcionalidades de su predecesor, el protocolo MGCP. El protocolo es definido por el IETF RFC 3525, y fue el resultado del trabajo conjunto del IETF y el ITU. Conocido también como H.248 por parte de la ITU.

Comparado con el protocolo MGCP, el H.248 puede soportar más tipos diferentes de tecnologías de acceso. Sumado a esto, el protocolo H.248 se caracteriza por su soporte a las aplicaciones de red y una mayor escala de implementación en redes NGN, lo que hace que esté reemplazando gradualmente al protocolo MGCP como el estándar para controladores de portales de red.

4.3.3 H.323

Es una recomendación del IUT-T, que define un protocolo que provee sesiones de comunicación audiovisuales sobre cualquier red que soporte datos en paquetes. Es muy usado en aplicaciones de Internet en tiempo real. Es parte de la serie de protocolos H.32x que también realizan comunicaciones sobre ISDN, PSTN o SS7. H.323 se utiliza generalmente en VoIP y videoconferencias basadas en IP. Su propósito es similar al SIP (*Session Initiation Protocol*) pero es más complejo, por tanto no es tan fácilmente expansible, debido a esto, están predominando las aplicaciones basadas en SIP.

H.323 fue originalmente creado para proveer un mecanismo de transporte de aplicaciones multimedia sobre LANs, pero éste rápidamente evolucionó para atender la creciente demanda de redes que soporten VoIP. Una fortaleza del H.323 es su rápida estandarización, no sólo en la definición básica de servicios, sino en los complementos que surgieron después debido a necesidades de comunicación. H.323 fue el primer estándar de VoIP que adoptó al RTP para transporte de audio y video sobre redes IP.

El H.323 está basado en el protocolo ISDN Q.931, y soporta comunicaciones entre IP, ISDN y QSIG. Un modelo de llamada similar al modelo de ISDN facilitó la introducción de la telefonía IP en redes basadas en ISDN con sistemas PBX. Fue entonces cuando se pudo planificar una migración consecutiva hacia sistemas PBX basados en telefonía IP.

El H.323 es en realidad una familia de protocolos que a continuación se muestran:

DVB	<i>Digital Video Broadcasting</i>
H.225	Se encarga de servicios visuales de teléfono sobre banda angosta
H.225	<i>Annex G</i>
H.225E	
H.235	Seguridad y autenticación
H.323 SET	
H.245	Negocia el uso de canal y capacidades usadas
H.450.1	Serie de servicios suplementarios definidos para H.323
H.450.2	Servicio suplementario de transferencia de llamadas para H.323
H.450.3	Servicio suplementario de desvío de llamadas para H.323
H.450.4	Servicio suplementario de retención de llamada
H.450.5	Servicio suplementario de llamada en espera
H.450.6	Servicio suplementario de llamada en espera
H.450.7	Servicio suplementario de indicación de mensaje en espera
H.450.8	Servicio suplementario de presentación del emisor de llamada
H.450.9	Servicio suplementario de término de llamadas para usuarios ocupados
H.450.10	Servicio suplementario de oferta de llamada
H.450.11	Servicio suplementario de llamadas entrantes
H.450.12	Servicio suplementario ANF-CMN
H.261	Transporte de video usando tiempo real
H.263	Envía información para manejar configuración y termino de sesiones a través de RTP Q.931
RAS	Maneja estados de admisión y registro
RTCP	<i>RTP Control protocol</i>
RTP	<i>Real-Time Transport</i>
T.38	Servicio de fax basado de IP
T.125	<i>Multipoint Communication Service Protocol (MCS).</i>

Tabla 4.1: Familia de protocolos H.323 [3]

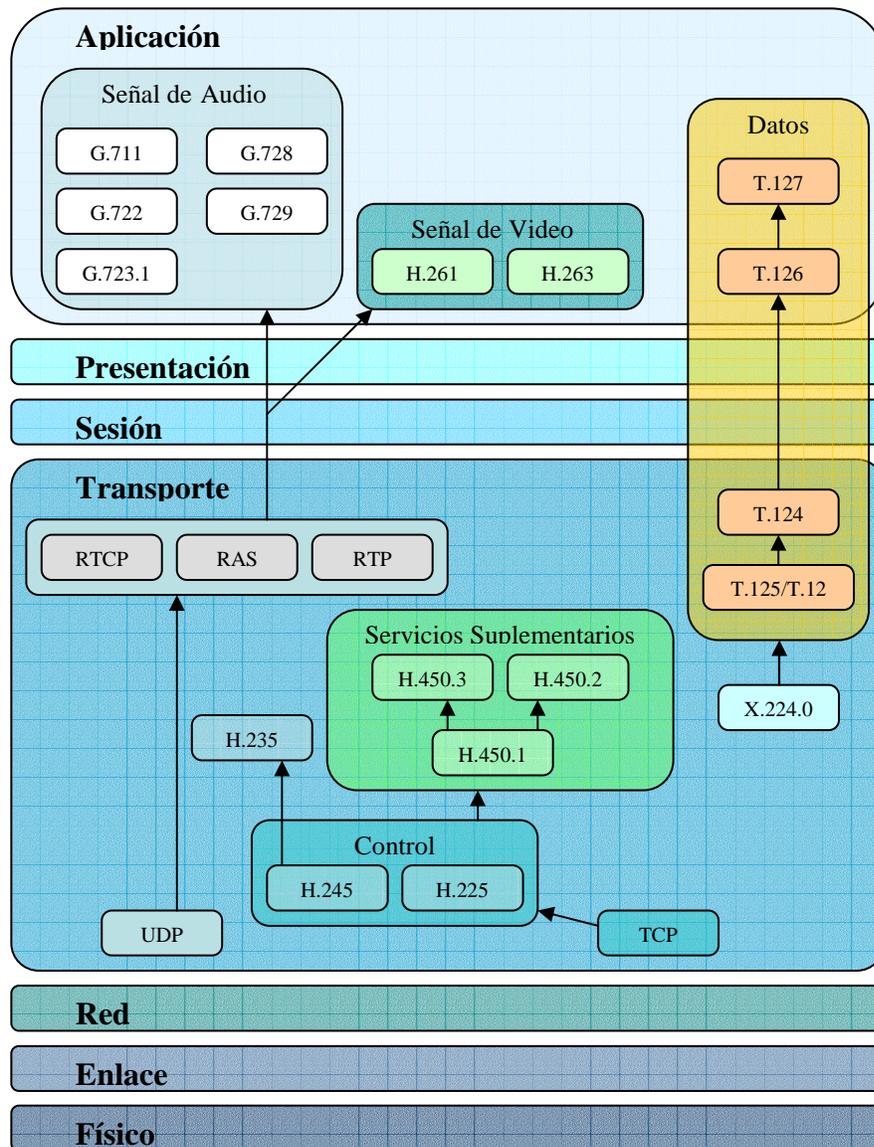


Figura 4.2: Arquitectura del protocolo H.323 [3]

4.3.4 SIP

Session Initiation Protocol o Protocolo de Inicialización de Sesiones es un protocolo desarrollado por el IETF MMUSIC *Working Group* con el fin de crear el estándar para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuario, donde intervienen elementos multimedia como el video, voz, mensajería instantánea, juegos *online* y realidad virtual. Su principal ventaja es su simplicidad, lo cual lo hace fácilmente expandible, flexible y le proporciona gran capacidad de interconexión. En noviembre del año 2000, SIP fue aceptado como el protocolo de señalización de 3GPP, y elemento permanente de la arquitectura IMS (*IP Multimedia Subsystem*). SIP es uno de los protocolos de señalización para voz sobre IP, acompañado por H.323.

Diseño del protocolo: Los clientes SIP usan el puerto 5060 en TCP (*Transmission Control Protocol*) y UDP (*User Datagram Protocol*) para conectar con los servidores SIP. SIP es usado simplemente para iniciar y terminar llamadas de voz y video. Todas las comunicaciones de voz/video van sobre RTP (*Real-time Transport Protocol*).

Un objetivo de SIP fue aportar un conjunto de las funciones de procesamiento de llamadas y capacidades presentes en la red pública conmutada de telefonía. Así, implementó funciones típicas que permite un teléfono común como son: llamar a un número, provocar que un teléfono suene al ser llamado, escuchar la señal de tono o de ocupado. La implementación y terminología en SIP son diferentes.

SIP también implementa muchas de las más avanzadas características del procesamiento de llamadas de SS7, aunque los dos protocolos son muy diferentes. SS7 es altamente centralizado, caracterizado por una compleja arquitectura central de red y unos terminales tontos (los tradicionales teléfonos

analógicos). SIP es un protocolo punto a punto (también llamado p2p). Como tal, requiere un núcleo de red sencillo (y altamente escalable) con inteligencia distribuida en los extremos de la red, incluida en los terminales (ya sea mediante hardware o software). Muchas características de SIP son implementadas en los terminales, en oposición a las tradicionales características de SS7, que son implementadas en la red.

Aunque existen muchos otros protocolos de señalización para VoIP, SIP se caracteriza porque sus promotores tienen sus raíces en la comunidad IP y no en la industria de las telecomunicaciones. SIP ha sido estandarizado y dirigido principalmente por el IETF, mientras que el protocolo de VoIP H.323 ha sido tradicionalmente más asociado con la Unión Internacional de Telecomunicaciones. Sin embargo, las dos organizaciones han promocionado ambos protocolos del mismo modo.

SIP funciona en colaboración con otros muchos protocolos, pero solo interviene en la parte de señalización, al establecer la sesión de comunicación. SIP actúa como envoltura al SDP, que describe el contenido multimedia de la sesión, por ejemplo qué puerto IP y *codec* se usarán durante la comunicación, etc. En un uso normal, las sesiones SIP son simplemente flujos de paquetes de RTP (*Real-time Transport Protocol*). RTP es el portador para el actual contenido de voz y video.

La primera versión de SIP propuesta para estándar (SIP 2.0) fue definida en el RFC 2543. El protocolo se aclaró en el RFC 3261, aunque muchas implementaciones están usando todavía versiones en fase de borrador. Hay que fijarse en que el número de versión sigue siendo 2.0.

SIP es similar a http, y comparte con él algunos de sus principios de diseño: es legible por humanos y sigue una estructura de petición-respuesta. Los promotores de SIP afirman que es más simple que H.323. Sin embargo, aunque

originalmente SIP tenía como objetivo la simplicidad, en su estado actual se ha vuelto tan complejo como H.323. SIP comparte muchos códigos de estado de HTTP, como el familiar '404 no encontrado' (*404 not found*). SIP y H.323 no se limitan a comunicaciones de voz, y pueden mediar en cualquier tipo de sesión comunicativa desde voz hasta video o futuras aplicaciones todavía sin realizar.

