

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**ANÁLISIS DEL ESTÁNDAR IMS 3GPP ORIENTADO A LA
INTERCONEXIÓN DE REDES FIJAS Y MÓVILES EN CONJUNTO CON LAS
REDES DE NUEVA GENERACIÓN NGN TISPAN/ETSI**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

DARWIN JOSÉ CALLE TORRES

darwincalle04@yahoo.es

DIRECTORA: MSc. MARÍA SOLEDAD JIMÉNEZ

sjimenez@epn.edu.ec

Quito, Octubre del 2008

DECLARACIÓN

Yo, Darwin José Calle Torres, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Darwin José Calle Torres

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Darwin José Calle Torres, bajo mi supervisión.

M.Sc. María Soledad Jiménez
DIRECTORA DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanos, por su amor incondicional, ya que han sido testigos y partícipes de mis largas horas de leer, escribir, borrar y hasta de no hacer nada...

A mi tutora, M.Sc. Soledad Jiménez por su paciencia y entrega; creo que demasiadas veces se preguntó si algún día regresaría a la siguiente tutoría...

A mis amigos del lejano M1, a pesar de su ausencia física, estuvieron, y sospecho que estarán hoy, cuando necesite apoyo y cariño sincero...

A Ivonne por hacer más pasajeros mis días de desolación y pesimismo; aún intento dimensionar la expresión "juntos somos más que dos"...

Y a esa fuerza inconmensurable, que cada mañana me devuelve la esperanza en lo que hago y que, ni mis clases de Física Moderna ni las de Telemática me ayudaron a definirla; algunos la llaman simplemente Dios...

DEDICATORIA

Hay quienes sueñan con volar, cuando otros siguen mirando al suelo.

Hay quienes viven el momento, cuando otros fallecen por lo que fue y no pudo ser.

Hay quienes regalan sonrisas, cuando ya todo parece perdido.

Para ti, maravilloso ser, que sueñas, vives y me regalas sonrisas cuando todo parece no tener más sentido.

Para ti, mi amada Saraí

CONTENIDO

RESUMEN.....	i
PRESENTACIÓN	iii
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES	1
1.1 DESARROLLO DE LAS TELECOMUNICACIONES	1
1.2 MEDIOS DE TRANSMISIÓN.....	4
1.2.1 MEDIOS GUIADOS	4
1.2.1.1 Cable de par trenzado	4
1.2.1.2 Cable coaxial	6
1.2.1.3 Fibra óptica.....	6
1.2.2 MEDIOS NO GUIADOS	7
1.2.2.1 Radio enlaces de VHF y UHF	8
1.2.2.2 Microondas terrestres y satelitales.....	8
1.2.2.3 Ondas Infrarrojas	10
1.3 TÉCNICAS BÁSICAS DE CONMUTACIÓN	11
1.3.1 CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS	11
1.3.2 CONMUTACIÓN DE PAQUETES.....	13
1.3.2.1 Conmutación de paquetes orientada a conexión.....	14
1.3.2.2 Conmutación de paquetes no orientada a conexión (datagramas).....	15
1.4 REDES DE TELECOMUNICACIONES.....	15
1.4.1 REDES SOBRE CABLE.....	16
1.4.1.1 Red Telefónica Conmutada (RTC).....	16
1.4.1.2 Línea Digital de Abonado (xDSL)	18
1.4.1.3 Red Digital de Servicios Integrados	21
1.4.1.3.1 Acceso básico (BRI).....	21
1.4.1.3.2 Acceso primario (PRI).....	22
1.4.1.4 Acceso de Fibra Óptica.....	22
1.4.1.5 Redes híbridas de fibra y cable (HFC)	23
1.4.2 ACCESO INALÁMBRICO.....	25
1.4.2.1 Bucle Local Inalámbrico (WLL).....	25
1.4.2.1.1 LMDS	26

1.4.2.1.2	MMDS.....	26
1.4.2.1.3	Wireless IP.....	27
1.4.2.2	Wi Fi.....	27
1.4.2.3	WiMAX.....	28
1.4.2.4	Comunicaciones Móviles Terrestres	28
1.4.2.4.1	Primera generación	30
1.4.2.4.2	Segunda Generación.....	30
1.4.2.4.3	2.5 G.....	32
1.4.2.4.4	Tercera Generación (3G)	33
1.5	ESTADO GLOBAL Y ACTUAL DE LAS REDES FIJA Y MÓVIL.....	35
1.5.1	CONVERGENCIA	37
1.5.2	CONVERGENCIA DE REDES FIJA- MÓVIL.....	38
	CAPÍTULO 2: ESTÁNDAR IMS 3GPP	41
2.1	INTRODUCCIÓN	41
2.2	VISIÓN GENERAL DE LA RED 3G UMTS Y SU EVOLUCIÓN	42
2.3	SUBSISTEMA IP MULTIMEDIA (IMS).....	45
2.3.1	IDENTIDADES DE USUARIO IMS.....	47
2.3.2	PRESTACIONES GENERALES DE IMS	48
2.4	PROTOCOLOS IMS	50
2.4.1	PROTOCOLO DE INICIACIÓN DE SESIÓN (SIP)	50
2.4.2	PROTOCOLO DE DESCRIPCIÓN DE SESIÓN (SDP).....	53
2.4.3	PROTOCOLO DE TIEMPO REAL (RTP).....	54
2.4.4	DIAMETER.....	55
2.4.5	H.248 MEGACO	55
2.4.6	COMMON OPEN POLICY SERVICE (COPS).....	55
2.4.7	PROTOCOLO INTERNET VERSIÓN 6 (IPv6)	56
2.5	ARQUITECTURA IMS	57
2.6	ENTIDADES Y FUNCIONES IMS.....	60
2.6.1	TERMINAL IMS.....	60
2.6.2	SERVIDOR DE APLICACIÓN	60
2.6.3	CALL SESSION CONTROL FUNCTION (CSCF)	60
2.6.3.1	Proxy – CSCF (P-CSCF).....	61

2.6.3.2	Interrogating – CSCF (I-CSCF)	62
2.6.3.3	Serving CSCF (S-CSCF)	63
2.6.4	HOME SUBSCRIBER SERVER (HSS)	65
2.6.5	MEDIA RESOURCE FUNCTION (MRF)	66
2.6.6	APPLICATION LEVEL GATEWAY (ALG).....	67
2.6.7	POLICE DECISION FUNCTION (PDF).....	67
2.6.8	NODOS PARA INTERWORKING	68
2.6.8.1	Breakout Gateway Control Function (BGCF).....	68
2.6.8.2	Media Gateway (MGW)	68
2.6.8.3	Media Gateway Control Function (MGCF)	69
2.6.8.4	Signaling Gateway (SGW)	69
2.7	FUNCIONALIDAD DEL IMS	70
2.7.1	PROCEDIMIENTO DE REGISTRO Y RE REGISTRO	70
2.7.1.1	Registro del usuario	70
2.7.1.2	Re- registro de un usuario.....	73
2.7.2	ESTABLECIMIENTO DE LA SESIÓN	75
2.7.3	LIBERACIÓN DE LA SESIÓN.....	79
2.7.4	INTERWORKING IMS CON LA RED CS	81
2.8	EXPECTATIVAS IMS	82
2.8.1	NUEVOS SERVICIOS IMS.....	82
2.8.1.1	Presencia.....	83
2.8.1.2	Localización.....	84
2.8.1.3	Servicio Push-To-Talk.....	84
2.8.1.4	Servicio “Botón Rojo” y Teleasistencia	85
2.8.1.5	IMR (Intelligent Mobile Redirect) o Teléfono Único	85
2.8.1.6	Servicio “Envío Inteligente de Mensajes”	86
2.8.2	FUTUROS DESARROLLOS	86
CAPÍTULO 3: ESTÁNDAR IMS TISPAN/ETSI		89
3.1	REDES DE NUEVA GENERACIÓN.....	89
3.1.1	ANTECEDENTES	89
3.1.2	MODELO NGN	91
3.1.3	RELACIÓN DE LA ARQUITECTURA IMS CON NGN	94

3.2	CUERPO DE ESTANDARIZACIÓN TISPAN/ETSI	95
3.2.1	COMPETENCIAS CENTRALES DE TISPAN	95
3.2.2	ESTRUCTURA DE TISPAN	96
3.2.2.1	WG1 (Servicios y Aplicaciones)	96
3.2.2.2	WG2 (Arquitectura).....	97
3.2.2.3	WG3 (Protocolo)	97
3.2.2.4	WG4 (Numeración, Direccionamiento y Encaminamiento)	98
3.2.2.5	WG5 (Calidad de Servicio)	98
3.2.2.6	WG6 (Testing).....	98
3.2.2.7	WG7 (Seguridad).....	99
3.2.2.8	WG8 (Gestión de Red)	99
3.3	NGN TISPAN	99
3.3.1	CAPACIDADES GENERALES DE NGN/TISPAN	100
3.3.1.1	Numeración y direccionamiento.....	100
3.3.1.2	Seguridad	101
3.3.1.3	Calidad de Servicio (QoS).....	102
3.3.1.4	Administración de la Red	103
3.3.1.5	Identificación y Autenticación	104
3.3.2	ARQUITECTURA FUNCIONAL NGN TISPAN.....	105
3.3.2.1	Plano de Transporte	107
3.3.2.1.1	<i>Sub nivel de Control de Transporte</i>	107
3.3.2.1.2	<i>Funciones de Transferencia</i>	111
3.3.2.2	Plano de Servicio	113
3.3.2.2.1	<i>Subsistema Multimedia IP (IMS)</i>	114
3.3.2.2.2	<i>Subsistema de Emulación PSTN/ISDN (PES)</i>	114
3.3.2.2.3	<i>Funciones comunes</i>	115
3.4	SUBSISTEMA MULTIMEDIA IP NGN/TISPAN.....	116
3.4.1	EXTENSIONES A IMS 3GPP	117
3.4.2	ARQUITECTURA FUNCIONAL DE IMS NGN/TISPAN	118
3.4.2.1	CSCF (Call Session Control Function)	120
3.4.2.2	MGCF (Media Gateway Controller Function)	121
3.4.2.3	MRFC (Multimedia Resource Function Controller)	121
3.4.2.4	BGCF (Breakout Gateway Control Function).....	121

3.4.3	CAPACIDADES DEL IMS TISPAN.....	122
3.4.3.1	Autenticación y Autorización.....	122
3.4.3.2	Establecimiento de sesión y reserva de recursos.....	123
3.4.3.3	Aprovisionamiento de servicios de valor agregado.....	124
3.4.3.4	Simulación de servicios telefónicos multimedia.....	125
3.4.3.5	Interconexión con otras redes o dominios.....	127
CAPÍTULO 4: INTERCONEXIÓN DE REDES FIJAS Y MÓVILES.....		130
4.1	PRINCIPIOS BÁSICOS DE INTERCONEXIÓN.....	130
4.1.1	MOTIVACIONES PARA LA INTERCONEXIÓN FIJA-MÓVIL.....	131
4.1.2	REQUERIMIENTOS GENERALES EN LOS ENTORNOS FIJO Y MÓVIL.....	134
4.1.2.1	Movilidad.....	135
4.1.2.2	Control de la sesión.....	136
4.1.2.3	Calidad de servicio.....	137
4.1.2.4	Seguridad.....	139
4.1.2.5	Servicios y capacidades de servicio.....	139
4.2	IMS COMO VIABILIZADOR DE LA INTERCONEXIÓN.....	140
4.2.1	SERVICIOS COMBINACIONALES IMS CS [36], [60].....	141
4.2.2	SERVICIOS IMS COMUNES EN ENTORNOS FIJO Y MÓVIL.....	144
4.3	ARQUITECTURA DE INTERCONEXIÓN FIJO- MÓVIL.....	146
4.3.1	MODELOS DE INTERCONEXIÓN.....	147
4.3.2	ESCENARIO DE INTERCONEXIÓN FIJO- MÓVIL.....	149
4.3.2.1	Establecimiento de la sesión.....	153
4.3.2.2	Mensajes de señalización.....	154
4.4	CONSIDERACIONES FINALES.....	157
4.4.1	LIMITACIONES DE IMS.....	157
4.4.2	DESAFÍOS PARA LAS NUEVAS REGULACIONES.....	158
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		164
5.1	CONCLUSIONES.....	164
5.2	RECOMENDACIONES.....	166
BIBLIOGRAFÍA.....		168

GLOSARIO	175
ANEXOS	179

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo, es analizar el Subsistema Multimedia IP (IMS) y la factibilidad que presenta su arquitectura orientada hacia la interconexión de los dominios fijo y móvil, pertenecientes a diferentes operadores. De esta manera, se pretende dar al lector un entendimiento comprensible sobre lo que es la arquitectura IMS, cuál es su propósito y en qué radica su fortaleza para viabilizar la interconexión de las redes fija y móvil.

Con este propósito, en el primer capítulo, se inicia con un repaso breve sobre el desarrollo de las telecomunicaciones, desde sus primeras manifestaciones hasta nuestros días. Además se mencionan los tipos de medios de transmisión y las formas de conmutación (paquetes y circuitos) para transmitir información a través de las redes de transporte. Se presenta un repaso acerca de las redes de comunicación, dando mayor énfasis a la evolución y estado actual de la Red Telefónica Conmutada y de las Comunicaciones Móviles Terrestres.

El segundo capítulo trata sobre el Subsistema IMS definido por 3PPP, un conjunto de funciones y procesos de red que conforman el plano de control, el mismo que permite entregar servicios multimedia dentro del entorno móvil. Para ello, se presenta un vistazo general de la red 3G UMTS definida por 3GPP, en cuyo plano de control se ubica el IMS. Se brinda una descripción de los elementos y protocolos usados en el plano de control; así también, se describe la funcionalidad general del subsistema, referida a tres puntos clave como son: el registro del dispositivo/usuario en la red móvil, el establecimiento y la liberación de la sesión.

El tercer capítulo, introduce el concepto de las Redes de Nueva Generación y la visión del cuerpo de estandarización ETSI/TISPAN, que reutiliza el subsistema IMS, para cubrir requerimientos propios del entorno fijo, para hacer frente al reto de la renovación de sus redes. Se mencionan los grupos de trabajo en TISPAN, encargados de la estandarización de la NGN, las extensiones

consideradas en el subsistema original y por supuesto, sus elementos y funcionalidades. También se mencionan las capacidades generales que tiene el IMS en TISPAN, las mismas que sirven para la prestación de nuevos servicios multimedia dentro de este entorno.

El cuarto capítulo presenta conceptos referentes a la interconexión de redes fijas y móviles, en donde se orienta a la arquitectura IMS como solución para la interconexión de las mismas a nivel de control y la futura convergencia de las redes a través de un nivel de control común y universal. Se describen los Servicios Combinacionales, definidos por 3GPP, que permitirán cursar simultáneamente, sesiones conversacionales y multimedia a través de las redes de circuitos y paquetes de la red UMTS respectivamente, las cuales conviven e interactuarán hasta que la red todo IP se implante totalmente en la industria y el mercado móvil. El modelo de servicios combinacionales, conjuntamente con los conceptos previos desarrollados a través de todo este trabajo y versiones actuales de la arquitectura IMS, se emplean dentro de un análisis de un posible escenario de interconexión. También se ha creído necesario dar una visión general de los posibles problemas referentes a la regulación de servicios dentro del nuevo entorno de redes de nueva generación.

Por último, se presenta en el capítulo final, varias conclusiones y recomendaciones pertinentes y apropiadas extraídas a lo largo del presente trabajo.

PRESENTACIÓN

Durante varias décadas, la telefonía fija, ha generado importantes ingresos a los suministradores de servicios de telecomunicaciones, ésta, se ha desarrollado en un mercado regulado, caracterizándose por la alta disponibilidad y estabilidad de los precios del servicio. Sin embargo, en los últimos años, los márgenes de ganancias generados por los servicios de telefonía fija tradicional, han ido disminuyendo de una manera paulatina a nivel global. El vertiginoso crecimiento de las redes móviles y las de datos, ha contribuido a este fenómeno. Por ello los operadores de telefonía fija están resueltos en potencializar sus ofertas con nuevos servicios orientados al usuario. La aparición del protocolo TCP/IP, que ha permitido paquetizar la información independientemente de su origen, y por otro lado, la utilización masiva a escala mundial de la red de redes, Internet, basada en IP (*Internet Protocol*), produjo una transformación en la forma de comunicarse de la sociedad y les brindó a los operadores de las redes fijas, las pistas y pautas necesarias para desarrollar sus redes y poder satisfacer las nuevas demandas de los consumidores.

En la última década, el 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*), organismo que desarrolla especificaciones y reportes técnicos para redes móviles de tercera generación (3G), ha dado seguimiento al desarrollo de las especificaciones de UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), introduciendo un nuevo concepto llamado IMS (*Internet Multimedia Subsystem*), que se define como una estructura de control, que adopta SIP (*Session Initiation Protocol*) como protocolo de señalización, el mismo que garantizaría la calidad de servicio (QoS) entre los extremos de una comunicación y daría viabilidad al servicio de voz sobre IP (VoIP).

Si bien, IMS en un principio estaba totalmente enfocado a la mejora de las capacidades de la telefonía móvil, con el fin de prestar un servicio más robusto y eficaz, ha sido acogido por cuerpos de estandarización de NGN, evolución de las redes fijas, para convertirse en la arquitectura de control de la sesión multimedia de la nueva generación de redes.

IMS ha evolucionado conforme a los requerimientos de los fabricantes de equipos y los operadores de telecomunicaciones, que han descrito nuevas funcionalidades para contribuir al proceso de definición del estándar. Su despliegue y aplicación aún se ubica en un futuro mediano y básicamente está encaminado a la integración de los servicios de voz y datos sobre una única infraestructura de conmutación de paquetes para establecer sesiones IP, con calidad de servicio y aún más allá, integrar las infraestructuras fijas y móviles bajo un conjunto común de mecanismos de señalización y de facturación. Esto implica, la necesidad de que los operadores de telefonía fija y móvil modifiquen gradualmente sus redes de conmutación de circuitos hacia redes de paquetes e incluyan tecnologías emergentes en su oferta de servicios. Estos cambios por supuesto, no serán inmediatos, sino que existirán estados intermedios en los que se tengan que combinar las redes de paquetes y circuitos existentes en los dominios de los operadores, para soportar los novedosos servicios multimedia demandados por los consumidores.

En estas circunstancias, el rol que deben desempeñar los operadores de telecomunicaciones, se convierte en la pieza fundamental de un escenario dominado por las redes de nueva generación, cuyo objetivo principal es, atender las necesidades y demandas concretas de un cliente que busca ventajas en términos de productividad y eficacia, que le permitan un acceso inmediato a los servicios en cualquier momento, lugar y modo.

Lo recomendable entonces, y tal como va la tendencia, es que los proveedores de servicio con infraestructuras diferentes, tal como las compañías telefónicas móvil y fija, incluyan una adecuada estructura de control y facturación de los servicios a través de IMS, para ofrecer voz, datos y video a sus suscriptores, siendo un tema a corto plazo, el de la interconexión de ambas redes de una manera efectiva y funcional.

El presente trabajo brinda una visión de la arquitectura IMS orientada a la interconexión de las redes fija y móvil basado en los documentos y normas disponibles hasta ahora en los cuerpos de estandarización 3GPP y ETSI/TISPAN.

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1.1 DESARROLLO DE LAS TELECOMUNICACIONES [1], [2], [3]

Desde la antigüedad el ser humano reconocía la necesidad de transmitir información, para ello, se ha valido de diversas maneras, la primera de ellas por supuesto, fue la voz humana. Se presume que alrededor de los años 3500 AC, había comunicación a partir de signos abstractos dibujados en hojas de árboles que servían de papel.

Probablemente, entre los primeros sistemas de los que se valió el hombre para transmitir información distantes, fue el de los mensajeros humanos, que se trasladaban entre los sitios, caminando o cabalgando. Este sistema resultaba inconveniente, ya que muchas veces, la distancia era sumamente enorme para que el mensajero la recorriese totalmente, sin que el destinatario no perdiese interés en la información o para que ésta no llegara demasiado tarde; surgió entonces un sistema denominado de "relevos". Este sistema fue empleado por ejemplo, durante el imperio romano, donde existían estaciones para el cambio de cabalgadura y para descansar. Un mensajero en aquella época tenía que recorrer largas distancias y estaba forzado a salvar todas las asperezas topográficas de la región. El hombre se percató entonces del hecho de que las señales ópticas podían ser utilizadas para cubrir mayores distancias de una manera más rápida que en el sistema antes descrito.

Así nacieron luego, formas de comunicación, en la cuales las personas se situaban en sitios elevados y a través de gestos hechos con el movimiento de sus brazos o bien utilizando señales de humo o fuego, transmitían la información a otros, hasta que la información llegara a su destino. Una alternativa en áreas donde se dificultaba tener línea de vista para la transmisión de información, fue el empleo de sonidos de tambor, por ejemplo, en China usaban el conocido "tamtam", que era un gran plato metálico empleado para transmitir información audible con toques de un martillo sobre él.

Benjamín Franklin en 1752, a través del experimento de la cometa, determinó la existencia de cargas positivas y negativas, lo que significó el descubrimiento de la electricidad, y estableció la ley de conservación de la carga; posteriormente grandes inventos fueron surgiendo bajo este concepto.

Las telecomunicaciones¹, como tal, toman forma en la primera mitad del siglo XIX. En 1836, Samuel Morse diseña el sistema electromagnético conocido como Telégrafo, que utilizaba código Morse, consistente en puntos y barras que eran transmitidos a través de un circuito eléctrico; para los años posteriores se tendieron los cables necesarios para las transmisiones a grandes distancias.

A pesar del gran avance que significó el telégrafo, no era suficiente lo que se lograba comunicar, pues los mensajes transmitidos por esta vía, eran cortos y no garantizaban de ningún modo la privacidad de la información que se enviaba. Aparece entonces el teléfono, patentado por Alexander Graham Bell, que logra la primera transmisión de voz en 1876, con lo cual se logra disponer de comunicación inmediata a distancia.

Luego, con los adelantos en el estudio de la electricidad, el físico alemán Heinrich Hertz en 1887 descubre la existencia de las ondas electromagnéticas, estableciendo las bases para la telegrafía sin hilos.

El siglo pasado fue determinante, con la invención del diodo de vacío, puede decirse que se marcó el nacimiento de la electrónica, este dispositivo permitió el desarrollo de diferentes ideas que se materializaron por ejemplo, con la invención de la radio y la televisión, las que han aportado enormemente al actual desarrollo tecnológico de la humanidad.

1 En 1932, la reunión conjunta de la XIII Conferencia de la UTI (Unión Telegráfica Internacional) y la III de la URI (Unión Radiotelegráfica Internacional), se definió el término "telecomunicación" de la siguiente manera: *"Telecomunicación es toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos"*.

La mayor influencia sobre las comunicaciones la tuvieron la segunda Guerra Mundial y la posterior guerra fría, los requerimientos de comunicaciones instantáneas, seguras y privadas de ese período fueron determinantes para que las comunicaciones sean lo que son hoy en día. La segunda mitad del siglo XX que marcada principalmente por la puesta en órbita de satélites artificiales. Hoy en día, la mayor parte de ellos son satélites de comunicación, utilizados para la telefonía y la transmisión de datos digitales y señales de televisión.

La construcción de la primera computadora programable y el posterior desarrollo de la red de computadores ARPANET, utilizada con fines militares en primera instancia, constituirían el nacimiento y auge de Internet, que permitió procesar, almacenar y compartir información entre diferentes usuarios situados distantemente alrededor del mundo. La "World Wide Web" (www) fue creada en 1989 por Tim Barners Lee en el Instituto Europeo de Investigación de Física de Partículas (CERN) en Ginebra (Suiza).

En cuanto a las comunicaciones móviles, a pesar de que ya se habían hecho pruebas con fines militares muchos años antes, no aparecen a nivel comercial sino hasta finales del siglo XX, cuando la primera generación de redes móviles fue lanzada. El crecimiento comercial que han experimentado desde entonces los operadores de comunicaciones móviles, ha dependido del tráfico generado por el creciente número de clientes que hacen uso de estos servicios a nivel global.

De esta manera, se inició el desarrollo de una gran variedad de redes cableadas y no cableadas, utilizadas en las comunicaciones globales, hoy ellas rodean el globo terráqueo. La radio, la televisión y el teléfono permiten que millones de personas estén en permanente contacto y que salven distancias de miles de kilómetros, aunque existe aún un porcentaje considerable a nivel mundial de quienes carecen de acceso básico a modos de telecomunicaciones elementales.

1.2 MEDIOS DE TRANSMISIÓN [4], [5], [6], [12]

El medio de transmisión es el soporte a través del cual, un emisor y un receptor pueden comunicarse dentro de un sistema de transmisión de información de cualquier naturaleza (documento escrito, impreso, imagen fija o en movimiento, video, voz, música, señales visibles, señales audibles, etc.). En este sentido, existen dos tipos de medios de transmisión: guiados y no guiados.

1.2.1 MEDIOS GUIADOS

Los medios guiados conducen (guían) las señales de información a través de un camino físico. Ejemplos de este tipo de medios son el par trenzado, el cable coaxial y la fibra óptica.

1.2.1.1 Cable de par trenzado

Consiste en dos alambres aislados de cobre o a veces de aluminio, que se entrelazan en forma helicoidal con el propósito de reducir la interferencia electromagnética de pares similares cercanos (diafonía). Los pares trenzados se agrupan bajo una cubierta común, típicamente de PVC (Poli Cloruro de Vinilo), en cables multipares de 2, 4, 8... hasta miles de pares inclusive, ver figura 1.1. El cable de pares trenzados se puede utilizar tanto para transmisión analógica como para digital y su ancho de banda depende del calibre del alambre y de su longitud (ver tabla 1.1).



Fig. 1.1.- Cable UTP de 4 pares de cobre [5]

Ejemplo de un sistema que usa este medio, es el de telefonía, ya que la mayoría de terminales se conectan a un nodo o a la central telefónica por medio de un par trenzado de cobre. Actualmente, se han convertido en un estándar en el ámbito de las redes LAN (*Local Area Network*) como medio de transmisión en las redes de acceso de los usuarios (típicamente con cables de 2 ó 4 pares trenzados).

Los tipos de cable de par trenzado, con los que se cuentan hoy en día son:

- Cable de par trenzado blindado (STP, *Shielded Twisted Pair*).
- Cable par trenzado no apantallado (UTP, *Unshielded Twisted Pair*).

De estos tipos de cable trenzado, el cable UTP, es el que hasta ahora ha sido mejor aceptado, ya que es más sencillo de instalar por su pequeño diámetro y por no requerir conexión a tierra, además es el medio guiado más barato. A altas velocidades puede resultar vulnerable a las interferencias electromagnéticas del medio ambiente. Es el más utilizado en telefonía y en redes Ethernet. Existen varias categorías de cables UTP² con características eléctricas tales como: atenuación, capacidad de la línea e impedancia.

En la siguiente tabla se puede ver, para algunas categorías, la correspondencia entre ancho de banda y las distancias máximas recomendadas sin sufrir atenuaciones que hagan variar la señal.

Ancho de Banda	100 KHz	1 MHz	20 MHz	100 MHz
Categoría 3	2 Km	500 m	100 m	No definido
Categoría 4	3 Km	600 m	150 m	No definido
Categoría 5	3 Km	700 m	160 m	100 m

Tabla 1.1.- Ancho de banda y longitudes para algunas categorías de cable UTP [5].

² Actualmente existen 8 categorías de cable UTP: 1, 2, 3, 4, 5, 5e, 6 y 7. La categoría 1 es solamente empleada en telefonía para voz. Categoría 7, no está definida y mucho menos estandarizada.

1.2.1.2 Cable coaxial

La estructura del cable coaxial, se representa en la figura 1.2. Consta de un alambre de cobre en su parte central, que constituye el núcleo, el cual se encuentra rodeado por un material aislante, éste a su vez, está rodeado por un conductor cilíndrico, que frecuentemente se presenta como una malla de tejido trenzado envuelta por una cubierta exterior de plástico protector.

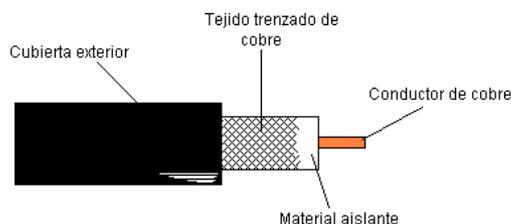


Fig. 1.2.- Estructura de un cable coaxial [6]

La construcción del cable coaxial produce una buena combinación de un gran ancho de banda y una excelente inmunidad al ruido. El ancho de banda que se puede obtener depende de la longitud del cable; para cables de 1km, por ejemplo, es factible obtener velocidades de datos de hasta 10 Mbps. En cables de longitudes menores, es posible obtener velocidades superiores; se pueden utilizar cables con mayor longitud, pero se obtienen velocidades inferiores. El cable coaxial se emplea por ejemplo para cables de antena y redes de TV por cable, en redes de área local y para transmisiones de largas distancia del sistema telefónico, aunque está siendo sustituida en este caso, por la fibra óptica.

1.2.1.3 Fibra óptica

Un cable de fibra óptica consta normalmente de cinco secciones concéntricas, tal como se muestra en la figura 1.3. La más interna, el núcleo, consiste de un cristal o plástico de entre 1 y 10 μm de diámetro (fibra óptica monomodo). Sobre el núcleo de la fibra se coloca un revestimiento de cristal o plástico con propiedades ópticas distintas a las del núcleo. El revestimiento está rodeado por un material intermedio que normalmente es de plástico, que ayuda a

proteger al núcleo de daños posibles. La función del material fortificante es evitar que el cable se estire cuando quienes instalan un cableado tiran de él. La capa más exterior, debe ser de un material opaco y resistente.

El cable de fibra óptica transmite señales ópticas en lugar de las eléctricas, además, permite transmitir tasas muchísimo más altas en comparación con los cables metálicos.

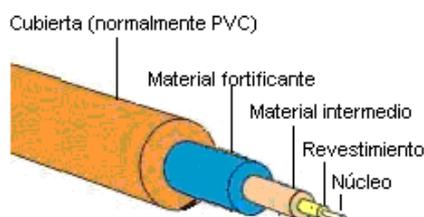


Fig. 1.3. - Estructura de un cable de fibra óptica [6].

La fibra óptica fue propuesta como medio de transmisión debido a su enorme ancho de banda, inmunidad a interferencias electromagnética y de radiofrecuencia, etc. Con el tiempo se ha introducido en un amplio rango de aplicaciones como: telefonía, computación, redes de datos, sistemas de televisión por cable y transmisión de información de alta calidad.

1.2.2 MEDIOS NO GUIADOS

Los medios no guiados proporcionan un soporte para que las ondas electromagnéticas se transmitan, pero no las dirigen. De esta manera las ondas, pueden viajar a través del vacío en el espacio exterior o a través del aire. El espectro electromagnético, que se ilustra en la figura 1.4, es utilizado para las transmisiones inalámbricas. Radio, microondas, infrarrojo, porción visible de luz son franjas de frecuencia del espectro que pueden ser usadas para transmitir información³.

³ La luz UV, los rayos X y Gamma, debido a su mayor frecuencia podrían tener un mejor comportamiento, pero resultan más difíciles de producir y modular, además no se propagan bien a través de los edificios y resultan peligrosos para los seres vivos.

1.2.2.1 Radio enlaces de VHF y UHF

VHF (*Very High Frequency, Frecuencias Muy Altas*) trabaja en la banda de 30 hasta 300 MHz, mientras que UHF (*Ultra High Frequency, Frecuencias Ultra Altas*), en la de 300 MHz a 3 GHz [8]. Este tipo de ondas, son omnidireccionales y su alcance es de un centenar de kilómetros. Este sistema usa repetidores para obtener transmisiones a larga distancia. Su aplicación suele estar relacionada con los radioaficionados y con equipos de comunicación militares.

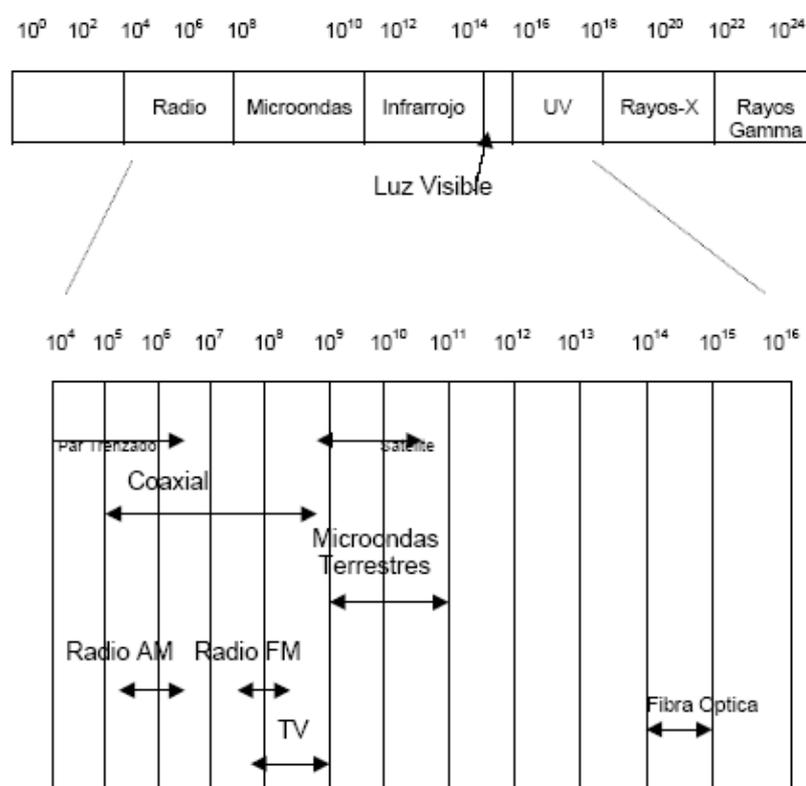


Fig. 1.4.- Espectro electromagnético utilizado para las transmisiones inalámbricas [12].

1.2.2.2 Microondas terrestres y satelitales

Se denominan microondas a aquellas bandas de frecuencia en el rango de 2 a 40 GHz, la longitud de onda en esta banda es muy pequeña (milimétrica o micrométrica). Las microondas permiten transmisiones tanto terrestres como satelitales.

Un sistema de microondas terrestres consiste en un par de antenas conectadas a un radio transmisor cada una. Dadas las altas frecuencias con las que trabaja, las ondas son direccionales y sólo se pueden emplear en situaciones en donde exista línea de vista entre el emisor y el receptor, tal como se representa en la figura 1.5.



Fig. 1.5.- Microondas terrestres con línea de vista. *

Las microondas satelitales manejan un ancho de banda entre los 3 y los 30 GHz, y son usados para sistemas de televisión, transmisión telefónica a larga distancia y redes privadas punto a punto. Para ello se usan satélites en órbitas geoestacionarias, como se observa en la figura 1.6, que se comportan como estaciones repetidoras que recogen la señal de algún transmisor en tierra, pudiendo regenerarla o limitarse a retransmitirla, difundiéndola entre una o varias estaciones terrestres receptoras.

Cabe anotar que las microondas en general son muy sensibles a las malas condiciones atmosféricas.

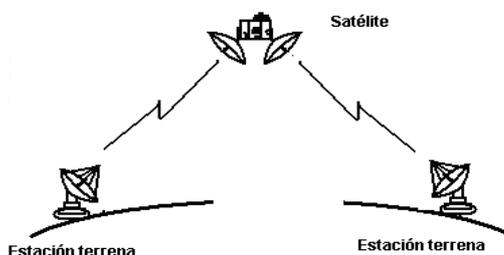


Fig. 1.6.- Microondas satelitales punto a punto.

* De aquí en adelante, las figuras sin número de referencia corresponden al autor.

1.2.2.3 Ondas Infrarrojas

Son ondas electromagnéticas de frecuencias superiores a las de las microondas, pero inferiores a las de la luz. Son relativamente direccionales y pueden ser usadas para transmisión de información de corta distancia, por ejemplo para el control de electrodomésticos.

Debido a la pequeña longitud de onda que tienen, este tipo de ondas no pasa a través de los objetos como muros o paredes, esto puede resultar en un hecho positivo, ya que los sistemas infrarrojos de una habitación no se interfieren con sus similares de habitaciones adyacentes.

Mientras las frecuencias de radio se acercan a las frecuencias de la luz visible, se comportan menos como radio y más como luz. El rayo láser es una luz muy potente y coherente (que no se dispersa fácilmente con la distancia), además es unidireccional y se utiliza mucho por ejemplo, para conectar LANs localizadas en diferentes edificios, sistema que cuenta con fuentes de luz y detectores en cada extremo para cubrir pequeñas distancias, esto se puede observar en la figura 1.7.