Elementos SIP de red: Los terminales físicos, dispositivos con el aspecto y forma de teléfonos tradicionales, pero que usan SIP y RTP para la comunicación, están disponibles comercialmente gracias a muchos fabricantes. Algunos de ellos usan numeración electrónica (ENUM, *Telephone Number Mapping*) o DUNDi (*Distributed Universal Number Discovery*) para traducir los números existentes de teléfono a direcciones SIP usando DNS (*Domain Name Server*), así llaman a otros usuarios SIP saltándose la red telefónica, con lo que un proveedor de servicio normalmente actúa de puente hacia la red pública conmutada de telefonía, para los números de teléfono tradicionales (cobrando por ello).

Hoy en día, ya son habituales los terminales con soporte SIP por software. *Microsoft Windows Messenger* usa SIP, y en junio de 2003 *Apple Computer* anunció y publicó en fase beta su iChat, una nueva versión compatible con el *AOL Instant Messenger* que soporta charlas de audio y video a través de SIP.

SIP también requiere proxy y elementos de registro para dar un servicio práctico. Aunque dos terminales SIP puedan comunicarse sin intervención de infraestructuras SIP (razón por la que el protocolo se define como punto-a-punto), este enfoque es impracticable para un servicio público. Hay varias implementaciones de *Gateway Controller* (de Nortell, Sonus y muchas más) que pueden actuar como proxy y elementos de registro. Otras empresas, como Ubiquity Software y Dynamicsoft tienen productos cuya implementación está basada en estándares, contruidos sobre la especificación Java JAIN.

SIP hace uso de elementos llamados servidores proxy para ayudar a enrutar las peticiones hacia la localización actual del usuario, autenticar y autorizar usuarios para darles servicio, posibilitar la implementación de políticas de enrutamiento de llamadas, y aportar capacidades añadidas al usuario.

SIP también aporta funciones de registro que permiten al usuario informar de su localización actual a los servidores proxy.

Un concepto importante, es que la distinción entre los tipos de servidores SIP es lógica y no física.

Mensajería instantánea y presencia: Un protocolo de mensajería instantánea basado en SIP, llamado SIMPLE, fue propuesto como estándar y está en desarrollo. SIMPLE puede también encargarse de la información de presencia, transmitiendo la voluntad de una persona de entablar comunicación con otras. La información de presencia es más reconocible hoy en día como el *estado* en los clientes de mensajería instantánea como *MSN Messenger*, *AIM* y *Skype*.

Se han realizado algunos esfuerzos para integrar la voz sobre IP (*VoIP*) con la especificación XMPP usada por Jabber. El más notable hasta ahora ha sido *Google Talk*, que extiende XMPP para soportar voz, diseñado para integrar SIP.

OpenWengo, un software libre de telefonía, y *Gizmo Project*, como software propietario, han implementado SIP en sus clientes y servicios. Ambos programas usan SIP para aceptar las llamadas de un cliente a otro.

4.4 Interfaces de Red

Una de las características de la arquitectura IMS es la descentralización de los controles y servicios, dando como resultado una gran cantidad de componentes. Para lograr un óptimo funcionamiento, se desarrollaron interfaces que comunican los cambios y los procesos realizados. La arquitectura IMS vista a través de sus interfaces y conexiones se presenta como sigue:

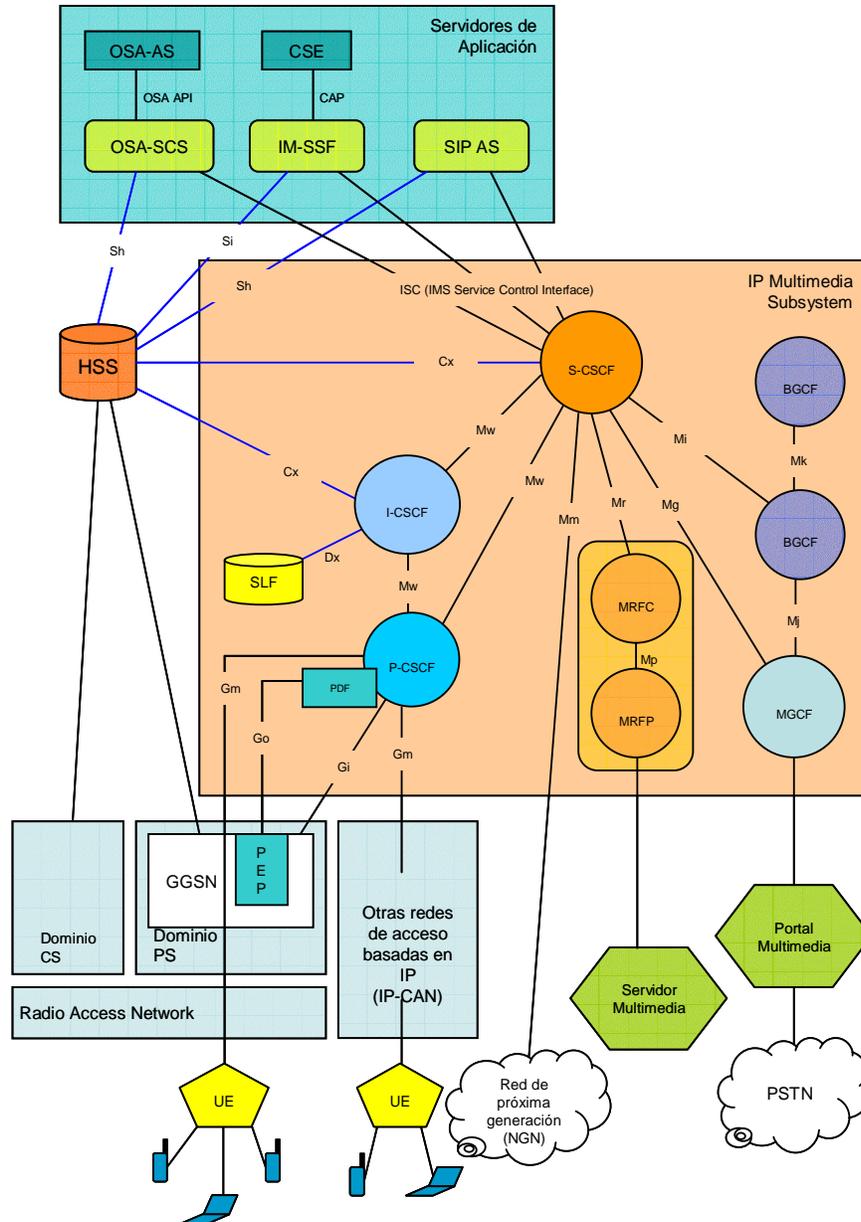


Figura 4.3: Interfaces IMS de comunicación y control [4]

Servidores de Aplicación		
OSA-AS: <i>Open Services Application-Application Server</i> OSA-API: <i>OSA-Application Programming Interface</i> OSA-SCS: <i>OSA- Service Capability Server</i>	CSE: <i>Camel Service Environment</i> CAP:CAMEL <i>Application Part</i> IM-SSF:IM- <i>Service Switching Function</i>	SIP AS: <i>Session Initiation Protocol AS</i>
IP Multimedia Subsystem		
HSS: <i>Home Subscriber Server</i> S-CSCF: <i>Server Call Session Control Function</i> I-CSCF: <i>Interrogating Call Session Control Function</i> SLF: <i>Subscriber Location Function</i>	P-CSCF: <i>Proxy Call Session Control Function</i> PDF: <i>Policy Decision Function</i> BGCF: <i>Breakout Gateway Control Function</i>	MGCF: <i>Media Gateway Control Function</i> MRFC: <i>Media Resource Function Controller</i> MRFP: <i>Media Resource Function Processor</i>
Otras		
GGSN: <i>Gateway GPRS Support Node</i> CS <i>Circuit Switching</i>	PS: <i>Packet Switching</i> IP-CAN: <i>Connectivity address Network</i>	UE: <i>User Entity</i> PEP: <i>Policy Enforcement Point</i>

Leyenda Figura 4.2

Descripción de las interfaces más comunes:

Nombre de la Interfaz	Entidad IMS	Descripción	Protocolo
Cx	I-CSCF, S-CSCF, HSS	Utilizado en la comunicación entre I-CSCF/S-CSCF y HSS	DIAMETER
Dh	SIP AS, OSA, SCF, IM-SSF, HSS	Usado por AS para encontrar el HSS correcto en un ambiente multi-HSS	DIAMETER
Dx	I-CSCF, S-CSCF, SLF	Ayuda al I-CSCF/S-CSCF a encontrar el HSS correcto en un ambiente multi-HSS	DIAMETER
Gm	UE, P-CSCF	Es usada para intercambiar mensajes entre el UE y los CSCFs	SIP
Go	PDF, GGSN	Permite al operador controlar el QoS en el plano de usuario e intercambiar información de facturación entre IMS y redes GPRS	COPS (Rel5), DIAMETER (Rel6+)
Gq	P-CSCF, PDF	Usado para intercambiar información relacionada con decisiones de política entre P-CSCF y PDF	DIAMETER
ISC	S-CSCF, I-CSCF, AS	Permite el intercambio de mensajes entre CSCFs y los AS	SIP

Mb	IMS MGW -> MGFP	Provee un plano de usuario dentro del subsistema y hacia los dominios externos de la red IMS.	SIP
Mg	MGCF -> I-CSCF	El MGCF convierte la señalización ISUP a señalización SIP y reenvía la misma al I-CSCF	SIP
Mi	S-CSCF -> BGCF	Intercambia mensajes entre S-CSCF y BGCF	SIP
Mj	BGCF -> MGCF	Permite el paso de mensajes entre BGCF y MGCF en la misma red IMS	SIP
Mk	BGCF -> BGCF	Usado para intercambiar mensajes entre BGCFs en diferentes redes IMS	SIP
Mm	I-CSCF, S-CSCF, external IP network	Ayuda en el intercambio de información entre IMS y redes IP externas	No especificado
Mn	MGCF, IM-MGW	Provee control sobre los recursos del plano de usuario	H.248
Mp	MRFC, MRFP	Permite el intercambio de mensajes entre MRFC y MRFP	H.248
Mr	S-CSCF, MRFC	Ayuda al intercambio de mensajes entre S-CSCF y MRFC	SIP
Mw	P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF	Usado para intercambiar mensajes entre CSCFs	SIP
Sh	SIP AS, OSA SCS, HSS	Permite el intercambio entre SIP AS/OSA SCS y HSS	DIAMETER
Si	IM-SSF, HSS	Ayuda en el intercambio de información entre IM-SSF y HSS	MAP
Ut	UE, AS (SIP AS, OSA SCS, IM-SSF)	Autoriza al UE a administrar información relacionada a su propio servicio	HTTP

Tabla 4.2: Protocolos involucrados en Interfaces IMS [2]

4.5 Soluciones para QoS

En una red NGN basada en IP, los problemas comunes para la telefonía son: retardos, *jitter*, pérdida de paquetes y eco; la mayoría de ellos son causados por ancho de banda insuficiente o mal utilizado. Las técnicas mencionadas a continuación son utilizadas en redes NGN para garantizar una calidad de servicio acorde con las exigencias de los clientes.