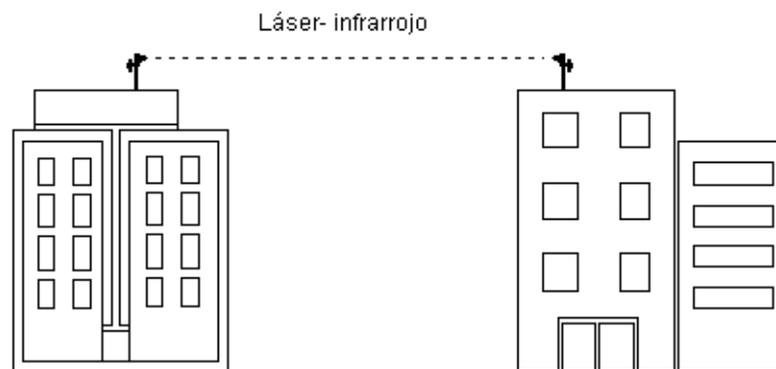


Fig. 1.7.- Conexión de redes de área local utilizando láser-infrarrojo.

1.3 TÉCNICAS BÁSICAS DE CONMUTACIÓN [7], [8]

La conmutación permite realizar conexiones entre diversos usuarios en una red de telecomunicaciones, optimizando el uso de equipos y medios de transmisión para el intercambio de información.

1.3.1 CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS

Con la técnica de conmutación de circuitos, cuando los terminales necesitan comunicarse, se establece un canal o circuito dedicado de extremo a extremo, asignándole exclusivamente a cada comunicación, recursos de red de forma fija para todo el tiempo que dure la sesión entre el par origen – destino, el proceso se esquematiza en la figura 1.8. La capacidad de los medios es compartida empleando por ejemplo, técnicas de multiplexión por división de frecuencia (reserva de una región del espectro) o más usualmente, de multiplexión por división de tiempo (reserva de un intervalo de tiempo).

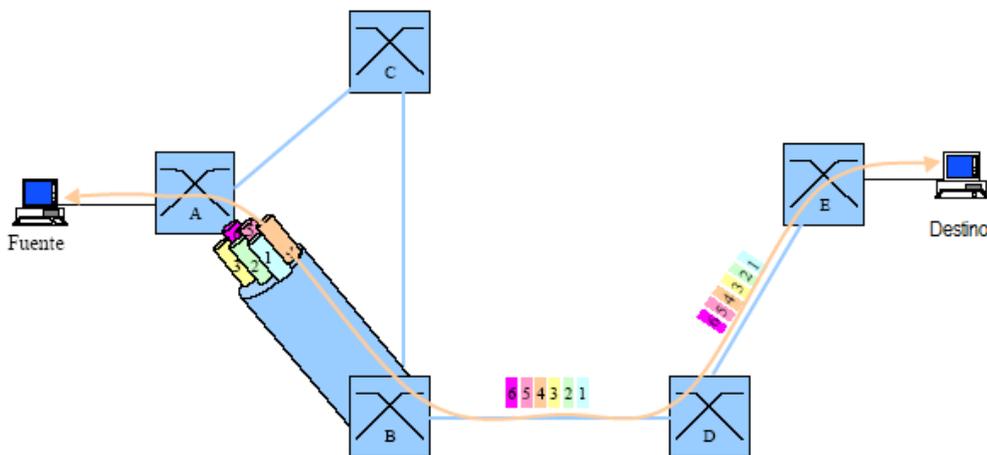


Fig. 1.8.- Conmutación de circuitos [7].

El ejemplo más típico en donde se emplea conmutación de circuitos, es en el sistema telefónico, en el que los segmentos de cable se enlazan para crear un circuito o camino único durante la duración de una llamada o sesión.

El proceso consta de tres instancias:

- Establecimiento de la conexión:

Cuando se vaya a comenzar una comunicación, se recorren todos los enlaces y nodos entre el origen y el destino, reservándose la capacidad necesaria en los mismos, se establece así, un circuito reservado entre los dispositivos de origen y destino. Los nodos intermedios no procesan los datos de ninguna forma, sólo se encargan de encaminarlos a su destino, es decir, los nodos no introducen retardos, la única latencia que existe es la de propagación de la señal.

- Transferencia de información:

Se transmiten los datos a través del circuito que se ha reservado.

- Liberación de la conexión:

Una vez terminada la sesión o llamada, se liberan, o bien por parte de uno de los terminales de usuario o por la propia red, todos los recursos reservados, de esta manera pueden ser utilizados para el establecimiento de cualquier otra conexión.

La conmutación de circuitos garantiza la calidad de servicio (QoS)⁴ durante la transferencia de información, ya que los recursos permanecen dedicados para esa conexión. Pero también presenta algunas desventajas como son:

- Como se necesita señalización para establecer la conexión, existirá un tiempo de establecimiento de conexión, en el que la información no se puede enviar.
- Si los recursos están ocupados y no es posible reservar las capacidades, la conexión será rechazada.

⁴ La calidad de servicio (QoS) es definida por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) como el efecto global de la calidad de funcionamiento de un servicio que determina el grado de satisfacción de un usuario de dicho servicio.

- Desperdicio de recursos durante los periodos de inactividad, que implica uso ineficaz de la capacidad en el canal de comunicación, por ejemplo en una conversación telefónica existen largos periodos de silencio, que pueden ser muy significativos.

1.3.2 CONMUTACIÓN DE PAQUETES

La técnica de conmutación de paquetes está diseñada para cursar tráfico de datos. En este caso, la información o datos a ser transmitidos son ensamblados en paquetes y enviados individualmente. Una vez que los paquetes llegan a su destino, éstos son otra vez re-ensamblados. Con la conmutación de paquetes, se utilizan los recursos de la red sólo cuando hay tráfico que transmitir, por lo que no se desperdicia capacidad en los periodos de inactividad.

En los nodos existen colas, de forma que cada paquete espera hasta que pueda ser transmitido a un enlace de salida. Los retardos pueden ser variables al depender del tamaño de las colas y del tiempo de tratamiento de los paquetes, que será función del tamaño de los mismos. Cuando la memoria en los nodos de conmutación se llena, se descartan los nuevos paquetes que van llegando, de manera que puede darse la pérdida de paquetes, lo que degrada la QoS ofrecida.

Cada paquete lleva una cabecera con datos como:

- La dirección de destino, para poder enrutar adecuadamente los paquetes desde el origen hasta el destino.
- La longitud del paquete, información que permite saber dónde termina un paquete y empieza el siguiente. También se puede utilizar secuencias determinadas de bits denominadas “banderas” (*FLAGS*) que identifican dónde termina un paquete.
- El número de secuencia del paquete, lo que permitirá re-ensamblarlos en el orden correcto para obtener la información original en el destino.

- Información de control, para indicar el tipo de paquete transmitido, que puede ser de datos o de mantenimiento y gestión de la red.

Al paquete se añaden bits, los mismos que se utilizan para detección y corrección de errores. La técnica más utilizada, es el código de redundancia cíclico (CRC).

Existen dos modalidades de conmutación de paquetes: orientada a conexión y no orientada a conexión.

1.3.2.1 Conmutación de paquetes orientada a conexión

En este caso, sólo el primer paquete de cada mensaje incluye la dirección destino, el mismo que establece la ruta que deberán seguir los paquetes pertenecientes a esa conexión. De esta manera, todos los paquetes siguen la misma ruta y llegan en secuencia al destino, esto se muestra en la figura 1.9. En la cabecera no será necesario que aparezca la secuencia del paquete, pero sí un identificador de conexión para poder realizar la conmutación en cada nodo.

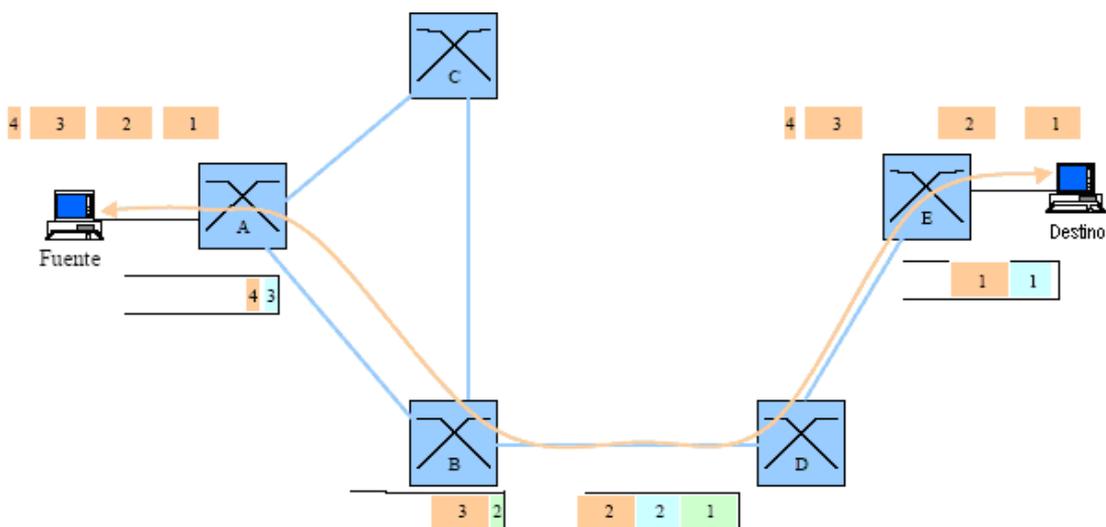


Fig. 1.9.- Conmutación de paquetes orientada a conexión [7].

1.3.2.2 Conmutación de paquetes no orientada a conexión (datagramas)

Cada paquete lleva la dirección destino y en cada uno de los nodos de la red se decide el próximo salto, de manera que los paquetes pueden seguir distintas rutas hacia el destino pudiendo llegar en orden distinto al que fueron transmitidos, tal como se muestra en la figura 1.10. Por tanto en cada paquete se deberá incluir el número de secuencia del mismo para poder ordenarlos en el destino e interpretar correctamente la información.

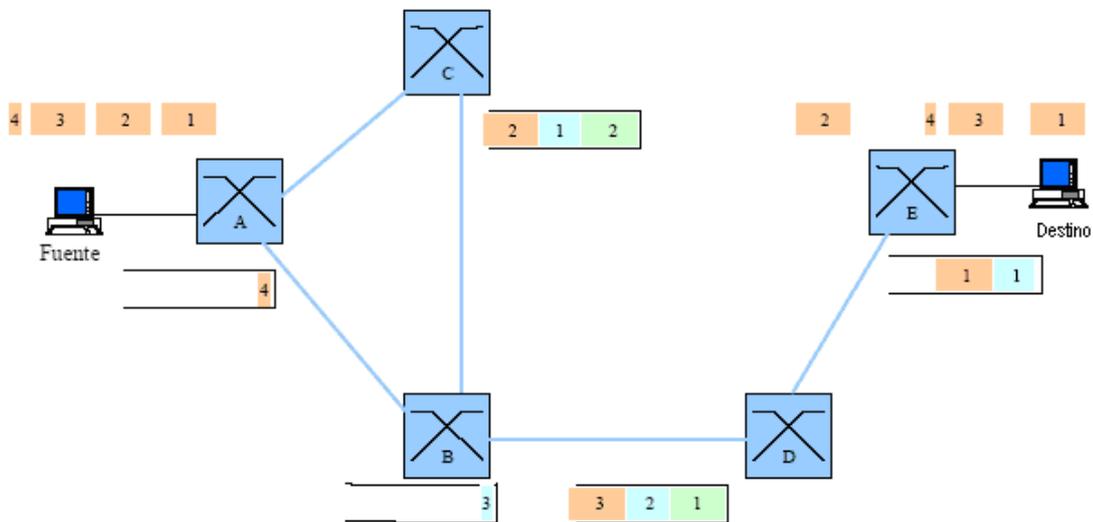


Fig. 1.10.- Conmutación de paquetes no orientada a conexión [7].

1.4 REDES DE TELECOMUNICACIONES [8], [9], [10], [11], [21]

Una red de telecomunicaciones, consiste en una infraestructura física a través de la cual, viaja la información desde el origen hasta el destino. Con base en esa infraestructura, los operadores de dichas redes, ofrecen a los usuarios, diversos servicios de telecomunicaciones. Para recibir un servicio de telecomunicaciones, un usuario utiliza un equipo terminal a través del cual obtiene entrada a la red del operador por medio de un canal o red de acceso.

El concepto de Redes de Banda Ancha se introdujo en la Asamblea Plenaria del CCITT⁵ en Agosto de 1989, en la cual se definieron las nuevas redes públicas de servicios integrados con el modo de transferencia asíncrono ATM como modo de transferencia universal para dicha red, con el que se ofertó acceso a tasas iguales o superiores a 155 Mbps. La definición oficial de la UIT, especifica que un servicio es de banda ancha, cuando requiere canales de transmisión con capacidad mayor que un acceso primario⁶, es decir mayor a 2,048 Mbps.

A continuación, se describen varias tecnologías de red agrupadas en función del soporte físico que emplean en el acceso.

1.4.1 REDES SOBRE CABLE

1.4.1.1 Red Telefónica Conmutada (RTC)

Esta arquitectura de red, es la más difundida para proporcionar acceso a los servicios de telecomunicaciones, cuyo objetivo fundamental, es el intercambio de la voz entre dos abonados de la red mediante el empleo de aparatos telefónicos a nivel geográfico local, nacional e internacional.

La RTC se basa en el uso del par de cobre, el mismo que une el terminal del abonado, o sea el teléfono, en primera instancia con la central de conmutación usando una topología tipo estrella⁷, tal como se puede observar en la figura 1.11, en donde se desarrollan los procesos que permiten la conectividad extremo a extremo entre los dos usuarios del sistema: el llamante y el llamado.

La red de acceso empleada, hasta hace poco había sido considerada como de "banda estrecha", dado que el único servicio que permitía, era el servicio telefónico básico, pues fue concebida originalmente para la transmisión del tráfico

5 CCITT, *Internacional Consultative Commite for Telephony and Telegraphy* (actualmente, Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT), *Recommendation I.121 "Broadband Aspects of ISDN"*. Génova, 1991.

6 El acceso primario es una de las dos estructuras en las que se basa la Red Digital de Servicios Integrados.

7 La conexión del terminal con la central de conmutación es conocida como bucle de abonado.

de voz⁸, por lo cual se limitó el ancho de banda para el canal vocal telefónico en torno a los 4 KHz.

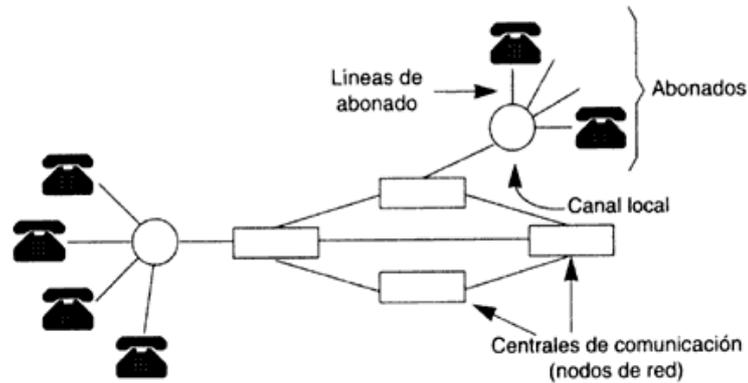


Fig. 1.11.- Esquema de la Red de Telefonía Pública Conmutada [2].

En las últimas décadas, el acceso a Internet se convirtió en un nuevo servicio demandado por los usuarios.

El módem (equipo terminal MODulador DEModulador), permitió a los usuarios intercambiar información digital, a través de una llamada telefónica desde el equipo terminal a un proveedor de servicios de Internet (ver figura 1.12) o entre equipos de los usuarios.

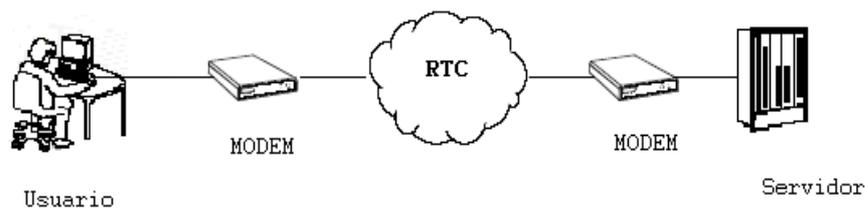


Fig. 1.12.- Esquema del acceso a un ISP a través del uso del módem telefónico.

La función básica del módem, es la de transmitir datos digitales a través de una red optimizada para cursar señales analógicas. En transmisión actúa como modulador, recibe una secuencia de bits y la transforma en una señal analógica.

⁸ La voz humana comprende frecuencias entre los 20 Hz y los 20 KHz, sin embargo sólo se requieren aquellas entre los 300 Hz y 3400 Hz para transmisiones de voz con calidad telefónica.

Usando una modulación digital, como por ejemplo FSK⁹, se asocia a un bit o a un grupo de éstos, un tono (frecuencia) diferente; en recepción, el módem actúa como demodulador, convirtiendo los tonos recibidos en la secuencia original de bits.

Gracias a estos dispositivos, los operadores consiguen ofrecer a sus clientes, comunicaciones de datos, reutilizando prácticamente las infraestructuras existentes. Con los módems actuales, recomendación UIT V.90, se consiguen velocidades aproximadamente de 56 Kbps.

El mayor inconveniente de este servicio, es que cuando se establecen comunicaciones de datos no se puede hacer ni recibir llamadas telefónicas, esto junto con la carga enorme a la red telefónica conmutada que supone las largas sesiones de datos, comparadas con la duración de las llamadas telefónicas, implicó que se busque nuevas soluciones.

1.4.1.2 Línea Digital de Abonado (xDSL) [9], [10]

Bajo las siglas xDSL (*x Digital Subscriber Line*) se agrupa una familia de tecnologías que permiten transmitir datos de alta velocidad sobre el par trenzado telefónico. Dentro de este conjunto de tecnologías se encuentran entre otras: ADSL, HDSL, VDSL y SDSL. Actualmente, la más extendida entre estas tecnologías es ADSL.

ADSL son las siglas de *Asymmetric Digital Subscriber Line* (Línea de Abonado Digital Asimétrica). Posibilita el acceso a Internet de banda ancha, o sea la comunicación de datos a tasas altas de transmisión con conexión permanente, pudiendo utilizar simultáneamente la línea de voz. Esto permite ofrecer nuevos servicios reutilizando la infraestructura existente de cobre.

⁹ Este tipo de modulación consiste en asignar una frecuencia diferente a cada estado de la señal de datos. Para ello existen dos tipos de modulación FSK: FSK Coherente y FSK No Coherente. FSK Coherente: ésta se refiere a cuando en el instante de asignar la frecuencia se mantiene la fase de la señal. FSK No Coherente: aquí la fase no se mantiene al momento de asignar la frecuencia.