- **Utilización del Ancho de Banda: Codificación flexible**

Los portales IMS, deben soportar las tecnologías para codificaciones de voz estándar G.711 a/u (ley α , ley μ), G.729 a/b (8k), G.723.1 (5.3k/6.3k) recomendadas por la ITU-T. Abajo se muestra la descripción técnica de las mismas [7].

Tecnología de codificación	Tasa de compresión de voz (kbit/s)	Calidad de voz
G.711 a/u	64	Excelente
G.729 a/b	8	Buena
G.723.1 (5.3kbit/s)	5.3	Regular
G.723.1 (6.3kbit/s)	6.3	Medianamente buena

Tabla 4.3: Tecnologías de codificación [7]

Los portales IMS deberían ser capaces de detectar el estado de la QoS en tiempo real. Si la red está congestionada y la pérdida de paquetes excede el límite permitido, deben desplegarse las estrategias adecuadas como el cambio de duración en la paquetización, o los algoritmos de compresión utilizados que aseguren la calidad del servicio, y el ancho de banda mínimo para un buen desempeño. Adicionalmente, debe distinguirse entre el uso de codificaciones según la disposición de ancho de banda, por ejemplo, si se dispone de un ancho de banda suficiente, es posible el uso de G.711 sin compresión para obtener una calidad de voz excelente,

mientras que G.729/G.723 son usadas para dar un servicio de voz aceptable cuando se dispone de un ancho de banda limitado.

- **Utilización del Ancho de Banda: VAD (*voice activity detection*) y CNG (*Comfort Noise Generation*)**

Con tecnología de VAD, se puede reducir de forma efectiva el uso de ancho de banda. Esta técnica detecta los momentos de silencio en la conversación, y solo codifica la voz cuando está activa, para que el interlocutor no escuche un silencio incómodo, el sistema analiza y reproduce el sonido ambiental en el destino. Pruebas en sistemas de transmisión demuestran que es posible ahorrar costos de transmisión en un 40%. Para el análisis y reproducción del sonido ambiental se usa CNG, el cual genera ruido acorde con el ambiente, evitando así una conversación con silencios absolutos. También se encarga de hacer la transición suave entre la voz y el ruido ambiental.

- **Utilización del Ancho de Banda: Compresión de cabeceras RTP**

Esta compresión es posible gracias a que muchos paquetes IP comparten idénticas cabeceras. El algoritmo de compresión lleva paquetes RTP/UDP/IP de 40 bytes a 4 bytes, ahorrando el uso del ancho de banda disponible. Esta técnica es aplicable solo en enlaces punto-punto.

- **Prioridad de servicio: identificador de clases de servicio**

Los portales soportan identificación de distintos tipos de servicios, gracias a esto es posible garantizar distintos rangos de calidad según se requiera. La prioridad máxima en el envío generalmente es para voz, previniendo así problemas de calidad en la comunicación y el mal uso de los recursos de red.

- **Reducir el *Jitter***

El principio es sencillo: en el destino se almacenan los paquetes de voz en un buffer adaptable de bajo retardo (*JitterBuffer*), mientras se espera a los que están retardados, cuanto mayor sea la memoria, menos pérdida de paquetes habrá. Existen sistemas con *JitterBuffer* que soportan entre 20 y 200ms de retardo. El inconveniente está en que se introduce retardo en la comunicación, para esto existen sistemas adaptables que acondicionan la capacidad del *JitterBuffer* dependiendo de las necesidades de la red, haciendo más eficiente la transmisión.

- **Compensación de pérdida de paquetes (PLC)**

La pérdida de paquetes en redes IP obedece a diferentes causas, tales como: congestión de la red, desbordamiento de memoria, error en la codificación/decodificación, entre otros. Para el caso de los paquetes de voz, el tiempo es crítico, así que es preferible descartar que retransmitir. Muchos de los algoritmos de compresión de voz usados en telefonía IP son propensos a la pérdida de paquetes, por ello, el algoritmo de compensación de pérdida de paquetes (PLC) es usado para reconstruir tramas que forman parte de la información de voz, garantizando así la calidad de la comunicación.

- **Reducir el impacto del eco**

El eco en telecomunicaciones se puede presentar cuando los sistemas están desacoplados y se genera un retorno de la señal transmitida. Detectando la diferencia entre la señal principal y su eco, es posible su supresión o cancelación. Existen estándares que proveen soluciones para la cancelación y supresión del eco tales como: *Echo cancellation technology* (IBM), G.164 y G.165 (ITU-T).

4.6 Funcionamiento de la red IMS

A continuación se muestran dos de los procedimientos más comunes en las redes IMS: el procedimiento de registro (el cual identifica al usuario y le permite el acceso a los servicios multimedia), y el establecimiento e inicio de sesión, el cual permite la comunicación usuario-usuario y usuario-servicios. Los procedimientos mostrados a continuación aplican tanto para sistemas móviles como para fijos. Ambos terminales se encuentran en el dominio IMS.

4.6.1 Procedimiento de registro

Las siguientes fases componen el registro en la red:

- **Fase 1:** Como paso previo, el usuario debe registrarse en el sistema (este procedimiento se dispara cuando el usuario se conecta a la red o ingresa a ella por primera vez), esto activa las identidades públicas para realizar las sesiones multimedia, y se fija el S-CSCF en el plano de control de la red, el cual brindará el servicio. Todo se logra con señalización SIP y un algoritmo de autorización/autenticación llamado IMS AKA (*IMS Authentication and Key Agreement*).
- **Fase 2:** El usuario envía un mensaje SIP *register* hacia el P-CSCF, el cual determina que se trata de un mensaje no protegido bajo ninguna asociación de seguridad (mensaje de registro inicial). Dentro de este mensaje se encuentra la información de ISIM (identidad privada) del usuario y las identidades públicas que se desean registrar.
- **Fase 3:** El P-CSCF envía un mensaje a un I-CSCF, éste se encarga de seleccionar un S-CSCF disponible dentro de la red IMS.
- **Fase 4:** Este S-CSCF comprueba que no se trata de un usuario ya registrado, y llama al HSS para obtener los vectores de identificación que requiere el algoritmo AKA. Se envía un mensaje SIP 401 “No

identificado” para solicitar la autenticación del móvil, que incluye claves cifradas y números aleatorios que protegen la señalización IMS.

- **Fase 5:** El terminal, basado en el mensaje recibido, recibe los datos necesarios para reconocer la identidad de la red IMS y envía un segundo mensaje *SIP register*. A diferencia del anterior, este mensaje contiene la información del algoritmo de autenticación AKA. Es recibido por el S-CSCF a través del P-CSCF/I-CSCF, y se permite el registro del usuario después de verificar su identidad. Se comunica al HSS la confirmación del registro, y se autoriza el acceso al perfil IMS del usuario. El proceso finaliza con la emisión de un mensaje SIP 200 OK hacia el terminal. Para este momento, este terminal se encuentra listo para recibir o hacer llamadas.

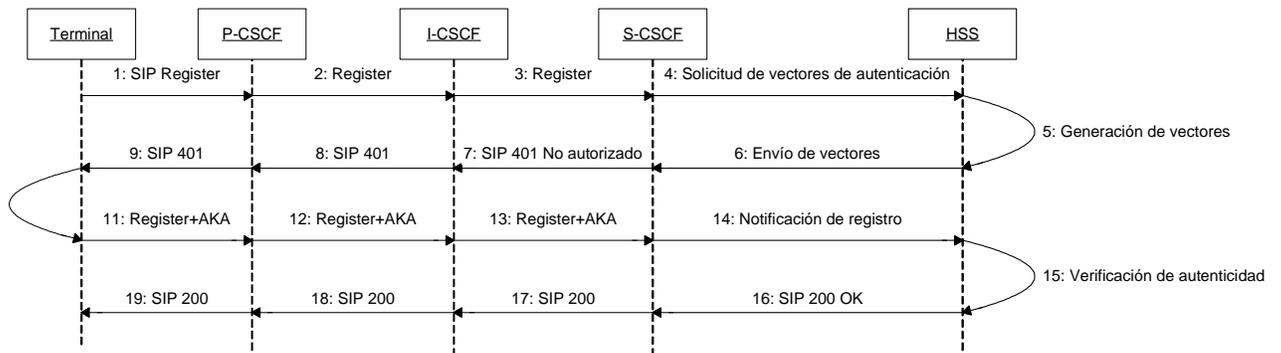


Figura 4.4: Procedimiento de registro en redes IMS [1]

4.6.2 Establecimiento e inicio de sesión

El establecimiento e inicio de sesión tienen lugar una vez que ocurrió el procedimiento de registro (se realiza una sola vez dentro de la red de forma automática). Como ejemplo, estableceremos ahora una sesión de voz con otro usuario. Las fases de este procedimiento son las siguientes:

- **Fase 1:** Una vez que ambos usuarios, “A” y “B”, han sido registrados, se da comienzo al inicio de sesión. Para ello se utiliza el plano de

control para señalización e intercambio de información, a través de los protocolos SIP y SDP, con el usuario que va a tomar parte en la sesión. Con esto se espera configurar los parámetros de sesión, negociar y activar los recursos de red de transporte necesarios para soportar la sesión multimedia. El usuario “A” inicia el proceso enviando un mensaje SIP *Invite*, al cual se añade un mensaje SDP que describa las capacidades de la sesión que son: medios a transmitir, tasa de bits a transmitir y *codecs* a utilizar. La señalización llega al usuario “B” a través de la red IMS entre origen y destino.