Los elementos que constituyen la arquitectura del sistema y que se pueden observar en la figura 1.13, son los siguientes:

- El par de cobre o bucle del abonado.
- El splitter o divisor, para separa los distintos canales.
- El módem del lado del usuario (ATU-R, *ADSL Terminal Unit Remote*).
- El módem del lado de la central (ATU-C, *ADSL Terminal Unit Central*).

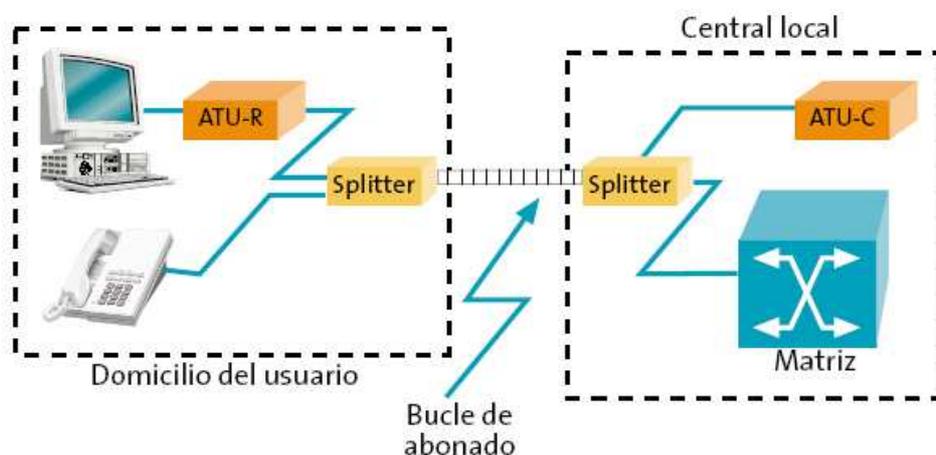


Fig. 1.13.- Esquema de la arquitectura DSL [9].

Esta tecnología se denomina asimétrica debido a que la velocidad de descarga de datos desde la red hasta el usuario (*downstream*) suele ser mayor que la de subida desde el usuario a la red (*upstream*).

De modo general, la tecnología xDSL se basa en la utilización de todo el ancho de banda del que dispone el par de cobre (aproximadamente 1MHz), el cual se divide en tres bandas. Hasta 24 KHz se utiliza para el servicio telefónico tradicional, este servicio utiliza sólo 4 KHz, pero es necesaria una banda de guarda para separar el canal vocal de los canales de datos. La banda entre 25 y 200 KHz se utiliza para la transmisión de información en sentido ascendente, desde el terminal del abonado hacia la central telefónica. La banda entre 250 KHz y 1 MHz se utiliza para la transmisión de información en sentido descendente, desde la central telefónica hacia el terminal [13].

Como se ve, tiene la ventaja de que se puede manejar la voz y los datos de forma separada, esto se logra mediante el empleo de un filtro separador de bandas (*splitter*) en el lado del abonado, de esta manera, la voz es procesada por una red de conmutación de circuitos, diseñada y dimensionada para tal efecto, mientras que los datos son enrutados a una red de conmutación de paquetes.

Actualmente esta red de datos emplea ATM (*Asynchronous Transfer Mode*, Modo de Transferencia Asíncrona) como protocolo de transporte, ya que en el momento de la definición de la norma T1.413 de ANSI (*American National Standard Institute*) en 1995, era la opción que más futuro tenía por sus características.

El ancho de banda que ofrece xDSL, depende de diversos factores como la longitud y el diámetro del par de cobre. A medida que aumenta la distancia del bucle de abonado, disminuye la velocidad máxima que es posible alcanzar.

Las aplicaciones donde ADSL aparece como solución óptima son:

Comunicaciones de datos de alta velocidad, fundamentalmente el acceso a Internet y el acceso remoto a redes de área local.

Provisión de video con tendencia a ser interactivo. También aparecen otras aplicaciones como cine bajo demanda o videojuegos con múltiples jugadores (que ofrecen experiencias más rápidas intensas y reales), programas de TV o aplicaciones de extracción de información en forma de video.

La demanda que se ha generado hacia nuevos servicios más ricos en contenidos, implican un caudal de acceso superior al que puede ofrecer ADSL. La primera opción ha sido el ADSL2+, que incrementa el caudal descendente así como la cobertura de la oferta de servicios de banda ancha.

1.4.1.3 Red Digital de Servicios Integrados [9]

La Red Digital de Servicios Integrados (ó ISDN, *Integrated Services Digital Network*)¹⁰, es una alternativa para aumentar las prestaciones de la RTC; desde el terminal del cliente ya no se transmiten señales analógicas, sino que lo hace de manera digital de un extremo a otro, soportando un amplio abanico de servicios, ya sean vocales o de datos a través de una red digitalizada, de esta manera, se hace innecesario el uso de un módem para la transmisión de datos.

Los estudios del CCITT hicieron patente la absoluta necesidad de que los servicios primarios de ISDN, evolucionaran a partir de las actuales redes telefónicas, entre otras razones para el aprovechamiento de las inversiones en los actuales cables de cobre.

Al hablar de ISDN se debe entender, que se dará igual tratamiento a cualquier tipo de información (voz, datos, imágenes, etc.), que se haya codificado previamente¹¹ y se transmite sobre un único medio de transmisión. Es decir, ya no se necesitaría de líneas separadas para cada dispositivo (teléfono, máquina fax, computador, etc.) como se da en la tecnología analógica tradicional, sino que permite la conexión de varios dispositivos sobre un solo medio de transmisión y usarlos simultáneamente. La ISDN actual, está basada en una de las dos estructuras definidas por CCITT:

1.4.1.3.1 Acceso básico (BRI)

- Acceso simultáneo a 2 canales de 64 Kbps, denominados canales B, para voz o datos.
- Un canal de 16 Kbps, denominado canal D, para la realización de llamadas y otros tipos de señalización entre dispositivos de la red.

¹⁰ Este es el término sajón original de la tecnología digital, que fue acuñado en 1972 por Japón y homologado en 1984 por CCITT.

¹¹ Utiliza una codificación PCM de 8 bits, se toman 8000 muestras por segundo -> canal básico de 64Kbps.

El conjunto se denomina 2B+D ó I.420, que es la recomendación CCITT que define el acceso básico que proporciona 144 Kbps.

1.4.1.3.2 Acceso primario (PRI)

- Acceso simultáneo a 30 canales tipo B, de 64 Kbps, para voz y datos.
- Un canal de 64 Kbps, o canal D, para la realización de llamadas y la señalización entre dispositivos de la red.

El conjunto se referencia como 30B+D ó I.421, que es la recomendación CCITT que define el acceso primario que proporciona 1.984 Kbps. En algunos países (como Estados Unidos), se utilizan 23 canales tipo B, por lo que se denomina 23B+D. El total corresponde a 1.536 Kbps.

ISDN aumenta la velocidad y la calidad de las comunicaciones, sin embargo, aspectos relacionados con los modelos de negocio (como el lento despliegue, los altos precios, etc.) han hecho que tecnologías más recientes (como ADSL y VDSL) permitan ofrecer las mismas prestaciones a costos menores.

1.4.1.4 Acceso de Fibra Óptica [9], [10]

Se entiende por red de acceso de fibra, a un conjunto de equipos e instalaciones de fibra óptica que conectan los elementos terminales de la red de transporte con los terminales de los usuarios.

La red de acceso de fibra no siempre está constituida únicamente de fibra óptica. Dependiendo del punto donde se acabe la fibra óptica el tipo de red recibe un nombre u otro. Se pueden citar algunos ejemplos:

- Fibra hasta el hogar, *Fiber To The Home* (FTTH).
- Fibra hasta la acera, *Fiber To The Curb* (FTTC).

- Fibra hasta el edificio, *Fiber To The Building* (FTTB).
- Fibra hasta la mesa de despacho, *Fiber To The Desk* (FTTD).

Para abarcar todas estas situaciones bajo una designación común se utiliza la denominación FTTx, que se puede entender como cualquiera de las anteriores, y fibra en el acceso, *Fiber In The Loop* (FITL). Dependiendo de los interlocutores y los escenarios, se emplean unos términos u otros.

Las ventajas de las fibras ópticas frente a otro tipo de cables (par de cobre, cable coaxial etc.) son bastante conocidas: insensibilidad a la diafonía y ondas electromagnéticas externas; estabilidad de los parámetros de transmisión frente a variaciones climáticas; pequeña atenuación, lo que permite instalar tramos de hasta 100 km sin repetidores ni amplificadores; facilidad de instalación por su poco peso; y gran ancho de banda, que en realidad es una de sus mayores ventajas, que sólo viene limitado por el costo asociado a los transmisores y receptores ópticos. La capacidad nominal y el caudal efectivo dependen de las diferentes soluciones que proporcionan los diferentes fabricantes.

Una de las arquitecturas más habituales para el despliegue de redes FTTX es la de redes ópticas pasivas (PON, *Passive Optical Networks*).

En la actualidad, las tecnologías FTTx no pueden considerarse suficientemente maduras, ya que la mayor parte de las soluciones disponibles se basan en soluciones propietarias de distintos fabricantes.

1.4.1.5 Redes híbridas de fibra y cable (HFC)

Las redes HFC (*Hybrid Fiber Coaxial*) son una evolución de las redes de distribución de televisión por cable que utilizan fibra óptica en parte de su red. Para el acceso de datos se usa la banda de 5 a 50 MHz en sentido ascendente (coincidiendo con el de telefonía), y la banda por encima de los 550 a 860 MHz en sentido descendente [10].

El desarrollo de redes híbridas, constituye una de las líneas de evolución más probables como una alternativa para la provisión del servicio telefónico sobre IP. Esto es posible gracias al estándar DOCSIS 1.1 (*Data Over Cable Service Interface Specification*) en el que se especifican mecanismos para garantizar la QoS de flujos de datos en tiempo real como la voz. En este esquema, la voz y los datos comparten los mismos canales, obteniendo un tratamiento uniforme en la red HFC.

El equipo de abonado es un cable módem con una función de pasarela residencial de voz sobre IP (*VoIP Residential Gateway*), que codifica las señales del aparato telefónico adecuadamente para su transporte sobre IP.

La tendencia es la progresiva sustitución de la red de cable coaxial por fibra óptica, acercando la fibra hacia el usuario (FTTH, FTTC). En las nuevas operadoras, lo habitual es desplegar la red troncal con fibra óptica y la red de distribución con coaxial. A medida que los equipos ópticos sean más asequibles, más se acercará la fibra óptica al usuario.

La capacidad nominal máxima en el canal de retorno es de 5 Mbps en la especificación DOCSIS 1.0, de 10 Mbps en DOCSIS 1.1 y de 30 Mbps en DOCSIS 2.0. En la práctica sin embargo, el caudal efectivo suele estar en torno a los 2 Mbps. La capacidad nominal en el canal descendente es de 55,6 Mbps (para canales de 8 MHz), con un caudal efectivo de aproximadamente 30 Mbps.

Las redes de acceso sobre HFC pueden considerarse como una tecnología de banda ancha madura y utilizable. No obstante, cabe señalar que es una tecnología en continua evolución, encaminada hacia el soporte de mayores anchos de banda en el canal ascendente y hacia la integración de servicios.

1.4.2 ACCESO INALÁMBRICO

1.4.2.1 Bucle Local Inalámbrico (WLL) [9], [10], [11]

El Bucle Local Inalámbrico (*Wireles Local Loop*, WLL) conecta a los clientes a la red fija utilizando transmisores y receptores radio, es decir usando el espectro radioeléctrico en lugar del par de cobre, coaxial o fibra óptica, presentando una alternativa para la actual planta externa, con el objetivo de abaratar los costos de última milla o bucle de abonado permitiendo a los operadores que implementen su red local en un tiempo muy inferior al requerido para implementar una planta externa física.

Estas redes de acceso inalámbricas, se caracterizan por una estructura punto a multipunto, es decir, una estación base, ubicada en un lugar apropiado, ofrece conexión a un conjunto de estaciones de abonado que entran dentro de su zona de cobertura. Desde este punto de vista, la estructura de una red de acceso inalámbrica fija coincide con la de cualquier red de tipo celular; pero se diferencian en el hecho de que los terminales a los que hay que proporcionar servicio no son móviles sino fijos y pueden tener mayor tamaño y consumo de potencia, funcionan a frecuencias más altas y por tanto, disponen de mayor ancho de banda.

Los elementos básicos de una red de acceso inalámbrica son dos:

- Las estaciones base: que son los elementos que se conectan a las redes públicas o privadas de telecomunicaciones y además ofrecen la interfaz a la red de acceso inalámbrica.
- Los equipos terminales (IDU, *InDoor Unit*): que son los elementos a los que se conectan los diferentes abonados. La estructura de una red fija de acceso inalámbrica permite que un mismo equipo terminal pueda dar servicio a un número elevado de abonados, actuando como multiplexor de acceso.

Dentro de estas soluciones, hay que destacar:

1.4.2.1.1 LMDS

LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*), es una tecnología para proporcionar servicios inalámbricos de banda ancha, que está acaparando gran atención por parte de la industria. Trabaja en la banda Ka de 28 GHz, concretamente en el intervalo de 27.5 – 29.5 GHz y en la banda de 31 GHz; debido a las elevadas frecuencias de operación, se requiere línea de vista entre la estación base y la antena ubicada en el emplazamiento del abonado.

El radio de la célula en que se puede soportar el acceso, puede variar en un rango de 2 a 7 Km. Este corto alcance se debe principalmente a problemas de línea de vista directa y absorción por lluvia. Esto puede generar la aparición de zonas de sombra, hasta el extremo de que en una zona urbana la sombra puede llegar a afectar a un 40% de los usuarios que existen en una célula. Para tratar de optimizar la cobertura se utilizan estrategias basadas en solapamiento de células.

1.4.2.1.2 MMDS

MMDS ofrece soluciones de acceso de banda ancha punto a multipunto y trabaja en la banda de 2 a 4 GHz. Esta tecnología provee normalmente velocidades de 1 a 10 Mbps en el enlace de bajada y de 512 Kbps en el enlace de subida, siendo por tanto una tecnología asimétrica, por lo que también es conocida como *Wireless DSL* por algunos fabricantes u operadores, por la capacidad de proporcionar los mismos servicios que DSL pero de forma inalámbrica.

MMDS tiene un alcance algo mayor en comparación con LMDS y es afectado en menor medida por la lluvia al operar en esa banda, pero también sufre atenuaciones por los edificios y objetos, requiriendo en la mayoría de los casos la existencia de visibilidad directa.

1.4.2.1.3 *Wireless IP*

Es una variante de MMDS, que trabaja en la banda de 2.6 a 3.5 GHz, lo que permite un alcance mayor que LMDS, llegando incluso hasta 15 Km. Se trata de sistemas diseñados explícitamente para aplicaciones de bucle local inalámbrico (WLL) y no para LAN o WAN inalámbrico.

Comparte un ancho de banda disponible, mediante tecnología radio y en configuración punto – multipunto empleando protocolo IP. De esta forma, proporciona servicios integrados (telefonía, datos y multimedia) en una sola plataforma y con un único protocolo.

Algunas características que presenta son:

- Los servicios de voz son tratados en tiempo real, lo que asegura una gran calidad en la comunicación.
- Se puede alcanzar velocidades de hasta 3 Mbps.
- Tiene una estructura modular que lo hace escalable a partir de una mayor sectorización, pudiendo adaptarse a las demandas emergentes de crecimiento.

1.4.2.2 **Wi Fi**

Wi-Fi (*Wireless- Fidelity*) comprende la familia de estándares inalámbricos IEEE 802.11 trabajando en las bandas de frecuencias de 2.4 a 2.4835 GHz (802.11b, 802.11g) y de 5.725 a 5.850 GHz (802.11a). Esta tecnología, vía radio, mantiene con fidelidad las características de un enlace Ethernet cableado. WiFi es una tecnología para redes locales LAN. Tiene un alcance de 350 m aproximadamente, con velocidades que llegan hasta 54 Mbps en el caso de 802.11a y 802.11g [14]. En tanto que con 802.11n se puede alcanzar velocidades superiores a 100 Mbps.

1.4.2.3 WiMAX

WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), es el nombre comercial del estándar 802.16, una tecnología de acceso inalámbrico a Internet de banda ancha que emplea una arquitectura punto – multipunto; esta tecnología promete conexiones de hasta 100 Mbps con un alcance de hasta 50 km sin visibilidad directa [14]. WiMAX nació con el objetivo de cubrir la distancia conocida como última milla que queda entre la central telefónica local y el domicilio del usuario para las tecnologías de cable.

Mientras Wi-Fi es una red inalámbrica de área local (WLAN), WiMAX se considera una red inalámbrica de área metropolitana (WMAN) operando en la banda de 2 a 11 GHz para el caso de la versión 802.16a.

Debido a que la tercera generación móvil tiene un despliegue muy lento con algunos problemas técnicos, WiMAX con su versión 802.16e, que añade movilidad al estándar original, podría ser un serio rival para la tecnología de telefonía móvil 3G UMTS.

1.4.2.4 Comunicaciones Móviles Terrestres [16], [17], [18], [19], [20]

Esta red de comunicaciones, conocida como de “telefonía celular”, soporta el acceso radio, pero en este caso, el punto de acceso a la red ya no es fijo como ocurre en los sistemas fijos WLL, sino que varía en función de la posición que ocupe el usuario del sistema, dentro de toda una área de cobertura conformada por estaciones terrestres denominadas BTS (*Base Transceiver Station*), las cuales constituyen células cuya forma teórica son hexágonos regulares o celdas (ver figura 1.14), de ahí su denominación. En la realidad, éstas toman formas distintas e irregulares, debido a la presencia de obstáculos y a la topología del terreno donde se halla la estación, esta dificultad se supera cuando se solapan unas con otras. Es por esto, que cuando un móvil está cerca del límite entre dos celdas, puede pasar de una a otra, en función de cuál de las dos le ofrezca más

nivel de señal, y esto puede suceder incluso durante el transcurso de una llamada, este cambio es transparente al usuario.

La estructura celular brinda mecanismos que permiten:

La localización constante del lugar en donde se encuentra el usuario dentro del sistema. Este mecanismo se denomina *paging*.

El mantenimiento de comunicaciones sin desconexión cuando el usuario se mueve de un punto a otro, de una celda a otra, o en general, dentro de la zona de cobertura. Este mecanismo se denomina *handover*.