- **Fase 2:** El terminal receptor envía como respuesta al nodo inicial un mensaje SIP 183 *Session Progress*, así como un mensaje SDP que responde al ofrecimiento inicial. Los parámetros pueden ser modificados en función de las capacidades del terminal, configuración, o perfil de usuario.
- **Fase 3:** El terminal de inicio envía un mensaje PRACK (éste es un mensaje provisional de ACK) como respuesta al SIP 183 y un SDP con la oferta final, en este momento se activan los recursos de la red de transporte según los requerimientos de comunicación acordados. Si se dispone de un módulo de QoS activo, la red IMS interactúa directamente con la red de transporte y activa los medios solicitados (en este caso los relacionados con la sesión de voz). En el terminal receptor se genera un SIP 200 hacia el terminal de inicio (“A”), cuando “A” recibe este mensaje, envía un SIP *Update* que indica que ha sido un éxito la activación de la red. Es aquí cuando el usuario destino visualiza un intento de sesión en su terminal, esto a su vez está siendo transmitido hasta el usuario de inicio.
- **Fase 4:** Se inicia el proceso cuando el usuario destino acepta la sesión. Este evento envía un mensaje SIP 200 que confirma definitivamente el evento. Los servicios activados comienzan su trabajo, y marcan el inicio de la sesión de voz.

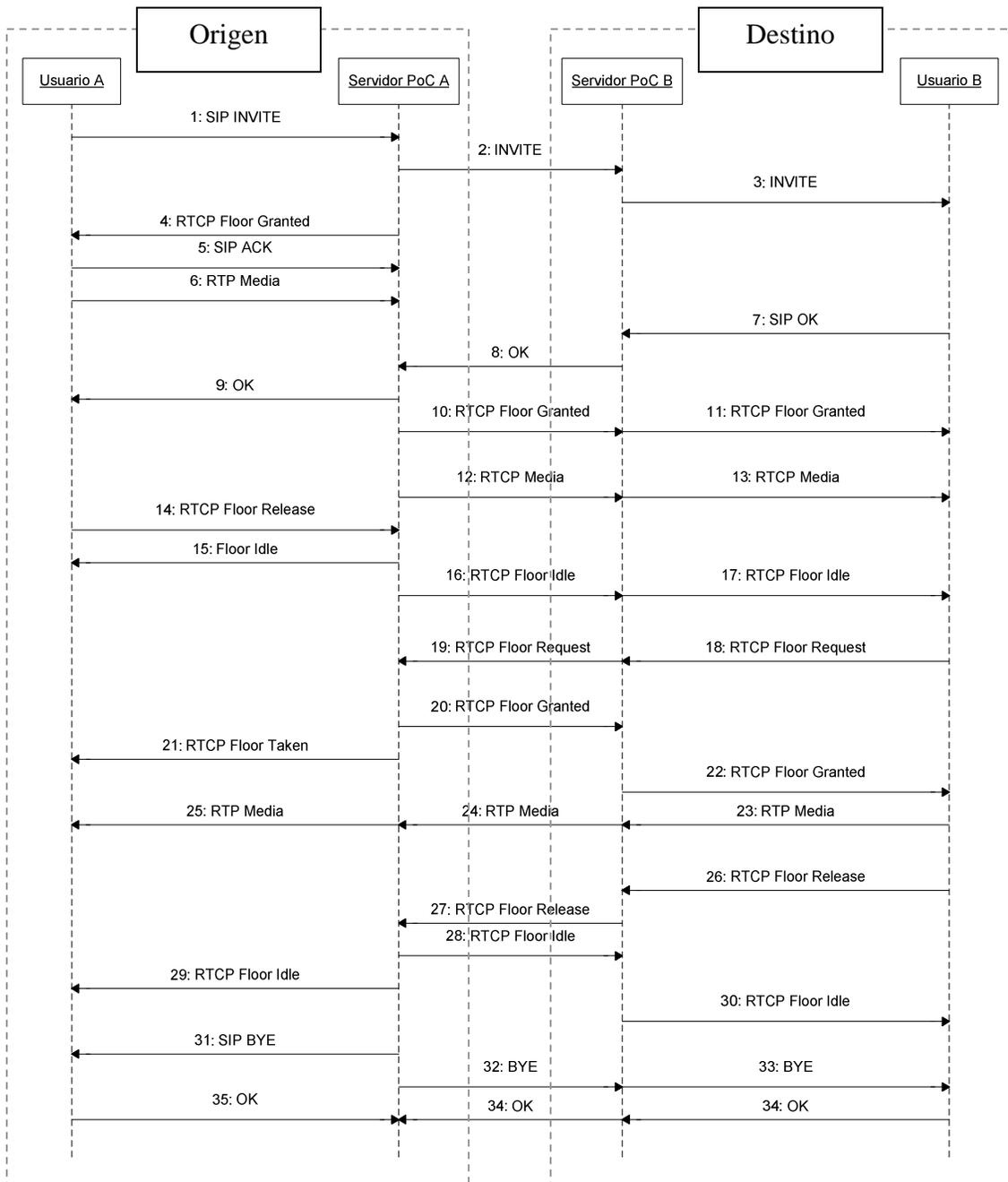


Figura 4.5: Establecimiento e inicio de sesión [1]

4.7 Servicios

4.7.1 Servicio de auto localización para terminales móviles

La cobertura inalámbrica de una red se divide en células, cada una con su propio nodo de acceso. En el establecimiento de las sesiones, sea voz, datos o video, es indispensable que la red conozca la ubicación del terminal, es decir, en cual célula se encuentra, para dedicar los recursos a un usuario determinado. Hasta ahora, la información de localización no había trascendido mas allá de un uso de asignación de recursos, pero en los últimos años se han introducido elementos de red que podrían proporcionar estos datos tanto al usuario como al operador de red. En redes establecidas se puede obtener la información ubicando la célula que proporciona servicio al terminal, pero ésta supone una incertidumbre muy elevada. Hoy en día se desarrollan procedimientos de ubicación basados en triangulaciones de radiofrecuencia (como GPS).

4.7.1.1 Técnicas de Posicionamiento de la red

Los métodos mostrados a continuación permiten determinar la posición de un terminal dentro del área de cobertura de la red:

- **Técnica de localización basada en la identidad de celda:** Está basada en la información de la celda que está brindando cobertura y de parámetros relacionados a la antena correspondiente, se determina así dónde se encuentra el terminal. Esta técnica es suficiente para proveer la mayoría de los servicios
 - Tiene la ventaja de contar solo con recursos ya existentes dentro de la red.
 - La desventaja radica en la baja precisión de la localización, especialmente para algunos servicios.

- **Técnica de mejora de la localización basada en celda:** Es una mejora de la técnica anterior. Está compuesta por informes de lecturas de señal reportados por el móvil para calcular la distancia a la estación base. En el método son utilizadas las señales de estaciones vecinas, así como modelos de propagación adecuados.

- **Técnica basada en la modificación de terminales**

Se divide en dos clases de técnicas:

- **Técnicas de localización basada en GPS:** Consiste en instalar parte del sistema GPS dentro del terminal. Esta opción no es muy rentable, debido al aumento de precio del terminal, además del peso, consumo de energía e inutilidad en interiores. Existen soluciones basadas en GPS que utilizan procesamiento distribuido, simplificando así el costo del dispositivo de usuario.
- **Las técnicas basadas en los tiempos de llegada (TOA y TDOA) con terminales modificados:** Se basa en el tiempo aproximado de llegada de señal desde la red hasta los terminales, a través de modificaciones en los mismos, hay dos diferentes tipos de aproximaciones:
 - a. **TOA (*Time of arrival*):** Mide el tiempo absoluto de llegada de la señal
 - b. **TDOA (*Time Difference of Arrival*):** Mide las diferencias de tiempo de llegada entre diferentes radiobases.

Las aproximaciones se pueden realizar tanto en el móvil (*mobile based*) como en la red (*mobile assisted*). Las técnicas TOA necesitan un sistema móvil-base con una alta precisión de sincronía, por lo que su implementación es costosa. Con respecto a las técnicas TDOA, es necesarias una red de radiobases paralelas con unidades de medida de posición (LMU, *Location Measurement Units*). Estas unidades actúan como terminales móviles ficticios, determinando periódicamente la distancia a estaciones bases reales.

“La comparación entre los tiempos de la estación base, hasta uno y otro punto (terminales y LMUs), se utiliza para determinar la posición del terminal móvil (*observed time difference*). Como hay tres variables desconocidas (las variables « x , y » del terminal y la « y *offset*» de los tiempos de los relojes del terminal y de la LMU) se hace esta comparación para las señales provenientes de tres estaciones base distintas, resolviéndose el sistema de ecuaciones correspondiente.

Si las emisiones de las estaciones base no están sincronizadas, entonces es necesario que la red conozca el desfase entre ellas para poder estimar las diferencias de tiempo reales (*Real Time Difference, RTD*)”. [1]

- **Técnicas basadas únicamente en la infraestructura de red:** Es poco rentable la modificación de terminales, en su lugar, existen técnicas basadas en modificaciones de la red. Adquisición y modificación de nodos son solo un ejemplo de transformación de la red, al igual que la técnica anterior, se presentan dos tendencias principales:

- **Técnicas basadas en el ángulo de llegada (*Angle of Arrival*):** AOA, también conocida como DOA (*Direction of Arrival*) utiliza un arreglo de antenas para estimar la dirección en la cual se encuentra el móvil. Se requieren mínimo dos estaciones diferentes para obtener la localización; de ser posible, se utilizan más de dos radiobases para mejorar la precisión, arreglos de antenas con orientación electrónica, y haces adecuados para minimizar el error en la estimación del ángulo de llegada.

Al aplicar esta técnica se presentan inconvenientes tales como: presencia de multitrayectos (cuando no hay línea directa entre el móvil y las radiobases); movimientos de las antenas debido al viento o tormentas, éstos pueden causar errores considerables, ya que la estimación del ángulo es con respecto a la antena.

- **Técnicas basadas en los tiempos de llegada (TOA y TDOA) con terminales estándar:** Es posible la utilización de técnicas basadas en

tiempo, pero haciendo modificaciones solo en la red. En el caso de TOA, se mide el tiempo de ida y vuelta de la señal, tomando en cuenta el retardo en procesamiento del terminal; esto último causa gran incertidumbre debido a los distintos modelos del mercado, además que también se presentan los multitrayectos cuando no hay línea de vista con la radiobase. Con las técnicas TODA, se trabaja con una correlación entre radiobases y terminal, se forma un lugar geométrico con la diferencia de tiempos, a través de varios pares de estaciones se logra dar con la ubicación del terminal. Una de las ventajas que presenta la sustracción de tiempos con relación al AOA y TOA, es que cancela la mayoría de los errores por multitrayecto, de tal forma que funciona incluso sin línea de vista.