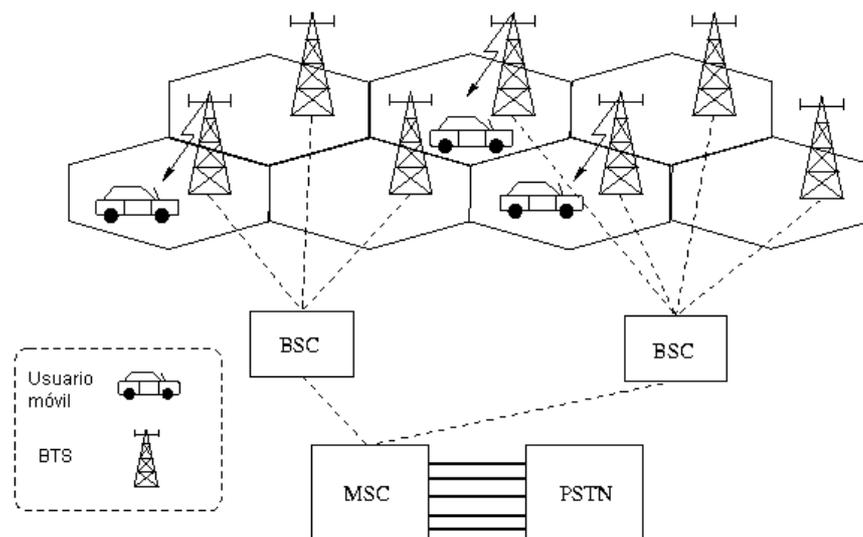


Fig. 1. 14.- Estructura del área de cobertura celular [16].

En lo que respecta a la evolución de las comunicaciones de telefonía celular, se habla de generaciones: primera, segunda, tercera, cuarta, etc. cada una de ellas, surge por una sola razón: satisfacer ciertas necesidades técnicas y comerciales en un debido momento.

1.4.2.4.1 Primera generación

Los primeros sistemas de comunicaciones celulares, conocidos como de primera generación, estaban basados en tecnologías analógicas, eran especializados en transporte de voz en modo circuito y no eran capaces de realizar transmisión de datos. La cobertura estaba limitada a grandes ciudades e importantes vías o carreteras.

La norma más exitosa fue la norteamericana AMPS (*Advanced Mobile Phone Service*, Servicio de Telefonía Móvil Avanzada). En Europa, se usaba el sistema NMT (*Nordic Mobile Telephone*) de los países nórdicos que se denominó luego como TACS.

El principal problema de los sistemas analógicos es que presentan un límite en el número de usuarios que pueden soportar. Por cada usuario se asigna una frecuencia y debido al ancho de banda limitado para la transmisión, se tiene un número definido de frecuencias por área que puede existir al mismo tiempo, por efecto, se limita el número de usuarios que se puede soportar simultáneamente. Esto representaba altos costos si se producía un aumento de tráfico, al tener que incrementarse el número de canales, además se comenzó a dar una demanda creciente de servicios tipo SMS y de datos. Ésta viene a ser una de las razones principales por las que los sistemas analógicos fueron reemplazados por los sistemas digitales de posteriores generaciones.

1.4.2.4.2 Segunda Generación

El paso de la primera a la segunda generación tiene la particularidad de haber digitalizado los anteriores sistemas analógicos con el fin de solucionar los problemas que presentaban éstos, como por ejemplo la deficiencia del servicio ante un exceso del número de usuarios que puede haber en cada rango de frecuencia, la falta de calidad, seguridad y confidencialidad.

En 1982, la CEPT (*Conférence Européenne des Postes et Télécommunications*) tomó la iniciativa de poner en marcha un grupo de trabajo, llamado *Groupe Special Mobile*, encargado de especificar un sistema de comunicaciones móviles común para Europa en las banda de 900 MHz. De esta manera se comienza el desarrollo de un sistema digital para comunicaciones móviles, con capacidad de transporte digital de voz y datos, a este sistema se le conoce como *Global System for Mobile Communications (GSM)*.

En los EE.UU., se usan dos normas para los sistemas de segunda generación: IS-95 (CDMA) e IS-136 (D-AMPS), Japón usa un sistema llamado PDC, (*Personal Digital Cellular*). Debido a la temprana adopción en Europa de un único sistema, GSM, éste ha estado liderando el campo tanto en la base de suscriptores como en las capacidades de transmisión de datos. GSM es usado por operadores de muchos países dentro y fuera de Europa.

El sistema japonés PDC, es el segundo sistema celular 2G más grande, seguido por los sistemas IS-95 e IS136. Las dos últimas tecnologías definieron un camino alternativo a la evolución de la norma AMPS, utilizando un sólo canal o portadora de mayor ancho de banda que, empleando técnicas de esparcimiento del espectro (*Spread Sprectrum*), logra un incremento de capacidad, mejorando la calidad de voz y logrando una mejor eficiencia espectral.

En resumen, la segunda generación de comunicaciones móviles, respecto a la primera generación, ofrece las siguientes características:

- Mayor calidad de las transmisiones de voz.
- Mayor capacidad de usuarios.
- Mayor confiabilidad de las conversaciones.
- La posibilidad de transmitir mensajes alfanuméricos. Este servicio permite enviar y recibir mensajes cortos desde y hacia un teléfono móvil que pueden tener hasta 160 caracteres alfanuméricos.
- *Roaming* o itinerancia.
- Navegar por Internet mediante WAP (*Wireless Access Protocol*).

WAP o Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas, permite acceder a los contenidos en Internet, siendo el estándar actualmente más aceptado para la comunicación de información a través de teléfonos móviles digitales con velocidades de datos de 2400 hasta 9600 bps y se factura por el tiempo que se está conectado.

La velocidad de transmisión de la segunda generación es considerablemente menor que la base de la banda ancha. La solución a estos problemas de escasez de ancho de banda la proporcionan las siguientes generaciones de redes móviles.

1.4.2.4.3 2.5 G

Los sistemas de generación 2,5 constituyen un puente entre los de segunda generación y la telefonía móvil de tercera generación.

Algunos sistemas 2,5G introducen la conmutación de paquetes en la telefonía móvil, es decir, la información se divide en paquetes, que siguen caminos diferentes hasta alcanzar el destino de forma similar a como se envían los paquetes por Internet. Sistemas de esta generación son HSCSD, EDGE o GPRS.

HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*) es una tecnología GSM mejorada que ofrece transferencia de datos a una velocidad de 38 Kbps. Está basada en una tecnología de conmutación de circuitos similar a la usada en las líneas telefónicas convencionales.

GPRS (*General Packet Radio Service*) o Servicios Generales de Radio por Paquetes, alcanza los 115 Kbps e introduce la conmutación de paquetes en la telefonía móvil. La mayor amplitud del ancho de banda de GPRS permite servicios como videoconferencia, acceso a Internet, comercio electrónico y otras aplicaciones similares a las de los computadores portátiles.

EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*) o Velocidad de Datos Mejorada para la Evolución del GSM, ofrece transporte de datos de hasta 384 Kbps sobre la misma red de paquetes que GPRS. Aporta un incremento del ancho de banda mayor que GPRS y una capacidad multimedia más compleja, por lo cual en ocasiones es común denominarlo como una tecnología 2.75G.

Entre las innovaciones de 2.5G está la aparición de los EMS y MMS. Los primeros son servicios de mensajería que permiten el envío de iconos y melodías. Los segundos, además de eso, son capaces de incorporar a un mensaje, canciones, imágenes y video.

1.4.2.4.4 Tercera Generación (3G)

Para solucionar los problemas presentados en cuanto se refiere al aumento de la capacidad en el transporte de datos que existe tanto en el sistema GSM como en el resto de redes móviles digitales actuales, la UIT planificó una familia de estándares compatibles, en vez de definir uno único, con el propósito final de facilitar la introducción de nuevas funcionalidades y proporcionar una evolución continua desde los sistemas de telecomunicaciones 2G hacia los 3G. A este sistema de estándares de comunicaciones móviles de carácter global se le ha denominado IMT-2000 (*International Mobile Telecommunications-2000*).

Entre otros requisitos, la exigencia por parte de la ITU a las redes IMT-2000 (3G), es la de proporcionar mayor capacidad de su sistema y una mayor eficiencia espectral con respecto a los sistemas 2G. Los servicios de transmisión de datos deben soportar una velocidad mínima de transmisión de 144 Kbps en entornos móviles (de exterior) y de 2 Mbps en entornos fijos (en interiores)¹².

ITU ha aprobado como estándares oficiales de 3G una serie de sistemas, incluyendo cinco tecnologías de radio-transmisión:

12 Recomendación ITU-R M.1457.

- IMT-DS (*Direct Sequence*). Conocido también como UTRA FDD (*UMTS Terrestrial Radio Access FDD*, UMTS-FDD), WCDMA.
- IMT-MC (*Multicarrier*). Conocido también como cdma2000. Este sistema es la versión 3G del sistema IS-95 (CdmaOne).
- IMT-TC (*Time Code*). Conocido también como UTRA TDD.
- IMT-SC (*Single Carrier*). Conocido como UWC-136/EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*)¹³.
- IMT-FT (*Frequency Time*). Conocido como DECT (*Digital Enhanced Cordless Telecommunications*).

Entre las tecnologías 3G se destacan:

- W-CDMA (*Wide band CDMA*) o CDMA de banda ancha, una tecnología fundamentada en CDMA que funciona con una velocidad de transmisión de datos por conmutación de paquetes de 384 Kbps, permitiendo tasas hasta de 2 Mbps trabajando a plena capacidad. La tecnología WCDMA está siendo implementada por operadores de Estados Unidos y Japón. HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*, acceso de alta velocidad por paquetes en el enlace descendente, es una tecnología que mejora a W-CDMA, y permite la transmisión de datos en el enlace descendente a velocidades de hasta 14.4 Mbps. La complementa HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*), acceso de alta velocidad por paquetes en el enlace ascendente, con velocidades de cerca de 5 Mbps en el enlace ascendente.
- CDMA2000 1xEV-DO (Evolución Optimizada para Datos). Es una tecnología 3G fundamentada en CDMA que funciona con una velocidad de transmisión de datos por conmutación de paquetes de hasta 4,9 Mbps.

¹³ EDGE no se trata realmente de un protocolo 3G, ya que fue diseñado para permitir que las redes de segunda generación GSM y TDMA pudieran transmitir datos a velocidades superiores a 384 Kbps en su espacio de frecuencias.

La tecnología con más opciones, es la evolución del sistema GSM/GPRS, conocida como UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), estándar europeo propuesto por ETSI, basado en la tecnología IMT2000 W-CDMA, que permitirá velocidades de conexión de hasta 2 Mbps en condiciones óptimas (que el terminal no se mueva y que se encuentre sólo en la celda) para proporcionar gran variedad de servicios y aplicaciones de telecomunicaciones móviles incluyendo características multimedia (voz, datos, imágenes, vídeo, etc.), por lo que se espera que se convierta en la forma más habitual de acceso a Internet.

El enorme potencial de las tecnologías 3G se debe a los nuevos servicios y a la mayor calidad que ofrecen en comparación a GSM. UMTS por ejemplo, pone a disposición de los usuarios la transmisión de datos así como muchos otros servicios: descarga de música, *m-commerce* (comercio electrónico móvil) y la posibilidad de disfrutar de un ambiente laboral móvil, entre otros. 3G/UMTS tiene características suficientes como para incidir en los siguientes puntos claves:

- Potencializar la sustitución de la voz fija por la móvil.
- Brindar soporte a nuevos servicios de datos para consumo en móviles.
- Permitir el acceso sin cables a la banda ancha.

1.5 ESTADO GLOBAL Y ACTUAL DE LAS REDES FIJA Y MÓVIL **[9], [21], [22], [23], [25]**

Con respecto al entorno móvil, se están desplegando alrededor del mundo las tecnologías denominadas 3G. UMTS fue diseñada como la evolución de GSM, es decir, aún tienen que convivir con el dominio de conmutación de circuitos de éste, el cual ofrece alta calidad en los servicios de voz usuario a usuario. A pesar de que los operadores de la red móvil ofrecen servicios de mensajería de texto y multimedia con gran éxito, se percibe a nivel global que el asombroso crecimiento de usuarios, visto durante los últimos años, ahora está gradualmente empezando a estancarse. Los operadores móviles han alcanzado casi el 100% de penetración en algunas regiones, es decir, existe una aparente saturación del mercado móvil de llamadas telefónicas en países desarrollados.

Para los operadores de red fija, la situación es mucho más difícil, los nuevos ISPs que entregan servicios de VoIP a precios muy bajos, ha llevado a una continua caída en la tasa de llamadas telefónicas, sobre todo para las llamadas internacionales y de larga distancia, por otro lado, se ha visto sustituida en gran parte por los servicios móviles.

La lenta tasa de crecimiento para móviles y la rápida tasa de caída para fijos, posiblemente les llevará a una agresiva competencia por atraer más clientes potenciales, principalmente clientes empresariales. Esta situación haría de los servicios de voz, simples artículos sujetos a las leyes de mercado que les dejaría ingresos muy bajos. Si los dos sectores se vieran forzados a competir en precios, les llevaría a una potencial quiebra económica.

El despliegue de las redes de paquetes ha permitido a los operadores de los dos entornos, ofrecer a los usuarios, nuevos servicios basados en Internet, mensajería multimedia, servicios de *streaming* y contenidos. El éxito actual y futuro de las redes de conmutación de paquetes se relaciona estrechamente con la disponibilidad de recursos de banda ancha, QoS, servicios atractivos, etc.

Las nuevas redes de acceso de alta velocidad como 3G UTRAN, HSxPA, xDSL, cable, fibra óptica (FTTx), WiFi o WiMAX están aumentando substancialmente la tasa de banda ancha y la eficiencia. Los servicios de tiempo real como los de voz y video sobre IP se están prestando a través de accesos fijos (xDSL, cable, FTTx) e inalámbricos (WLAN, WiMAX), pero también se entregarán a través del dominio de conmutación de paquetes 3G móvil.

Así el acceso de banda ancha, los servicios y las aplicaciones impulsados por los avances tecnológicos habilita el campo para la convergencia entre operadores fijo- móvil, por ejemplo WLAN y WiMAX pueden ser desplegados por operadores móviles y fijos para complementar sus redes. Desde el punto de vista de los operadores de red fija, el acceso inalámbrico es la oportunidad de ofrecer servicios convergentes, manteniendo a sus abonados y atrayendo nuevos.

Es evidente que los operadores fijo y móvil necesitan crear nuevos ingresos basados en la oferta de servicios y aplicaciones apoyados en la digitalización de la red y la utilización de Internet.

1.5.1 CONVERGENCIA

El concepto de convergencia implica la concurrencia de dos o más elementos hacia “*un mismo fin*”¹⁴, donde necesariamente existen elementos que poseen diferencias entre sí y a partir de un proceso o cambio gradual, las diferencias iniciales alcanzan un nuevo estado donde interactúan todos los elementos; éste es el caso que se vislumbra en el campo de las telecomunicaciones del siglo XXI. En el Libro Verde sobre la convergencia¹⁵, aparecen las siguientes definiciones:

“La capacidad de diferentes plataformas de red de transportar tipos de servicios esencialmente similares, o

La aproximación de dispositivos de consumo tales como el teléfono, la televisión y el ordenador personal.”

En Telecomunicaciones se puede presentar estos tipos de convergencia:

Convergencia en redes, donde exista un núcleo común con una operación común para dar soporte a cualquier tipo de red de acceso.

Convergencia en servicios, hace referencia al conjunto de prestaciones distintas e independientes que son provistas cada una de ellas por diferentes operadores, dentro de la infraestructura de telecomunicaciones de un mismo proveedor.

14 Según la Real Academia Española, Diccionario de la lengua española, 22ª edición, Madrid, 2001.

15 Libro Verde sobre la Convergencia de los Sectores de Telecomunicaciones, Medios de Comunicación y Tecnologías de la Información y sobre su reglamentación; Comisión Europea Bruselas, 1997.

Convergencia tecnológica, implica la integración de tecnologías específicas en un mismo dispositivo multimedia, el cual es capaz de identificar y procesar señales asociadas a servicios distintos o diferentes.

1.5.2 CONVERGENCIA DE REDES FIJA- MÓVIL [24]

La convergencia fijo-móvil hace referencia a la integración de redes y servicios de ambas redes.

La progresiva adopción de tecnologías IP en las telecomunicaciones, está favoreciendo la convergencia en este sector. Un ejemplo claro es que hasta el momento la transmisión de voz se venía realizando mediante la conmutación de circuitos, ahora el Protocolo Internet puede transformar la voz en paquetes de datos y trasmitirla, como si se tratara de datos, a través de una única red, dando lugar a lo que se denomina “red multi-servicio”.

La convergencia fijo-móvil se distingue claramente de las estrategias de simple sustitución, que han venido aplicando desde el principio los operadores móviles, prácticas que consisten en fomentar el uso de su red en menoscabo del uso de las redes fijas. Un aspecto importante y conveniente, sobre todo para los operadores integrados¹⁶, es que la convergencia de redes, representa un gran ahorro tanto en mantenimiento como en su gestión y uso.

La búsqueda de sinergias, puede responder a dos necesidades: la de los usuarios y la de los operadores. Por ello, se necesita una estrategia para realizar una transformación competitiva que permita a los operadores, evolucionar sus servicios gradualmente para ser cada vez más ágiles. La transformación se basa en tres pilares fundamentales esquematizados en la figura 1.15: transformación de la red, integración de los servicios y el cambio de las expectativas del abonado.

¹⁶ Los operadores integrados, cuentan tanto con redes fijas como móviles, también pueden ofrecer a particulares y empresas ofertas comerciales de servicios convergentes.

Transformación de la Red: donde además del transporte, la capa de control debe consolidarse como una arquitectura abierta, estandarizada y flexible para gestionar servicios multimedia móviles y fijos extremo a extremo.

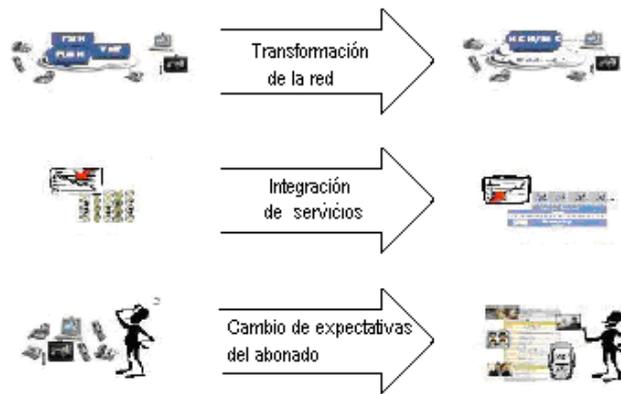


Fig. 1.15.- Transformaciones necesarias hacia la convergencia [24].

Transformación del Servicio: Simultáneamente se debe consolidar una nueva forma de ofrecer servicios. Actualmente, los servicios están constituidos como islas independientes. El cambio se produce cuando se unifican capacidades comunes y se integran los servicios. Por ejemplo, se comparten bases de datos, tarificación común para distintos servicios, etc.

Transformación de las expectativas del usuario: Entre los usuarios finales (usuarios residenciales, corporativos, etc) ha crecido la demanda de nuevos servicios con más valor agregado y que permitan la comunicación en tiempo real utilizando cualquier combinación de voz, imagen, mensajería, vídeo, etc, que asegure un acceso amigable y un costo reducido. Al mismo tiempo, los usuarios quieren servicios más simples y que se les asegure la conectividad, desde cualquier lugar y en cualquier momento, lo que puede llamarse un servicio de banda ancha universal, centrado en el usuario.

Por otro lado, la convergencia también implica la creación de nuevas fuentes de empleo.

CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2: ESTÁNDAR IMS 3GPP

2.1 INTRODUCCIÓN

3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) es el principal foro de estandarización del sistema móvil 3G, UMTS. Está formado por varias organizaciones como ETSI en Europa, ATIS en EE.UU., ARIB y TTC en Japón, TTA en Corea y CCSA en China. La estandarización en 3GPP es un proceso gradual, con continuas revisiones y evoluciones, con las cuales 3GPP produce cada cierto tiempo un conjunto de documentos que constituye un estándar conocido como “*Release (versión)*”.

El Subsistema IP Multimedia (IMS), es una arquitectura introducida en las Versiones 5 y 6 del 3GPP¹⁷, para su uso inicial en el subsistema de transporte GPRS, enmarcado en el continuo desarrollo de la tercera generación de comunicaciones móviles. Se trata de una arquitectura integrada en el núcleo de la red 3GPP (por ello es común denominar a toda la red como “red IMS 3GPP”) para ofrecer servicios multimedia sobre una infraestructura IP.

El diseño de IMS ofrece mecanismos para agrupar servicios independientes bajo un mismo modelo de control de sesiones apoyado en SIP y SDP, que permite señalar los servicios sobre conmutación de paquetes, es decir, IMS está orientado a habilitar la convergencia de servicios, combinando el crecimiento de la Internet con el de las comunicaciones móviles. También permite a los operadores PLMN (*Public Land Mobile Network*), ofrecer a sus suscriptores servicios multimedia, además del servicio de voz y datos a bajas velocidades, cimentados sobre aplicaciones, servicios y protocolos que se basan en Internet.

Adicionalmente, la arquitectura IMS puede soportar múltiples flujos multimedia con diferentes QoS, basada en el principio de que la red puede

¹⁷ Las versiones han sido logradas en estrecha colaboración con el IETF (RFC3113 y RFC3131) y adoptadas también por otros organismos de estandarización, como 3GPP2 y ETSI.

disociar entre los flujos de portadores y los diferentes flujos de señalización dentro de la sesión multimedia. Así, mediante esta arquitectura, se logra la transmisión eficiente sobre IP de contenidos multimedia en las redes móviles, lo que constituye un camino adecuado y orientado a lograr una arquitectura “todo IP”¹⁸.

2.2 VISIÓN GENERAL DE LA RED 3G UMTS Y SU EVOLUCIÓN **[9], [19], [25], [30]**

Dentro de lo respecta a la tercera generación (3G) de comunicaciones, la industria de la telefonía móvil, acoge a un conjunto de nuevas tecnologías y procesos que aumentan y mejoran la calidad y velocidad de los actuales servicios. 3G/UMTS es una tecnología de banda ancha ampliamente estandarizada por 3GPP, siendo uno de sus objetivos, la definición de una infraestructura global unificada para comunicaciones inalámbricas de banda ancha.

UMTS está conformada como una estructura celular, en la que cada celda consiste en uno o varios sectores (como en GSM), que se identifican por un código de la celda (código de *scrambling*) o un *Cell ID*. Emplea esquemas de modulación QPSK (4 símbolos, 2 bits por símbolo) y 16QAM (4 símbolos, 4 bits por símbolo), para proporcionar tasas de datos más altas, según la calidad de la señal y la capacidad de la celda que son controladas al mismo tiempo por el nodo B, que determina qué modulación utiliza para comunicarse con los dispositivos.

En la red de acceso radio se emplea la tecnología mejorada de acceso múltiple CDMA denominada UTRAN (*UMTS Terrestrial RAN*)¹⁹, en la cual los usuarios se distinguen entre sí por secuencias de código únicas para cada uno de ellos. UTRAN y la red de acceso GSM/GPRS/EDGE coexisten y están conectadas a la misma red troncal. UTRAN está compuesta por dos elementos que la hacen compatible con GSM:

18 "Todo IP" es una visión industrial sobre el futuro de las redes de comunicaciones, que ofrece diversos modos de acceso, que se integran de forma transparente en una capa de red basada totalmente en IP, en la cual todos los servicios multimedia incluyendo el servicio de voz, serán transmitidos a través de ella.

19 En realidad, la red de acceso UMTS puede ser de dos tipos: acceso terrestre (UTRAN) o vía satélite (MSS). En este momento las redes de acceso que se están desplegando son las terrestres UTRAN.

- Nodos B: son estaciones base, que proporcionan cobertura de servicio y dan capacidad a los equipos de usuario (UE, *User Equipment*), que se hallan dentro de una determinada celda, para que dispongan de conectividad a la red.
- RNC (*Radio Network Controller*): controla a un grupo de nodos B, a su vez se encuentran conectados a los centros de conmutación, equivaldría entonces a la BSC (*Base Station Controller*) de GSM.

Dentro de la red de acceso, lo más característico es la interfaz radio (Uu) entre el nodo B y el terminal del cliente, puesto que éste será el principal cuello de botella de velocidad y funcionalidad de todas las comunicaciones que se intenten realizar. Otro punto de referencia importante es la interfaz Iu entre la red de acceso y la red troncal (ver figura 2.1).

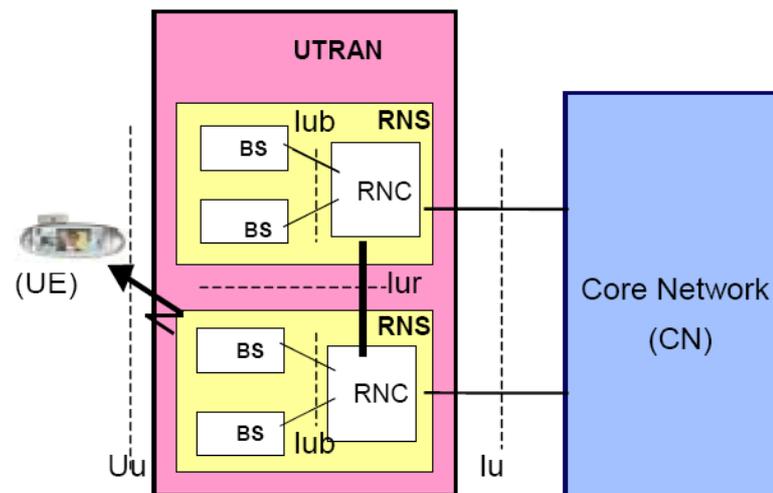


Fig. 2.1 Red de acceso UMTS [25]

La evolución de la red móvil UMTS, contemplada en las versiones 5 y 6, se enfoca principalmente en la red de acceso radio para mejorar la eficiencia espectral y los servicios disponibles tanto para voz como para datos, de esta manera se incluyen los protocolos HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*), con el que consigue una velocidad de bajada de hasta 14,4 Mbps, y HSUPA (*High*

Speed Uplink Packet Access) para velocidades de subida de hasta 5 Mbps. Así se reconocen las tecnologías de red de acceso:

- Acceso WCDMA (equivalente al acceso UTRAN), mejorado con HSDPA/HSUPA.
- Evolución del acceso radio GSM/EDGE.
- Accesos complementarios: WLAN/WMAN.

Dentro de la versión 7, se contemplan mejoras en la red de acceso mediante MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) y OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*).

La red troncal (CN, *Core Network*), consta de nodos físicos que proporcionan soporte para las características de red y los servicios de telecomunicaciones y se encuentra integrada a su vez por una red de conmutación de circuitos (CS), una red de conmutación de paquetes (PS) y a partir de la Versión 5 de las especificaciones 3GPP, tal como se esquematiza en la figura 2.2, se integró el Subsistema Multimedia IP para brindar soporte a servicios multimedia. El soporte proporcionado incluye la gestión de la información de localización de los usuarios, control de las características y servicios de red, los mecanismos de transferencia (conmutación y transmisión) para señalización y para información generada por el usuario. El GGSN (*GPRS Gateway Support Node*) es una entidad que puede verse como un ruteador con funcionalidades adicionales para manejar aspectos de movilidad del terminal del usuario.

El equipo del usuario (UE) resulta de la combinación de un equipo móvil más el USIM (*UMTS Subscriber Identity Module*), equivalente a la SIM de GSM. El USIM contiene los datos y los procedimientos que identifican al usuario del servicio. Estas funciones se suelen introducir en una única tarjeta inteligente extraíble, asociada a un usuario determinado, sin considerar el equipo móvil que usa. El UE está habilitado para pedir una dirección IP a la red al realizar el enlace

a la red y negocia sus requerimientos de QoS y otras capacidades durante el establecimiento de la sesión. Ejemplos de UE son: SIP phone, PC, PDA, etc.

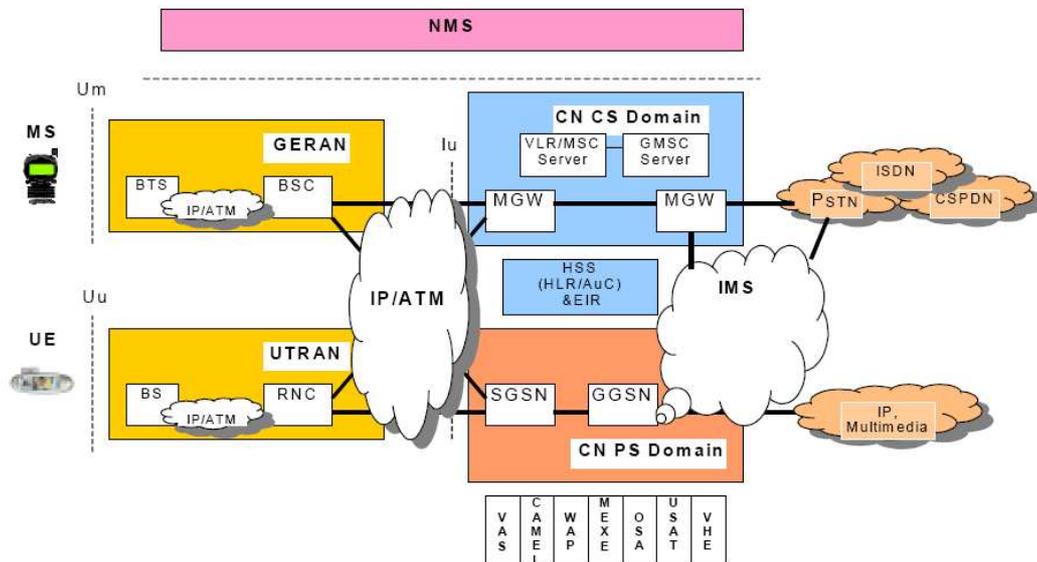


Fig. 2.2 Estructura general de la red troncal UMTS a partir de la versión 5 [25].

El transporte de red es realizado mediante IPv6 en vez de IPv4. La razón es que IPv6 está siendo paulatinamente desplegado en Internet y existen muchas empresas e instituciones que ya lo emplean internamente. De este modo, el 3GPP prefirió dar compatibilidad hacia atrás en lugar de hacia delante y partir de la situación más avanzada técnicamente.

2.3 SUBSISTEMA IP MULTIMEDIA (IMS) [20], [29], [30], [34]

IMS es la pieza clave de la arquitectura 3G. Es un sistema de control de sesión para proporcionar acceso celular sobre conmutación de paquetes para todos los servicios que proporciona Internet, desde cualquier ubicación y método de forma continua y permanente.

El soporte de aplicaciones multimedia IP, involucra al conjunto de terminales, redes de acceso de conectividad IP (IP-CAN, *IP-Connectivity Access Network*) y elementos específicos del subsistema IP Multimedia. Estos elementos específicos

y funcionales son parte del núcleo de red y gestionan la provisión de servicios multimedia. Los servicios son activados y ejecutados en la red local, en la cual se despliegan uno o más servidores SIP²⁰, que conforman un componente denominado CSCF (*Call Session Control Function*); estos servidores SIP cumplen funciones de registro, autenticación y autorización. El usuario sólo es autenticado y autorizado en la red local aún si está realizando itinerancia. El flujo de datos correspondiente a la señalización multimedia viaja de forma separada al tráfico portador, esto se representa en la Figura 2.3.

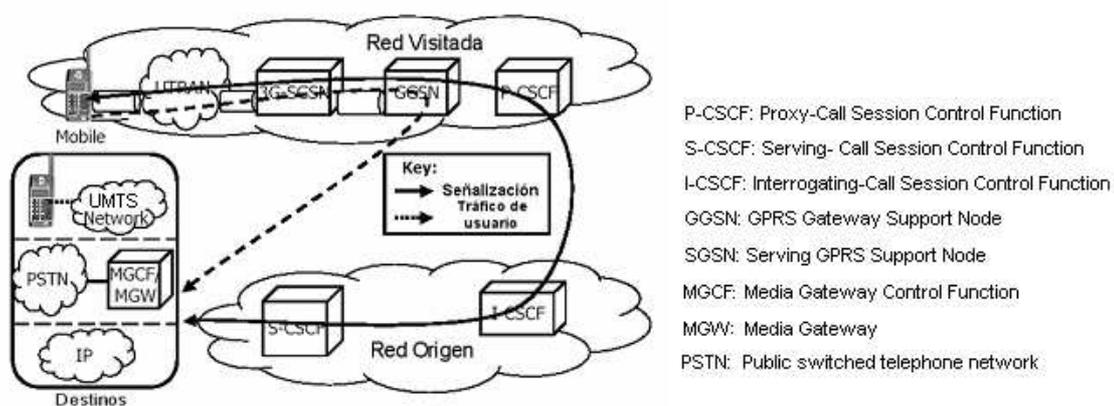


Fig. 2.3 Trayecto de los flujos de señalización y datos del usuario [31].

La IP-CAN²¹ se usa para transportar la señalización multimedia y el tráfico portador dentro del dominio de la red móvil.

IMS se construye sobre el concepto de sesión, la misma que se realiza normalmente entre el terminal del usuario y una aplicación o con otro usuario directamente. Dentro de la sesión, gestionada por los nodos que tienen funciones de control, se pueden generar llamadas, enviar datos, mensajes o bajar contenidos dependiendo de la naturaleza de la aplicación.

20 Los servidores SIP son elementos de red que reciben peticiones y, en función de sus características, las redirigen hacia otro servidor.

21 La Red de Acceso de Conectividad IP se refiere a la colección de entidades de red e interfaces que proporcionan transporte subyacente para conectividad IP entre los UE y las entidades IMS. Un ejemplo de una " Red de Acceso de Conectividad IP " es GPRS.

2.3.1 IDENTIDADES DE USUARIO IMS

En todo tipo de red, los usuarios deben ser identificados con algún método, de tal manera que se les pueda proporcionar el servicio más importante, la conectividad.

La identificación de los usuarios, servicios y nodos en IMS se realiza mediante un URI (*Universal Resource Identifier*), de formato similar a los URLs del HTTP, es decir, siguen la estructura *user/service@host*, donde *user/service* corresponde a un nombre, identificador o número telefónico y *host* es el dominio o dirección de red al que pertenece el usuario, lo que evita memorizar números de teléfono, pues se trata de nombres al estilo de servicios de Internet.

Se tienen dos tipos de identificación para los usuarios IMS: la Identidad Privada de Usuario y la Identidad Pública de Usuario.

La Identidad Pública de Usuario se usa para encaminar la señalización SIP y puede ser una o más de una, siendo asignada al suscriptor IMS, por el operador de la red local y tiene un formato SIP URI o un TEL URI.

- Cuando la Identidad Pública de Usuario tiene un formato SIP URI, éste típicamente toma la forma de `sip:nombre.apellido@operador.com`.
- Cuando la Identidad Pública de Usuario contiene un TEL URI²² representando un número telefónico en formato internacional, éste típicamente toma la forma de `tel:+193-22-555-0293`.
- Es posible tener una combinación de los dos tipos de identificación anteriores usando el formato `sip:+193-22-555-0293@operador.com` (usuario=teléfono).

22 Los TEL URIs son necesarios para el *interworking* con teléfonos PSTN.

A cada suscriptor IMS, el operador de la red local, le asigna una sola Identidad Privada de Usuario, éstas no toman los formatos SIP URIs o TEL URIs, sino que toman el formato de un Identificador de Acceso a la Red (NAI, *Network Access Identifier*), el formato de un NAI es `username@operator.com`. La Identidad Privada de Usuario es usada exclusivamente para la identificación de la suscripción y con propósitos de autenticación.

2.3.2 PRESTACIONES GENERALES DE IMS

En general, IMS permite tener:

- Sesiones interoperador: IMS, posee componentes diseñados para lograr la interconexión con sistemas IMS de otros operadores 3G y sistemas legados (PSTN, ISDN o el dominio de conmutación de circuitos PLMN). Los abonados IMS podrán seguir comunicándose con otros abonados no IMS, por ejemplo, con las redes de circuitos SS7²³ para servicios de llamadas de voz.
- Itinerancia (*roaming*), ya que provee al sistema, la capacidad de admitir y dar servicio a abonados de otros operadores con tecnología similar, que se encuentren realizando itinerancia, con los que se tiene el acuerdo de negocio pertinente. Cuando un abonado está en itinerancia, la red visitada encamina la señalización hacia la red local del mismo, desde donde se gestiona toda la sesión.
- Provisión de servicios. La arquitectura IMS cuenta con interfaces o pasarelas hacia servidores de aplicación (AS, *Application Server*) basadas en SIP, donde típicamente se ejecutan los servicios que están referidos por Identidades Públicas de Servicio (PSI, *Public Service Identifier*), las que pueden ser usadas para identificar grupos, por ejemplo un servicio tipo chat (`sip:chatlist_XYZ@ejemplo.com`) que habilite a los usuarios recibir y enviar mensajes de y hacia otros participantes de la sesión.

²³ La red de señalización SS7 proporciona medios fiables, en tiempo real, para conmutar la comunicación e intercambiar información de control de llamada, de conexión y de servicio.