- **Técnicas híbridas:** Aunque combinando las técnicas anteriores se conservan las relaciones costo-complejidad, se mejora la precisión en la información. De todas las posibilidades se pueden mencionar dos técnicas relevantes:
 - **Técnica híbrida de AOA y TDOA:** Se combina mediante AOA en cada radiobase y TDOA para múltiples radiobases. La protección para la incertidumbre por multitrayecto se logra a través del uso de antenas adaptativas altamente directivas que rechazan las componentes reflejadas. Es la técnica más precisa de las mencionadas aquí. El procesamiento de los datos debe realizarse con cautela, ya que los errores se pueden sumar y afectar el resultado con respecto a cada técnica usada de forma individual.
 - **La técnica híbrida de AOA y TOA:** Es el único sistema que permite la posición del terminal con una sola radiobase. “La combinación de la determinación del ángulo de llegada (AOA) con la distancia absoluta estimada (TOA) mediante bucle cerrado (ya que en este caso sólo se usa una estación base), permite localizar al terminal sin el concurso de estaciones adicionales, por lo que se simplifica la coordinación entre los nodos de red”. [1]

Hasta ahora es muy difícil observar este servicio implementado, ya que aun no se poseían las aplicaciones necesarias que justificaran la inversión. Dentro de las técnicas antes mencionadas, la más aplicada es la técnica híbrida de AOA y TDOA, ya que ofrece una precisión estándar, y no conlleva a una modificación del terminal o la red.

4.7.1.2 Servicios a ofrecer

Todos los métodos explicados anteriormente persiguen un único fin: proveer más y mejores servicios que generen mayores ingresos a través de nuevos usos de la red por parte de los operadores y usuarios. Los servicios a ofrecer pueden clasificarse en distintas categorías:

- **Requeridos por la red:** La orientación de servicios tanto para usuarios como para la red, permite que esta última pueda dar inicio a peticiones por parte de aplicaciones de terceros. La publicidad es uno de tantos servicios que podrían requerir la ubicación del usuario, gestión de flotas, búsquedas personalizadas etc. son parte de la gama de activadores del servicio. En cualquier servicio están incluidas las leyes de privacidad y otros aspectos legales involucrados en la solicitud de información del usuario.
- **Requeridos por el usuario:** El principal objetivo del servicio es satisfacer al usuario con información relacionada con su posición. ¿Dónde estoy? o ¿Qué lugares de interés hay cerca de aquí? son preguntas que podrá contestar el sistema, además de ofrecer un servicio de emergencia con ubicación inmediata del terminal.

Una vez implantado el sistema de ubicación, es posible ofrecer múltiples servicios tales como:

- **Servicio de emergencia**

Antiguamente, el servicio de emergencias consistía en el contacto de la persona con el centro de asistencia, éste debía obtener información de la localización para la posterior asistencia de la urgencia. En este caso, la ubicación del cliente sería obtenida vía el servicio de localización, mientras se utiliza el valioso tiempo en el estado de la emergencia. Incluso si el interlocutor se encontrase imposibilitado para hablar, el sistema ubicaría su situación y se procedería al rescate.

- **Servicio de información**

Provee información de interés para el usuario, contesta la pregunta ¿Qué hay cerca de mi? a través de actualizaciones periódicas de datos y mayor precisión en la localización. Ubicación de farmacias, restaurantes cercanos, cines etc. son el tipo de información que este servicio puede ofrecer.

- **Tarifación**

Uno de los principales atractivos de la red a implementar es el cobro de diferentes tarifas según la ubicación del cliente. Este servicio define “zonas” para el usuario tales como “zona de casa” y “zona de oficina”. El cobro se adecuaría de acuerdo a la zona de ubicación: tarifa local para la zona de casa, tarifas especiales para ciertos servicios en la zona de oficina, además de la inclusión de rangos de horario de descuentos, para incentivar el consumo en los clientes

- **Servicio de localización de personas**

Este servicio provee información acerca de la ubicación de otros clientes dentro de la red, siempre que éstos lo autoricen. Dentro de los grupos es posible establecer un punto de reunión y compartirlo con los otros integrantes, además que tendrá capacidades de establecer grupos de *chat* o de envío de mensajes.

- **Servicio de juegos**

El servicio de ubicación permite detectar la ubicación de usuarios cerca, y establecer una sesión de juego. Así existe la posibilidad de tener áreas de juego donde la tarifa sea regulada o con zonas horarias especiales. Mediante el envío de mensajes se pueden establecer las sesiones de juego y grupos de usuarios.

- **Servicio de publicidad**

Uno de los servicios con más potencial es el de la publicidad a través de la ubicación. Con este servicio es posible establecer zonas geográficas tales como centros comerciales, en la cual el sistema provea de información al usuario acerca de descuentos en establecimientos comerciales, carteleras de cine, ofertas en sitios de comida rápida etc.

- **Servicio de navegación**

Al disponer del sistema de ubicación, es relativamente sencillo establecer un sistema de navegación, en el cual se actualice la localización del usuario cada cierto tiempo, además de indicar la ruta a seguir hasta cierto punto. Para hacer referencia a puntos de interés dentro de la zona, es necesario cargar datos de sitios tales como: farmacias, comercios, gasolineras etc. con el fin de proporcionar asistencia al usuario cuando requiera orientación o cualquier otra información adicional.

- **Servicio de gestión de flotas**

En empresas de transporte, taxis, asistencia de carreteras entre otras, es importante el manejo de las unidades y su ubicación en todo momento. Se puede implementar un servicio de gestión de flotas para controlar las rutas y optimizar el uso de las unidades; la inclusión de un servicio avanzado utilizando GPS sería de gran utilidad, en especial para los taxis y el transporte en general

- **Servicio de asignación de red**

Consiste en brindar, a través de la localización del usuario, los recursos de red que más le sean convenientes. Para esto se requieren redes con distintas tecnologías (GPRS, EDGE, EVDO, UMTS, WiMAX) y terminales multi-acceso que puedan cambiar cuando la red lo requiera. Gracias a esto se tendría completo control de los recursos de red en la medida de los requerimientos del sistema.

4.7.2 Servicio de auto localización para terminales fijos

Gracias a la movilidad que proponen las redes IMS, es posible hablar de un servicio de localización para terminales fijos. Aunque no es muy común ver implementado este servicio, es posible comenzar a desligar el terminal de red del domicilio del cliente, la cual sería una “*Home Zone*” donde el usuario tendría beneficios en tarifas y mayores ofertas de servicios.

4.7.3 Servicio PoC (*Push-to-Talk over Cellular*)

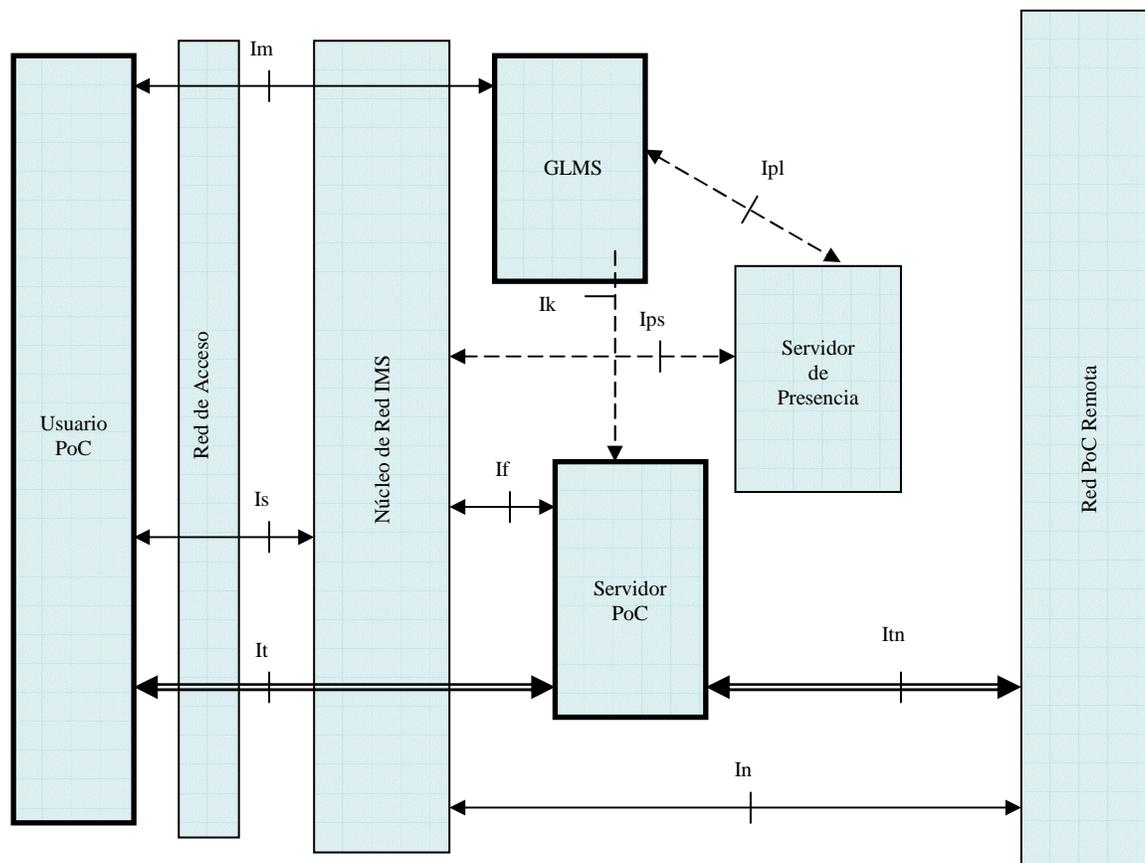
PoC es una técnica de envío de voz *half duplex* que permite la comunicación uno a uno, o uno a muchos dentro de un área de servicios específica. Grupos de profesionales como seguridad pública, obreros de construcción etc. utilizan este tipo de servicios desde hace mucho. A pesar de su utilidad, siempre ha sido un servicio independiente de la telefonía pública y privada.