- Interoperación con otras plataformas de servicios. IMS define componentes de pasarela que interactúan con las plataformas de servicios legados como CAMEL (*Customized Application for Mobile services Enhanced Logic*) u OSA (*Open Service Access*), ver figura 2.4. De esta forma, las aplicaciones heredadas OSA y CAMEL pueden también actuar sobre las sesiones IP multimedia, permitiendo la provisión de servicios IMS desarrollados por terceras partes.

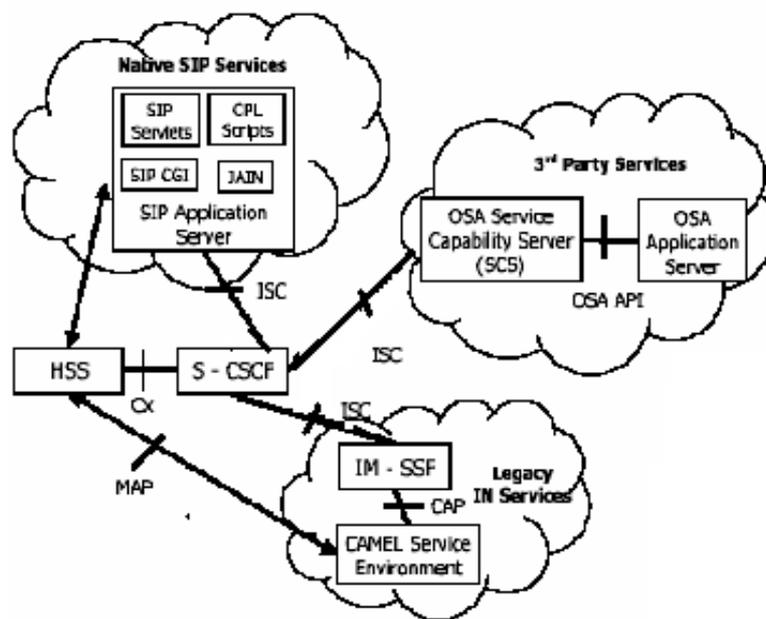


Fig. 2.4 Comunicación con otras plataformas de servicios [31].

- Tarificación y facturación (*charging/billing*). IMS implementa un sistema de facturación que registra los datos relacionados a la sesión, tales como la duración, los componentes multimedia empleados, los usuarios implicados y la QoS que fue autorizada. De esta forma, es posible facturar los servicios según su duración, contenidos, volumen de datos, destino de la sesión o las diferentes combinaciones de los anteriores. Por otro lado, el sistema puede hacer tanto la facturación prepago como la pospago.

2.4 PROTOCOLOS IMS [32], [33]

Se han identificado varios protocolos importantes en la arquitectura IMS, avalados por 3GPP, los cuales son necesarios para garantizar la interoperabilidad entre los equipos de los proveedores y soportar las aplicaciones requeridas para el usuario. Estos protocolos se describen a continuación.

2.4.1 PROTOCOLO DE INICIACIÓN DE SESIÓN (SIP)

SIP (*Session Initiation Protocol*)²⁴ es un protocolo de la capa de aplicación y fue diseñado inicialmente por el IETF, para el control de sesiones multimedia en Internet. Acogido luego por el 3GPP, como un protocolo de señalización basado en texto, tal como HTTP, utilizado para establecer, modificar y terminar sesiones multimedia dentro de una red IP con uno o más participantes, trabaja independientemente de los protocolos de transporte subyacentes y sin dependencia del tipo de sesión que está estableciéndose (voz, video, datos o combinaciones, presencia, mensajería instantánea, juegos online, etc.). Está basado en el modelo cliente-servidor. Los clientes SIP envían requerimientos a un servidor (*Request Messages*), el cual una vez que procesa estos requerimientos le devuelve una respuesta (*Response Messages*).

Existen dos tipos de elementos en una red SIP: Agentes de Usuario (*User Agent*, UA) y Servidores SIP.

Los Agentes de Usuario son aplicaciones que permiten iniciar una sesión. Puede tratarse de un UAC (*User Agent Cliente*), una aplicación cliente que emite solicitudes SIP, o de un UAS (*User Agent Server*), una aplicación servidora que recibe solicitudes SIP y envía respuestas.

En cuanto a los Servidores SIP, éstos pueden ser:

24 Este protocolo está especificado inicialmente en el RFC 3261 del Grupo de Trabajo SIP IETF.

Servidor Proxy (*Proxy Server*): componente intermedio que recibe solicitudes de clientes y las encamina hacia el próximo servidor después de haber eventualmente, realizado ciertas modificaciones sobre estas solicitudes.

Servidor de Redireccionamiento (*Redirect Server*): componente que suministra al cliente la dirección del siguiente servidor en la red que puede tratarse o de un UAS o de un *Proxy Server*.

Registrador (*Register*): se trata de un servidor que recepta mensajes SIP REGISTER enviados por el cliente SIP, en los cuales se halla la dirección donde es localizable (dirección IP). El Registrador actualiza entonces una base de datos de localización.

SIP ofrece las siguientes funcionalidades al establecer y terminar comunicaciones multimedia:

- *Localización del usuario*. La determinación de la ubicación, desde el punto de vista de la red, del equipo terminal extremo (usuario).
- *Disponibilidad del usuario*. Mediante mecanismos para saber si: el usuario puede recibir una llamada, los recursos están disponibles, está ocupado, etc.
- *Capacidades del usuario*. Respecto a los medios de comunicación disponibles y sus parámetros, para determinar si puede recibir llamadas de voz, video, texto o multimedia.
- *Establecimiento de la sesión*. "ringing", establecimiento de los parámetros de la sesión para las dos partes, llamada y llamante.
- *Gestión de la sesión*. Incluye traslado y terminación de las sesiones, modificación de parámetros de la sesión e invocación de servicios.

Se definen seis tipos básicos de mensajes SIP:

- INVITE es usado para iniciar una sesión multimedia, que incluye la información de encaminamiento de la parte que llama y de la que es llamada y el tipo de media a ser intercambiado entre las dos partes.
- ACK es enviado desde un UAC a un UAS para confirmar que la contestación final a un requerimiento INVITE ha sido recibida.
- OPTIONS es usado para examinar las capacidades del agente del usuario o de un servidor, tales como el tipo de media soportada.
- BYE es usado para terminar una sesión multimedia o llamada establecida. Este mensaje puede ser emitido por el que genera la llamada o el que la recibe.
- CANCEL es utilizado para cancelar un requerimiento previo enviado por el usuario, pero no tiene ningún efecto sobre una sesión ya aceptada. De hecho, solo el método "BYE" puede terminar una sesión establecida.
- REGISTER es enviado desde un agente de usuario a un registro para registrar la dirección donde el suscriptor está localizado.

MÉTODO	FUNCIONALIDAD
NOTIFY	Notifica acerca de un evento particular.
PRACK	Confirma la recepción de una respuesta provisional.
PUBLISH	Actualiza un servidor con nueva información.
SUSCRIBE	Demanda que el remitente sea notificado cuando ocurren eventos específicos.
UPDATE	Modifica sesiones que están en progreso.
MESSAGE	Transporta un mensaje basado en texto.
REFER	Demanda a un servidor para que envíe una respuesta.
INFO	Usado como un transporte para señalización PSTN.

Tabla 2.1 Métodos SIP adicionales usados en IMS [60].

IETF ha ido añadiendo extensiones y cabeceras al protocolo básico para adaptar su uso a las necesidades del entorno móvil y a las particularidades de una red de paquetes como UMTS (ver tabla 2.1). Por ello, se habla del perfil 3GPP del protocolo SIP, una variante personalizada para la red 3G IMS.

2.4.2 PROTOCOLO DE DESCRIPCIÓN DE SESIÓN (SDP) [33]

Puesto que no todos los dispositivos son capaces de soportar los mismos servicios, al establecer la sesión se negocian las características de ésta mediante SDP (*Session Description Protocol*)²⁵, que se trata de un protocolo basado en texto, que describe la sesión multimedia; así los extremos de una sesión pueden indicar sus capacidades multimedia y definir el tipo de sesión que desean mantener. Los mensajes SDP se transfieren en los mensajes SIP.

El Protocolo de Descripción de Sesión incluye la siguiente información:

- El nombre y propósito de la sesión.
- Tiempos de inicio y fin de la sesión.
- Los tipos de medios que comprende la sesión.
- Información detallada necesaria para establecer la sesión.

El último punto se refiere a detalles como: la dirección IP a la que se enviarán los datos, protocolo de transporte a ser usado, números de puerto involucrados y esquemas de codificación. SDP entrega esta información en formato ASCII usando una secuencia de líneas de texto, cada una de la forma “<type>=<value>”.

²⁵ Especificado en el RFC 2327 de IETF.

La especificación SDP define todos los tipos posibles de información que son admitidos en la sesión, el orden en el que deben aparecer, el formato y las palabras reservadas para cada tipo que se ha definido. Un uso de SDP es el anuncio de conferencias multimedia, mediante el envío de mensajes SDP a una dirección IP *multicast* conocida.

2.4.3 PROTOCOLO DE TIEMPO REAL (RTP)

Una vez que la sesión es establecida, los participantes de la sesión intercambian directamente su tráfico a través del protocolo de transporte RTP (*Real Time Protocol*)²⁶. Este es un protocolo que proporciona un mecanismo para transportar tráfico multimedia de tiempo real que incluye audio y video, sobre redes de transporte no confiables UDP.

Los paquetes RTP dan información sobre el tipo de contenido multimedia que se está transmitiendo, números de secuencia de paquetes, marca de tiempo real que representa el instante de presentación de los datos (*time-stamping*) y monitorización de entrega. RTP provee funciones extremo a extremo comunes para varias aplicaciones, como audio o video. Estas funciones se resumen en:

- Comunicar la elección del esquema de codificación de los datos.
- Determinar la relación temporal entre los datos recibidos.
- Sincronizar los distintos medios.
- Indicar la pérdida de paquetes.
- Indicar límites de *frames* en los datos.
- Identificación amigable de usuarios.

²⁶ RTP está especificado en RFC3550.

El estándar RTP define en realidad dos protocolos: RTCP (*Real Time Control Protocol*) y RTSP (*Real Time Streaming Protocol*). El primero es utilizado para el envío periódico de información de control asociada a un determinado flujo de datos, mientras que el segundo, para el intercambio de datos multimedia.

2.4.4 DIAMETER

Diameter²⁷ es una evolución del protocolo RADIUS (RFC2865) y escogido como el protocolo AAA (*Authentication, Authorization and Accounting*), para el uso en IMS. Proporciona un marco de autenticación, autorización y registro de uso para aplicaciones de acceso a redes, movilidad en redes IP y *roaming*.

2.4.5 H.248 MEGACO

MEGACO (*MEdia GAteway COntrol*, control de pasarela de medios) del IETF, fue co-desarrollado por el ITU-T e IETF y también es llamado H.248.

MEGACO /H.248 es un protocolo de control de pasarela que puede usarse para una gran variedad de aplicaciones de pasarela, trasladando flujos de información de redes IP, RTC, ATM, y otros sistemas. La norma emplea un modelo maestro-esclavo en el que el terminal de origen y/o la pasarela son esclavas del controlador de pasarela de medios.

2.4.6 COMMON OPEN POLICY SERVICE (COPS)

El protocolo COPS²⁸, define un modelo cliente/servidor sencillo para proporcionar control de políticas a protocolos de señalización de calidad de servicio. Utiliza TCP como protocolo de transporte para asegurar así fiabilidad en el intercambio de mensajes entre los clientes y el servidor.

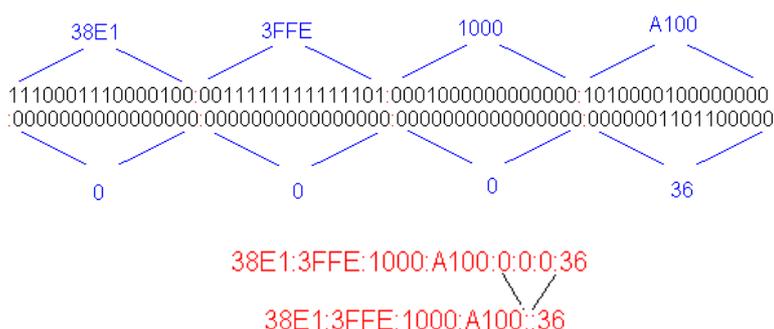
27 Especificado en el RFC3588.

28 Descrito en el RFC2748.

2.4.7 PROTOCOLO INTERNET VERSIÓN 6 (IPv6) [6], [9], [33]

IMS se ha definido desde su origen como una red y un servicio fundamentado completamente sobre IPv6²⁹. Éste es un protocolo encargado de dirigir y encaminar los paquetes a través de una red de conmutación de paquetes.

Las direcciones IPv6, de 128 bits de longitud, se escriben como ocho grupos de cuatro dígitos hexadecimales separados por el carácter “dos puntos”, lo que permite tener 2^{128} direcciones IP. Si un grupo de cuatro dígitos es nulo (es decir, toma el valor "0000"), puede ser comprimido. Si más de dos grupos consecutivos son nulos, pueden comprimirse como "::". Si la dirección tiene más de una serie de grupos nulos consecutivos la compresión es sólo en uno de ellos. Así:



El IPv6 permite configurar automáticamente la dirección IP del Host, sin tener que acudir al protocolo de configuración dinámica del Host (DHCP, *Dynamic Host Configuration Protocol*), proceso valioso para los equipos móviles.

Hay tres categorías de direcciones en el IPv6: *Unicast* (unidifusión, un identificador para una sola interfaz), *Anycast* (difusión a cualquier punto, un identificador para un conjunto de interfaces perteneciente típicamente a diferentes nodos) y *Multicast* (multidifusión, un identificador para un conjunto de interfaces perteneciente típicamente a diferentes nodos). Es importante mencionar que con IPv6, no hay direcciones de *broadcast*.

²⁹ Definido en el RFC 2460, destinado a reemplazar a la actual versión IPv4, debido esencialmente al agotamiento del número limitado de direcciones de este último, previsto ya en la década de 1990.

2.5 ARQUITECTURA IMS [29], [31], [34]

Dentro de la arquitectura IMS, se distinguen las siguientes capas o planos operacionales: aplicación, control, transporte y acceso, tal como puede observarse en la figura 2.5, razón por la cual se dice que IMS define una arquitectura horizontal estructurada en capas.

La capa de APLICACIÓN comprende los servidores de aplicación y contenido que posibilitan los servicios de valor agregado que son ofertados a los usuarios. Entre estas aplicaciones se puede mencionar: servicios de localización, mensajería corta y multimedia (SMS/MMS), plataforma de video, etc.

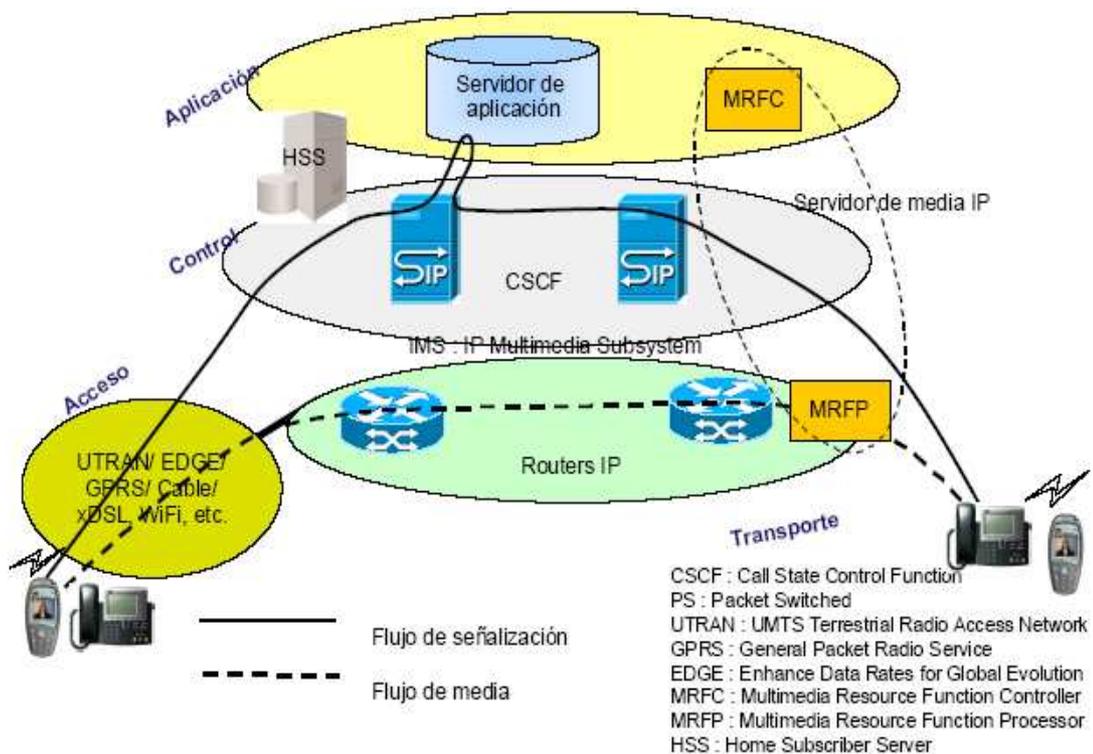


Fig. 2.5 Visión general de las capas de la arquitectura IMS [34]

La capa CONTROL trata principalmente el encaminamiento de la señalización entre usuarios y de la invocación de los servicios. Comprende los elementos de control de la red para el manejo de la llamada o el establecimiento,

modificación y terminación de la sesión. En esta capa se cumplen las siguientes funciones:

- Implementación del control básico de la sesión.
- Gestión en el registro del usuario y control en el enrutamiento de la sesión SIP.
- Interacción con servidores de aplicación para implementar la sesión.
- Mantenimiento y administración de los datos del usuario.
- Manejo de las políticas de QoS de los servicios.
- Aprovisionamiento de un ambiente consistente de servicios con la capa de aplicación para todos los usuarios.

En la capa de control se encuentra el núcleo de la red IMS, que está compuesto principalmente por la funcionalidad CSCF (*Call Session Control Function*), integrada a su vez por varias entidades, las cuales desarrollan diversas funciones (registro de usuarios/dispositivos, calidad de servicio, puntos de entrada de los dispositivos/usuarios a la red, etc.). Contiene principalmente las siguientes entidades funcionales que se describirán más adelante:

- HSS (*Home Subscriber Server*), una base de datos;
- SBC (*Session Border Controller*), encargado del *interworking* con sistemas no basados en SIP;
- PDF (*Policy Decision Function*), encargado de definir las políticas de usuarios y sus aplicaciones;
- BGCF (*Breakout Gateway Control Function*), encargado de seleccionar la red para el *interworking* con la red pública;

- MGCF (*Media Gateway Control Function*), implementa el plano de control del *interworking*, traduciendo la señalización IMS SIP/SDP a SS7, y viceversa; y
- MRF (*Multimedia Resource Function*), que provee una fuente de aplicaciones de audio y video en la red.