PoC como servicio público surge en los mediados de los 90's en Estados Unidos, desde entonces las compañías operadoras han hecho esfuerzos por estandarizar este servicio. Ericsson, Motorola, Nokia y Siemens llegaron a un acuerdo de especificaciones para PoC en el OMA (*Open Mobile Alliance*) en agosto de 2003. Están basadas en la arquitectura IMS del 3GPP (*3° Generation Partnership Project*).

Esta sección describe la arquitectura, incluyendo protocolos e interfaces, identificación y direccionamiento de usuarios PoC y señalización. Se mostrará también un ejemplo de establecimiento de sesión.

4.7.3.1 Arquitectura PoC sobre IMS

El servicio PoC especificado por el OMA es basado en Voz sobre IP (VoIP) e IMS como activador del mismo. Las entidades funcionales que deben existir en una red para ofrecer el servicio PoC se muestran a continuación:



INTERFACES DE CONTROL
It: <i>Floor Control</i> y recursos multimedia
Itn: <i>Floor Control</i> y recursos multimedia
Is: Señalización de sesión de Cliente PoC a Proxys
If: Señalización de sesión de Proxy a servidor PoC
In: Señalización de sesión de Proxy a Proxy
Im: Gestión de grupos a cliente PoC
Ik: Gestión de grupos a servidor PoC

Las cajas gruesas representan entidades funcionales

La red PoC visitada contiene los mismos elementos de red y puntos de referencia que la red PoC propia

Figura 4.6: Arquitectura de servicio PoC [6]

El equipo del usuario, que incluye el software PoC, se comunica con el servidor PoC a través de la interfaz It. Este servidor es responsable del manejo de funciones de usuario como: *floor control*¹³, término de sesión y reenvío de elementos multimedia en caso de comunicaciones uno a uno, o uno a muchos. La red pública de

¹³ Mecanismo mediante el cual los participantes piden el derecho de palabra

acceso y transporte se encarga de comunicar al usuario con el servidor PoC. El HSS es responsable de las funciones AAA (Autenticación, Autorización y Aspectos contables). El servidor llamado GLMS (*Group and List Management Server*) permite a los usuarios crear y mantener grupos dentro del servicio PoC. El UE se comunica con este servidor a través de la interfaz Im. La red IMS obtiene información de presencia del servidor del mismo nombre con la interfaz Ips, adicionalmente hay dos interfaces aun sin utilizar (Ipl e Ik).

4.7.3.2 Interfaces de red PoC

La siguiente son las interfaces de red usadas en el servicio PoC

Interfaz de red	Entidades relacionadas
Is	UE – IMS
If	IMS – Servidor PoC
It	UE – Servidor PoC
Im	UE - GMLS
Ips	IMS – Servidor de presencia
Itn	Servidor PoC – Servidor PoC
In	IMS - IMS
Ipl	GMLS – Servidor de presencia
Ik	GMLS – Servidor PoC

Tabla 4.4: Descripción de interfaces PoC [6]

4.7.3.3 Protocolos usados en PoC

Los protocolos usados para establecer y controlar las sesiones de PoC, además del envío de multimedia son: SIP (*Session Initiation Protocol*), RTP (*Real Time Protocol*) y RTCP (*RTP Control Protocol*). El establecimiento de las sesiones es controlado por el protocolo SIP, mientras que RTP y RTCP se encargan de la

información relacionada con la voz y el *floor control* respectivamente. Los mensajes SIP son llevados en paquetes UDP, al igual que la señalización RTCP, para su transmisión sobre IP. La voz, codificada en AMR (*Adaptive Multi Rate Compression*), es enviada en paquetes RTP, los cuales son llevados en mensajes UDP sobre IP.

Los protocolos y su esquema de ordenamiento en el mensaje son mostrados a continuación:

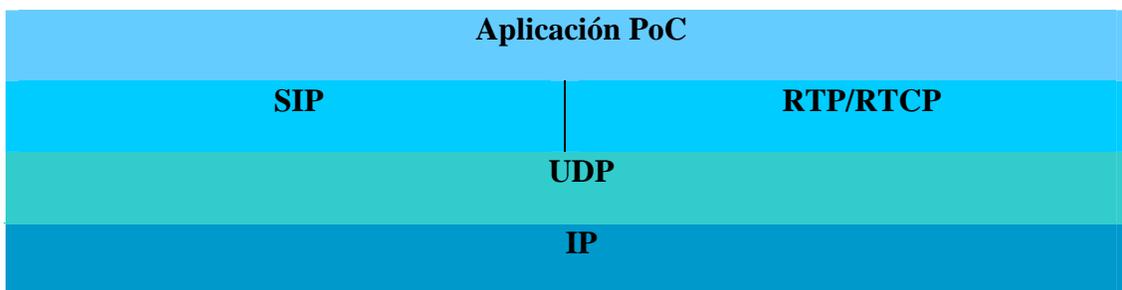


Figura 4.7: Protocolos utilizados en PoC

- **Identificación y direccionamiento**

Acorde con las especificaciones PoC, cada usuario del servicio PoC debe tener al menos una dirección SIP URI (*Uniform Resource Identifier*) para propósitos de direccionamiento, opcionalmente se usa el número telefónico. Grupos de URIs específicos son creados y guardados en el servidor GLMS.

4.7.3.4 Modalidades de PoC

Las especificaciones PoC establecidas por el OMA ofrecen las siguientes capacidades:

- **Comunicación uno a uno:** Esta es la característica básica del servicio, una sesión de voz *half duplex* entre dos usuarios. La llamada puede ser configurada para ser recibida de forma manual o automática



Figura 4.8: PoC Comunicación uno a uno [6]

- **Comunicación uno a muchos:** Esta opción ofrece al usuario la posibilidad de establecer una sesión de voz con un grupo preestablecido de usuarios. Un miembro del grupo habla, mientras el resto escucha, los participantes piden el derecho de palabra a través del mecanismo de *floor control*. Existen tres modos de comunicación en grupo soportada por el sistema PoC
 - **Ad-hoc:** En este modo de conversación, los usuarios son capaces de invitar a otros usuarios que no formen parte de un grupo preestablecido.
 - **Pre-arranged:** Los participantes deben formar de forma previa el grupo de conversación. Cuando un miembro del grupo decide iniciar una sesión de conversación grupal, el servidor invita al resto del grupo. El grupo predefinido posee una URI permanente, donde todos los miembros pueden ser localizados, por ejemplo `equipo_natacion@operador.com`

- **Chat:** En esta modalidad, los usuarios pueden acceder o abandonar los grupos a discreción. El grupo es activado cuando accede el primer usuario.

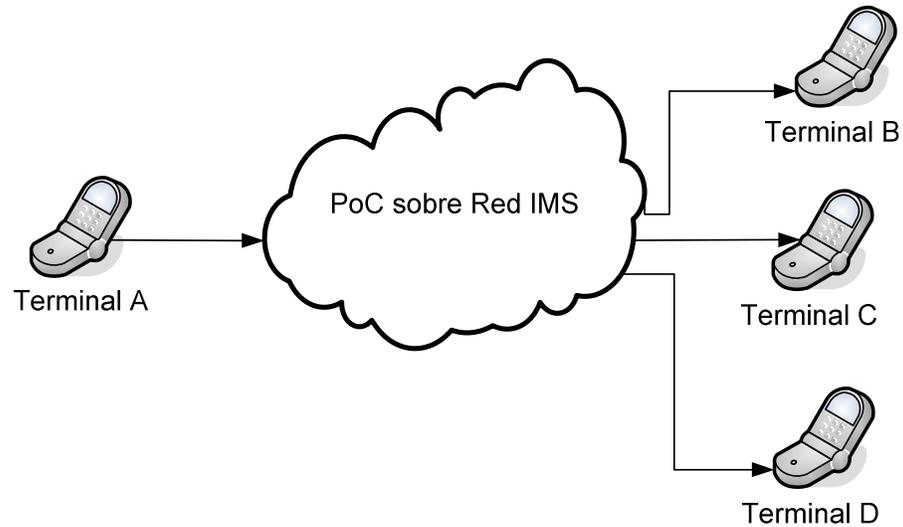


Figura 4.9: PoC Comunicación uno a muchos [6]

- **Comunicación uno a muchos a uno:** En esta modalidad de comunicación, todos los usuarios pueden hablar con un único usuario y sólo con él. Este usuario central (o usuario administrador) puede hablar y escuchar a todos los usuarios. Los restantes usuarios no pueden hablar ni escucharse entre sí. Esta modalidad sólo opera con grupos predefinidos, y está claramente enfocada al sector profesional (se puede observar el símil con el modo de operación del servicio de radio taxi y sistemas de seguridad).

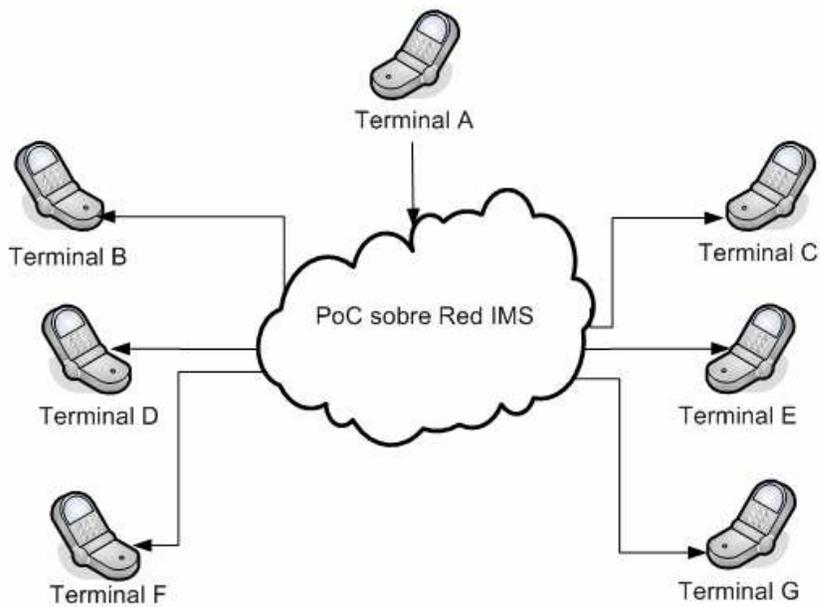


Figura 4.10: PoC Comunicación uno a muchos a uno [6]

Sin embargo, el servicio PoC puede ser muy inoportuno en la vida cotidiana de los abonados. Esto hace que sea necesario lo siguiente:

- a. La existencia de mecanismos que permitan aceptar o rechazar alertas de llamadas PoC solicitando el inicio de una sesión, ya sea con un usuario o con un grupo.
- b. La posibilidad de crear “listas negras” que puedan ser habilitadas por el usuario para bloquear determinadas comunicaciones, habitualmente por recepción repetitiva de peticiones de comunicación no deseadas (*spamming*). Pero también existe la posibilidad de que los usuarios definan sus “listas blancas”, donde pueden incluir a los abonados o grupos PoC de los que siempre se aceptarán las llamadas entrantes, ya sea mediante contestación automática (recepción instantánea y automática de voz), o manual (requiriendo la aceptación de la comunicación).

4.7.3.5 Procedimiento de inicio de sesión PoC

Los usuarios deben registrarse en la red IMS, y así tener acceso al servicio PoC. El UE, a través de su dirección SIP, realiza el requerimiento por medio de un mensaje INVITE. La respuesta a este mensaje contiene la aprobación junto con un componente de información multimedia que indica el servicio PoC.

En la siguiente figura se muestra la señalización SIP y el *floor control* de RTCP en un ejemplo de invitación a formar parte de una sesión PoC desde el usuario A hacia el usuario B. En este caso el usuario B posee activo el modo de respuesta automático.

Para simplificar un poco el proceso, se han obviado los mensajes SIP *Trying* y SIP *Session Progress*.

- **Pasos 1 al 7:** El usuario A invita al Usuario B a una sesión a través de su UE. Esta acción envía un mensaje SIP *Invite*, el cual incluye el URI del usuario B. Este mensaje es enrutado hacia el servidor PoC “A” por medio de la red IMS “A”. Posteriormente el mensaje es enviado al servidor PoC “B” perteneciente a la red local IMS del usuario B. Finalmente alcanza al usuario final B ayudado por la red de acceso IMS.
- **Paso 8:** Una vez recibido el mensaje #8 (*Floor Granted*), el usuario A inicia la llamada y envía un mensaje que indica el inicio de la sesión (mensaje #10). A partir de este momento los usuarios pueden comenzar la conversación, a pesar que aun no está establecida la ruta de comunicación, es conocido como “*early media feature*”; esto se logra gracias a que el servidor PoC guarda la información de voz hasta que la sesión “*end to end*” esté establecida en su totalidad.
- **Pasos 11 al 15:** cuando el usuario PoC acepta la invitación, un mensaje SIP *Ok* es enviado a través de la red IMS hasta el servidor PoC “A”.

- **Pasos 16 y 17:** El servidor PoC “A” envía un mensaje de control “*Floor Taken*” al servidor PoC “B”, este informa acerca del estado del *floor* y alerta al usuario B que tiene una llamada PoC entrante.
- **Pasos 18 y 19:** La llamada PoC es transportada a través de la ruta RTP establecida entre usuarios A y B y por medio de los servidores PoC.
- **Pasos 20 al 23:** Cuando el usuario A deja de hablar y libera la comunicación, se envía un mensaje “*Floor Release*” al servidor PoC “A” que notifica el estado del *floor*. Esto indica que el usuario B puede continuar la sesión.
- **Pasos 24 al 28:** El usuario B envía un mensaje “*Floor Request*” hacia el servidor PoC “A”, este emite un mensaje “*Floor Taken*” hacia el usuario A y un mensaje “*Floor Granted*” hacia el usuario “B”
- **Pasos 29 al 31:** El usuario B comienza la comunicación. Los mensajes RTP son transportados hasta el usuario A través de los servidores PoC.
- **Pasos 31 al 35:** Cuando el usuario B libera la sesión, el *floor* es liberado y es enviado un mensaje al usuario A acerca de estado del mismo.
- **Pasos 36 al 39:** Se libera la sesión de forma definitiva, una vez que expira el tiempo predefinido de espera. Se da término a la sesión por medio de los servidores PoC.

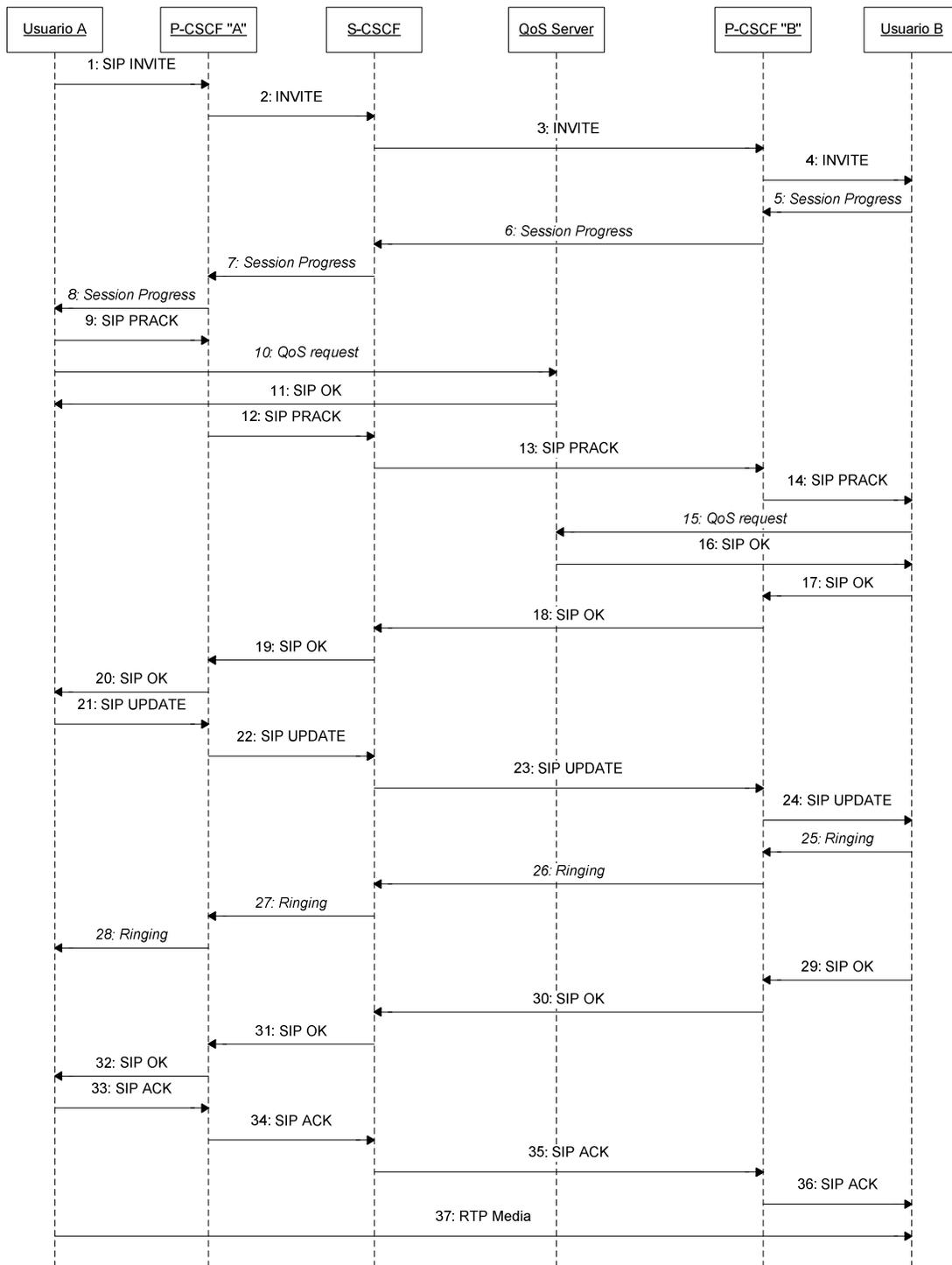


Figura 4.11: Inicio de sesión en PoC [1]

4.7.3.6 Requerimientos para la implementación del servicio PoC

Según las especificaciones PoC de la OMA, este servicio puede ser implementado en diferentes redes paquetizadas que tengan una tasa de transmisión de 7.2 kbps o superior (*Push-to-Talk over Cellular (PoC) User Plane; (E) GPRS / UMTS Specification; PoC Release 2.0;*). Por lo tanto PoC puede ser soportado por las siguientes redes de acceso:

- GPRS (de acuerdo con la versión 97/98 del 3GPP).
- EGPRS (de acuerdo con la versión 99 o posteriores del 3GPP).

UMTS (de acuerdo con la versión 99 o posteriores del 3GPP).

A través de OMA fue sugerido el uso del codec AMR 5.15 para los elementos multimedia, con una trama de 20ms, encapsulada en RTP y transmitidas sobre UDP/IP a través de servidores PoC. La versión 4 o superior de IP es obligatoria en todas las interfaces PoC.

4.8 Estudio Económico

Uno de los puntos de mayor importancia a la hora de llevar a cabo una migración de red es el estudio económico. A través de éste se determina cuánto podría costar una migración hacia redes de próxima generación. Se deben realizar las proyecciones necesarias que garanticen una implementación progresiva de servicios, a medida que se comienza con la compra e instalación de equipos (esto si no se cuenta con el capital total de inversión).

Según la empresa *Huawei*, un estudio realizado determinó que la reducción de costos una vez implantada la plataforma de red de próxima generación es como sigue:

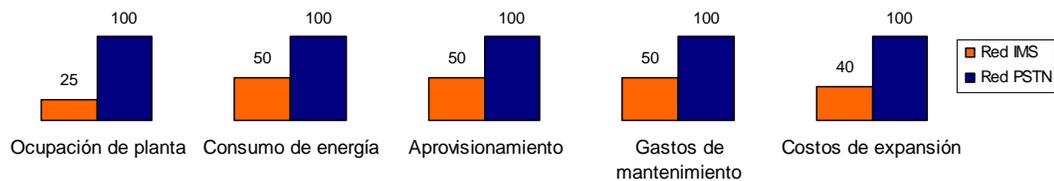


Figura 4.12: Optimización de red usando IMS [13]

El siguiente estudio tiene como finalidad reflejar, con respecto a equipos e instalación, el costo que implica un cambio de tecnología y establecimiento de una red de nueva generación. Se ha tomado como referencia una red fija, medianamente grande (aproximadamente 150000 abonados), con parte de la red respaldada con fibra óptica y conmutadores digitales.

La evolución no solo es para los operadores, sino también para los proveedores de equipos de red de próxima generación, los cuales presentan múltiples ofertas para satisfacer la gran demanda.

4.8.1 Equipos propuestos para una migración hacia IMS

Se presenta un listado de los equipos necesarios para iniciar la migración de redes fijas:

a. Gateway Controller: Está compuesto por las siguientes entidades funcionales:

- CSCF (*Call Session Control Function*) Controlador de llamadas
- HSS (*Home Subscriber Server*) Servidor de usuarios
- MRF (*Media Resource Function*) Administrador de recursos Multimedia
- BGCF (*Breakout Gateway Control Function*) Portal para control de recursos IP
- PDF (*Policy Decision Server*) Servidor de autorización.

Con las siguientes características [13]:

- 16 Millones BHCA (Busy Hour Call Attempts), 400K BHCA para voz, 100K BHCA para multimedia (SIP/H.323), 100K BHCA para inalámbrico.
- Soporte de API basado en SIP y PARLAY.
- Redundancia 1+1 para componentes principales, parches de software en línea, *hot swap* en todas las tarjetas y disponibilidad de 99.99983%.

b. IMS MGW (IMS Media Gateway): Portal de interfaz para elementos multimedia

Con las siguientes características [13]:

- Funciones de *Trunking, Media & Signaling Gateway*.
- Procesamiento: Hasta 360K troncales TDM/PSTN. Hasta 70K canales VoIP.
- Conmutación: Matriz PSTN de 256k x 256k. Matriz de conmutación de paquetes de 128Gbits/s.

- Protocolos: SIP, H.248, MGCP, H.323, V5, IP, ATM, SS7, R2.
- Funcionalidades: Esquemas de codificación G.711, G.723.1, G.726 y G.729, detección de silencio (*mute*), inserción de ruido confortante, ajuste automático de cancelación de eco, fax/MODEM. Redundancia 1+1 para tarjetas principales, *hot-swap* en todas las tarjetas.

c. Portal de acceso (*Access Gateway*): Terminal de cara al usuario

Con las siguientes características [13]:

- Capacidad: puertos integrados para acceso *broadband / narrowband*.
- Funcionalidades: Módulo de control y conmutación PSTN, Módulo control y conmutación de paquetes, Módulo de procesamiento de paquetización de voz.
- *Codecs*: G.711A, G.711 μ , G.723 y G.729
- Interfaces: *Uplink: Fast Ethernet/ Giga Ethernet. Downlink: POTS, ISDN, xDSL, V5.*
- Medidas de QoS para voz y datos, *JitterBuffer*.
- Cancelación de eco (cumple ITU-T G.165/G.168).
- Compensación de pérdida de paquetes
- Eliminación de silencio y generación de ruido de fondo (*comfort noise*)

d. SGW (*Signaling Gateway*): Maneja la señalización entre distintos tipos de redes

e. AS (*Applications Server*): Servidor de aplicaciones

f. *Media Server & Feature Server*: Servidores encargados de la facturación

g. Software de control y licencias: Es necesaria la adquisición de un software de control que permita monitorear el estado de los equipos, además detecta y reporta fallas para optimizar el trabajo requerido. Las licencias permiten el

uso del software en distintos puntos de control de la red, también está incluido el software que permite el uso de protocolos de red.

Es recomendable una vez estructurado el proyecto de migración, realizar una licitación, en la cual diferentes compañías podrán establecer sus propuestas.

A continuación se presenta un ejemplo de presupuestos y tiempo de implementación de una migración hacia IMS:

Descripción		Precio unitario	Pzas	Total Bs.	Instalación Bs. (10% del costo del equipo)
<i>Access Gateway</i>		28,140,034.80	111	3,123,543,862.80	312,354,386.28
<i>Gateway Controller</i>	<i>CSCF (Call Session Control Function)</i>	552,803,107.90	1	552,803,107.90	55,280,310.79
	<i>HSS (Home Subscriber Server)</i>				
	<i>MRF (Media Resource Server)</i>				
	<i>BGCF (Breakout Gateway Control Function)</i>				
	<i>MGCF (Media Gateway Control Function)</i>				
	<i>PDF (Policy Decision Function)</i>				
	<i>SLF (Subscriber Location Function)</i>				
<i>IMS MGW (IMS Media Gateway)</i>		101,230,068.12	5	506,150,340.60	50,615,034.06
<i>SGW (Signaling Gateway)</i>		50,615,034.06	1	50,615,034.06	5,061,503.41
<i>Media Server & Feature Server¹⁴</i>		120,000,000.00	5	600,000,000.00	60,000,000.00
<i>Software de control y licencias</i>		360,048,600.33	-	360,048,600.33	36,004,860.03
TOTALES				5,193,160,945.64	519,316,094.56

Tabla 4.5: Descripción de interfaces PoC [6]

El presupuesto presentado anteriormente refleja un aproximado del tamaño de la inversión necesaria para comenzar a implementar servicios básicos de telefonía, además de dejar el escenario listo para la llegada de nuevas ofertas de servicios inteligentes.

¹⁴ No fue posible encontrar el precio actualizado

CONCLUSIONES

La inminente convergencia entre los sistemas fijos y móviles, hacia un mundo *All IP*, obliga a los operadores de telecomunicaciones a actualizar sus sistemas y recursos, para ofrecer más y mejores servicios. Con la llegada de soluciones IP que permiten obtener servicios muy parecidos en calidad, (ej. servicios de voz) en comparación a los obtenidos de forma tradicional, ha marcado la partida de muchas operadoras hacia nuevas plataformas, que deciden apostar por una migración hacia una arquitectura de red de próxima generación.

La utilización de la planta de acceso (pares de cobre), uno de los puntos más sensibles para las operadoras, se aseguró gracias a una migración llevada a cabo de forma transitoria, además es posible ofrecer servicios y reducir costos de forma casi inmediata, permitiendo así continuar con el reemplazo de los equipos e infraestructura que componen la red.

La propuesta de red basada en el concepto *IP Multimedia Subsystem*, como ya se ha descrito anteriormente, es capaz de mantener los servicios ya prestados por la operadora, mientras que ofrece una arquitectura abierta y dinámica, de muy fácil mantenimiento y actualizaciones, y ofrece la capacidad de ofrecer nuevos servicios IP. IMS representa el primer esfuerzo normativo que pretende regular el crecimiento, desarrollo e implementaciones del concepto NGN, esto evitaría un desarrollo fuera de control y sin directrices.

RECOMENDACIONES

Es importante destacar que, aunque se quiere establecer una plataforma de información que sirva de base para una migración con éxito, se sugiere revisar las siguientes recomendaciones:

- Realizar una migración por partes, esto permite una adaptación de los sistemas y un menor impacto en los usuarios y la red.
- Conservar el mayor tiempo posible la red de acceso antigua, ya que es muy difícil y costoso invertir en el reemplazo de la red de cobre, por redes de fibra óptica; otra de las razones más complicadas es lograr que los clientes cambien los equipos antiguos por nuevos (ej. Teléfonos SIP). Este reemplazo debe ser llevado de forma gradual.
- Hacer énfasis en la calidad de servicio de voz. Uno de los mayores retos de la implantación de nuevos sistemas de red, es realizar los cambios de una forma transparente hacia el usuario.
- Realizar un estudio de mercado dentro de la zona en la que reside la red a ser actualizada. Es importante conocer qué tipo de servicios serían los más adecuados para comenzar a implementar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Telefónica I+D, Las Telecomunicaciones y la Movilidad en la Sociedad de la Información, (Libro) —Barcelona: España: Ed. División de Relaciones Corporativas y Comunicación de Telefónica I+D, 2005. Cap. 8, 11, 12, 14 20.

[2] <http://www.wikipedia.com> Septiembre 2006

[3] <http://www.protocols.com> Enero 2007

[4] <http://www.tech-invite.com> Febrero 2007

[5] <http://www.telenor.com> Noviembre 2006

[6] Kanti S., Feasibility study of IP Multimedia Subsystem (IMS) based Push-to-Talk over Cellular (PoC) for Public Safety and Security communications, (Tesis).—Espoo, Finlandia, 2006.

[7] <http://www.cisco.com> Febrero 2007

[8] Robles T., Galindo L., Consideraciones de seguridad en la convergencia de redes móviles y fijas. <http://w3.iec.csic.es/URSI/articulos_gandia_2005/articulos> [Consulta: 2007]

[9] Diameter Protocol, RFC 3588 <<http://tools.ietf.org/tools/rfcmarkup/> > [Consulta 2007]

[10] <http://www.3gpp.org> Octubre 2006

[11] <http://www.itu.int/net/home/index-es.aspx> Noviembre 2006

[12] <http://www1.alcatel-lucent.com> Abril 2007

[13] <http://www.huawei.com> Octubre 2006

[14] <http://www.protocols.com> Enero 2007

[15] <http://www.voipforo.com> Enero 2007

BIBLIOGRAFÍA

[1] www.wikipedia.org

[2] *Scenarios for PSTN/ISDN evolution to IMS* www.zte.com.cn

[3] GPRS/UMTS Specification V2.0.4 Push to Talk over Cellular (PoC) User Plane
www.motorola.com

[4] ATIS Next Generation Network (NGN) Framework, Part III: Standard Gap
Analysis www.postel.go.id

[5] La próxima generación de redes, NGN, un trayecto hacia la convergencia/ Las
Telecomunicaciones y la Movilidad en la Sociedad de la Información Capítulos: 4, 5,
11, 12, 14, 15, 16, 20, 24 www.telefonica.es/sociedaddelainformacion

[6] Building the Carrier-Class IP Next-Generation Network www.cisco.com

[7] A Protocol Reference Model for Next-Generation Networks www.cisco.com

[8] Economic Drivers for IMS-based Converged Services
www.siemens.com/networks

[9] Guide to IPTv Acronyms www.motorola.com

[10] Tutorial Presence and IP Multimedia Subsystem (IMS) Services
<http://grid.ucy.ac.cy/school/presentations>

[11] IMS IP Multimedia Subsystem Application note www.audiocodes.com

[12] Interactive Services for 3G and IMS Networks: The Next Wave
www.voxpilot.com

[13] Siemens Core Network Service www.morianagroup.com

[14] NGN Service Layer Security www.ftw.at

[15] Enabler Release Definition for Push-to-Talk over Cellular/Push to talk over Cellular (PoC) - Architecture www.openmobilealliance.org

[16] IMS Migration Strategy Coexistence of Narrowband voice and IMS Networks
<http://www.veraznetworks.com>

[17] Feasibility study of IP Multimedia Subsystem (IMS) based Push-to-Talk over Cellular (PoC) for Public Safety and Security communications. <http://lib.tkk.fi/>

[18] NGN, IMS and service control - collected information www.telenor.com

[19] IMS Application Enabler and UMTS/HSPA www.3gamericas.org