La capa de TRANSPORTE se encarga de la conversión de la voz de un formato analógico a otro digital, para estructurar paquetes que viajan en tiempo real a través de la red de transporte IP. Esta capa puede integrar mecanismos de calidad de servicios con MPLS, Diffserv, etc. Está compuesta de *routers* conectados por una red de transmisión que proporcionan respectivamente el encaminamiento y conmutación general del tráfico de la red de un extremo de ésta al otro. A través de este plano, se transporta los flujos multimedia directamente entre los suscriptores y, entre los suscriptores y las plataformas de servicios media.

La capa de ACCESO en la cual se encuentran los dispositivos de usuario, también comprende todo acceso de alta velocidad tal como: GPRS/EDGE, UTRAN, CDMA2000, Wireless IP, xDSL, etc.

En esta capa se cumple las siguientes funciones:

- Origen y terminación de sesiones SIP de varios terminales SIP.
- La conversión entre varios tipos de portadores de paquetes IP.
- Varias políticas de QoS basadas en el despliegue del servicio y control en la capa de sesión.

2.6 ENTIDADES Y FUNCIONES IMS [29], [31], [34]

2.6.1 TERMINAL IMS

Se trata de una aplicación sobre un equipo de usuario (UE, *User Equipment*), que envía y recibe requerimientos SIP. Los terminales móviles que quieren usar los servicios multimedia IP deben ser terminales IP con capacidad de señalización SIP. Se comunican con la entidad CSCF para registrarse y para solicitar servicios.

2.6.2 SERVIDOR DE APLICACIÓN

Los servidores de aplicación (AS, *Application Server*) ofrecen y ejecutan servicios de valor añadido. La interfaz ISC (*IP Multimedia Service Control*), entre el AS y el CSCF, emplea el protocolo SIP. Algunos de estos servicios son:

- Servicios relacionados con el ID del usuario que llama.
- Llamada en espera, desvío y transferencia de llamadas.
- Intercepción de servicios ilegales.
- Buzón de voz unificado.
- Servicios basados en la localización física.
- SMS, MMS, etc.

2.6.3 CALL SESSION CONTROL FUNCTION (CSCF)

La transferencia de datos entre usuarios IMS se organiza en sesiones. Una vez que el usuario inicia una sesión, el control de ésta, tiene que ser asumido por la red en la cual el usuario suscribe sus servicios IMS, es decir la red local.

El nodo principal CSCF, procesa los mensajes de señalización para controlar la sesión multimedia de los usuarios y en general, cumple las siguientes funciones:

- Autenticación del usuario.
- Enrutamiento de la llamada.
- Establecimiento de QoS en la red IP.
- Control y generación de registros de tarificación CDR (*Charging Data Record*)³⁰.

El CSCF está conformado por los siguientes nodos:

2.6.3.1 Proxy – CSCF (P-CSCF)

El P-CSCF es el primer punto de contacto del equipo de usuario (UE) en la red IMS, este nodo puede encontrarse en la red local o en la visitada y se encarga de encaminar la señalización de registro y sesión desde los terminales de la red en la que se halle el UE hasta la red local.

Todos los mensajes de señalización emitidos por el UE o con destino hacia él, deben pasar por el P-CSCF, ya que el terminal nunca tiene el conocimiento de las direcciones de los demás nodos CSCFs que gestionarán la sesión requerida y mientras dure la sesión, todo el tráfico de la señalización atraviesa el P-CSCF. Un UE siempre tiene un Proxy-CSCF asociado a él, determinado por el proceso de descubrimiento CSCF, que se verá posteriormente.

Las funciones realizadas por la entidad P-CSCF abarcan:

³⁰ Son registros generados por elementos de red con el propósito de facturar a un suscriptor por el servicio provisto. Incluye campos que identifican el usuario, la sesión y los elementos de red así como la información sobre los recursos de la red y servicios usados para soportar la sesión del suscriptor.

- El encaminamiento del requerimiento SIP de registro, recibida desde el UE hacia la entidad I-CSCF (Interrogating – CSCF) de la red local, que se identifica con el nombre del dominio emitido por el UE.
- El encaminamiento de los mensajes SIP, recibidos desde el UE, al servidor SIP, S-CSCF (Serving CSCF), cuya dirección es obtenida a través del proceso de registro que se expondrá más adelante.
- El envío de requerimientos o respuestas SIP hacia el UE.
- La generación de CDRs.
- La compresión / descompresión de mensajes SIP, lo cual reduce retardos en la transmisión de datos.

2.6.3.2 Interrogating – CSCF (I-CSCF)

El I-CSCF es el punto de entrada a la red del operador para todas las sesiones destinadas hacia un usuario de esa red o que la está visitando (*roaming*). Pueden existir varias I-CSCF, dentro de una misma red.

En situaciones de itinerancia y en sesiones inter operador, este nodo proporciona una entrada a otras redes externas de proveedor de servicio, recibiendo la señalización externa y ayudando a otros nodos a determinar el siguiente salto de los mensajes SIP (señalización), en tal caso, debe soportar funciones de cortafuegos (*firewall*).

Las funciones realizadas por la entidad I-CSCF incluyen:

- La obtención de la dirección del S-CSCF contenida en el HSS.
- El envío de mensajes SIP al S-CSCF una vez obtenida su dirección.

- La asignación de un S-CSCF a un usuario durante el proceso de registro.
- El encaminamiento de mensajes SIP recibidos desde otra red hacia el S-CSCF.
- La generación de CDRs.

El I-CSCF tiene funciones que permiten establecer el ocultamiento de la información de configuración, capacidad y topología de la red ante redes externas, mediante una función llamada *Topology Hiding Internet Gateway* (THIG), de forma que los elementos ajenos a la red IMS, no pueden averiguar cómo se gestiona la señalización internamente, así se garantiza las funciones de seguridad en la red.

2.6.3.3 Serving CSCF (S-CSCF)

El S-CSCF es el nodo principal que realiza la gestión de la sesión en la red IMS. A cada usuario registrado en IMS se le asigna un S-CSCF, el cual se encarga de enrutar las sesiones destinadas o iniciadas hacia o por el usuario. El S-CSCF siempre está en la red local.

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

- Registro, ya que acepta peticiones SIP de registro y hace disponible su información a través del HSS.
- Control de la sesión que inician terminales registrados. Puede por ejemplo, rechazar comunicaciones hacia o desde Identidades Públicas de Usuario bloqueadas después de haberse completado el proceso de registro.
- La emulación de la función Proxy Server ya que acepta peticiones SIP, las puede tratar internamente y luego las encamina posiblemente después de una

traducción si por ejemplo, el usuario marca un número de teléfono en vez de un SIP URI (*Uniform Resource Identifier*).

- Interacción con plataformas de servicios para el soporte de servicios.
- Si se origina una llamada hacia un usuario de una red legada, envía el requerimiento o respuesta SIP al nodo correspondiente para encaminar la llamada a la PSTN o al dominio CS correspondiente.
- La generación de CDRs.

IMS adopta una estructura jerárquica en la que intervienen los nodos antes mencionados (P-CSCF, I-CSCF y S-CSCF) para controlar la señalización relacionada a los servicios del usuario, soportando a la vez su movilidad, de tal manera de que la señalización se envíe siempre hacia la red local, sin importar dónde se encuentre el usuario realizando itinerancia o hacia dónde se destine la sesión, un ejemplo de lo dicho lo representa la figura 2.6.

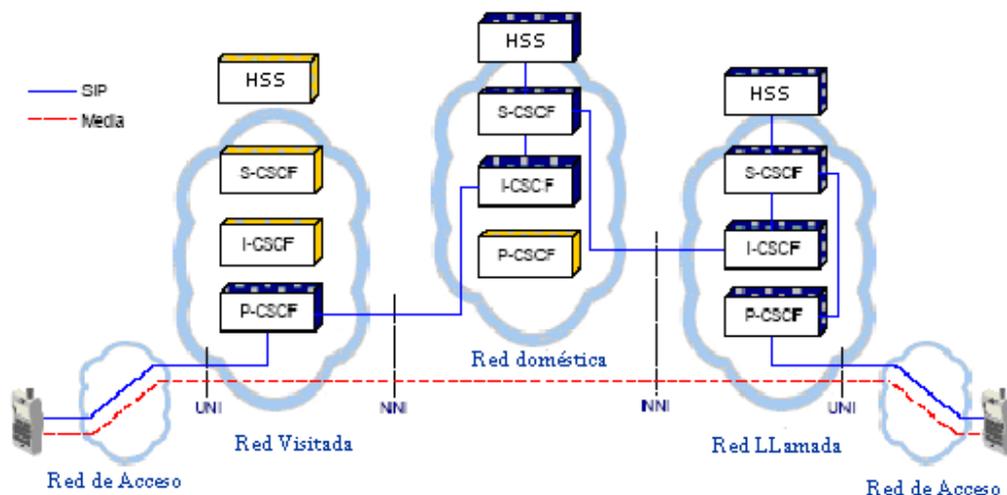


Fig. 2.6 Esquema de funcionamiento jerárquico de las entidades CSCF [35].

Todos los servicios solicitados por los usuarios *roaming*, se encaminan a la red local a través del P-CSCF de la red visitada, el cual es asignado al usuario una vez que se ha conectado a la red de acceso (conectividad IP) mediante algún

mensaje SIP y es permanente mientras permanezca enlazado a la red. El S-CSCF, en la red local, controla el servicio del usuario, para lo cual, puede activar una aplicación contenida en un AS de la red local o la aplicación de un tercer proveedor, basada en los datos de suscripción del usuario contenidos en el HSS, para asegurar la consistencia y simplicidad del servicio.

2.6.4 HOME SUBSCRIBER SERVER (HSS)

La entidad HSS (Servidor de Abonado en Origen), es la base de datos principal de los usuarios, alberga información acerca de los servicios a los cuales se suscribieron, las identidades del usuario, la información del registro, los parámetros de acceso así como la información que permite invocar los servicios del usuario. El HSS se comunica con el I-CSCF y el S-CSCF para proporcionar la información sobre la localización y datos de suscripción del cliente. El HSS y el CSCF se comunican a través de un interfaz denominado Cx.

El HSS es anfitrión principalmente de las siguientes funciones:

- Servicio de localización, esta función sigue la pista del dominio en el que un usuario está localizado en un momento dado. Cuando el usuario realiza itinerancia en un dominio IMS diferente, el servicio de localización devuelve la identidad de la S-CSCF de ese dominio;
- Servicio AAA, esta función es usada para autenticar y autorizar a usuarios en el dominio del operador con el que ha suscrito el servicio;
- Apoyo de administración, esta función gestiona los mandos dados por el operador para conectar a abonados móviles y para definir sus datos de abonado correspondientes;
- Funciones de análisis, que son usadas para analizar números de abonados móviles, tales como IMSI, MSISDN y números que se han enviado.

2.6.5 MEDIA RESOURCE FUNCTION (MRF)

El MRF (Función de Recursos de Medios) permite que se realicen multiconferencias mezclando los flujos de media de varios participantes. El MRF comprende dos nodos (ver figura 2.7): el Controlador y el Procesador. El MRFC (controlador) está situado en el plano de señalización como un Agente de Usuario SIP; y, el MRFP (procesador) está situado en el plano de media y provee funciones relacionadas a funciones de media, tales como anuncio de servicios de voz para conferencia de voz y video conferencia.

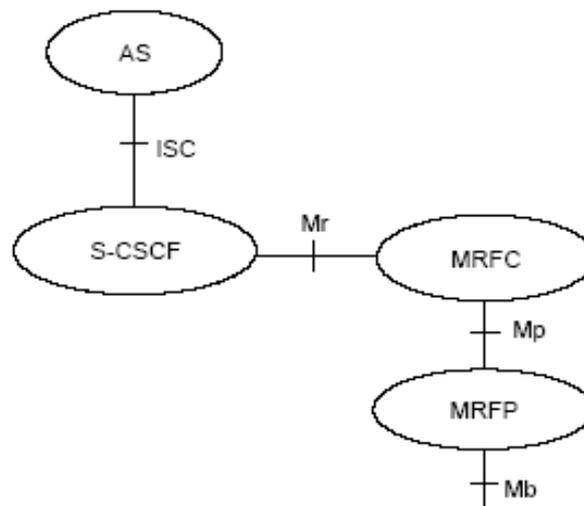


Fig. 2.7 Elementos de la entidad MRF y puntos de referencia. [29].

El protocolo usado entre el MRFC y el MRFP para controlar e invocar recursos media es H.248 MEGACO.

Las tareas que realiza el MRFC son:

- Controlar los flujos de media establecidos en el MRFP, por ejemplo, recursos necesarios para proveer tonos, anuncios y conferencia.

- Interpretar la información proveniente de un AS y del S-CSCF para controlar acordemente al MRFP.
- Generar CDRs.

Las tareas del MRFP incluyen:

- Control de los portadores que ingresan al MRFP.
- Proporciona recursos a ser controlados por el MRFC.
- Mezcla los flujos entrantes de medios (de múltiples partes).
- Fuente de flujos de medios (ej. anuncios multimedia).
- Procesamiento de los flujos de media (transcodificación de audio, análisis de media).

2.6.6 APPLICATION LEVEL GATEWAY (ALG)

ALG (Pasarela del Nivel de Aplicación), es una entidad de aplicación específica que permite a un nodo IPv6 comunicarse con un nodo IPv4 y viceversa. Cuando el ALG recibe un mensaje SIP IPv4 desde los CSCFs o de una red externa SIP, cambia los parámetros apropiados de SIP/SDP, traduciendo las direcciones IPv4 a IPv6 y viceversa.

2.6.7 POLICE DECISION FUNCTION (PDF)

El PDF (Función de Decisión de Políticas), hace de interfaz entre la red IMS y la red de acceso IP; implementa los parámetros de calidad de servicio en la red de acceso, para lo cual establece la configuración y políticas necesarias.

2.6.8 NODOS PARA INTERWORKING

El dominio IMS debe interfuncionar con la Red Telefónica Pública Conmutada PSTN, con el fin de permitir a los usuarios IMS establecer llamadas con la misma. En un entorno donde todas las sesiones fueran entre dispositivos de usuario con capacidad IP, se necesitaría solamente las entidades CSCFs y el HSS, al no ser así, es necesario contar con otros elementos que ayuden en la tarea de interfuncionamiento con redes legadas.

IMS soporta varios nodos para interconectarse con las redes tradicionales. Éstos son: la Función de Control de Pasarela de Salida BGCF, la Pasarela de Medios MGW (*Media Gateway*), la Función de Control de la Pasarela de Medios MGCF (*Media Gateway Control Function*), y la Pasarela de Señalización SGW (*Signaling Gateway*).

2.6.8.1 Breakout Gateway Control Function (BGCF)

El BGCF elige la red en la que se realiza la salida hacia la red PSTN o a una de conmutación de circuitos. Si el BGCF determina que esta salida ocurre en la misma red en la que se encuentra el BGCF, entonces elegirá el MGCF adecuado que es el encargado de la interacción con la red PSTN. Si la salida ocurre en otra red, el BGCF encaminará la señalización al BGCF o MGCF (dependiendo de la configuración) de la red seleccionada. El objetivo final es minimizar el recorrido de la llamada/sesión.

2.6.8.2 Media Gateway (MGW)

La Pasarela de Medios MGW, hace el procesamiento de la información multimedia entre los usuarios finales, es decir, su función es la de convertir medios de un formato a otro y de su tratamiento (cancelación de eco, etc.).

El MGW es controlado por el MGCF por medio del protocolo MEGACO/H.248 y debe ser una plataforma basada en hardware de tiempo real,

pues existen servicios que así lo requieren y no admiten que se añada retrasos en la transmisión de la información.

2.6.8.3 Media Gateway Control Function (MGCF)

El MGCF maneja el interfuncionamiento entre el portador PSTN y el flujo IP de la red IMS. Convierte mensajes SIP en mensajes H.248/Megaco o ISUP³¹ para permitir el *interworking*.

El MGCF recibe el mensaje SIP proveniente del S-CSCF y determina qué conexión realizar con el MGW. También crea el mensaje H.248/Megaco o ISUP apropiado y lo envía al SGW (*Signaling Gateway*). El control de la señalización de la llamada (SS7/ISUP) se redirige desde el SGW de la red CS a la MGCF usando SIGTRAN (*SIGnaling TRANsport*).

2.6.8.4 Signaling Gateway (SGW)

Una característica dentro del Subsistema Multimedia IP es que los componentes de la arquitectura mayoritariamente utilizan una comunicación basada en IP a excepción de dos interfaces, que utilizan el portador y la señalización para interactuar con una red tradicional de conmutación de circuitos (la PSTN o una red móvil GSM/GPRS).

El SGW asegura la conversión del transporte para el encaminamiento de la señalización entre SS7 y señalización basada en IP, es decir, entre el conmutador telefónico y el MGCF.

³¹ ISUP (ISDN User Part) es un protocolo de capa de aplicación que se utiliza para establecer llamadas con la PSTN.

2.7 FUNCIONALIDAD DEL IMS [29]

Para comprender cómo trabajan las entidades IMS, se presentan a continuación los procesos más comunes en el subsistema: el proceso de registro, que es necesario principalmente para que el abonado pueda acceder a los servicios IP multimedia; el establecimiento de sesión, que permite iniciar comunicaciones con otros abonados y con los servicios multimedia; y la liberación de la sesión.

2.7.1 PROCEDIMIENTO DE REGISTRO Y RE REGISTRO

2.7.1.1 Registro del usuario

Una vez lograda la conectividad IP, el usuario necesariamente debe registrarse en el sistema, antes de acceder a alguna sesión/llamada IMS, esto lo hace enviando un flujo de información de registro empleando señalización SIP. En ese requerimiento, se encuentran la identidad privada del usuario y las identidades públicas que desea registrar para su uso posterior. Es deseable que el proceso de registro sea transparente al usuario y que sea el mismo en la red visitada como lo es en la red local.

En este procedimiento intervienen los nodos que conforman el CSCF. Se detalla a continuación el proceso de registro de un usuario aún no registrado:

1. El UE inicia el proceso enviando un flujo de información SIP REGISTER hacia el P-CSCF de la red local o de la visitada (si está realizando roaming), este flujo contiene la identidad privada y pública(s) de usuario, el nombre del dominio de la red local y la dirección IP del UE originante. Puede observarse estos flujos de información en la figura 2.8.
2. En el requerimiento recibido por el P-CSCF, se examina “el nombre del dominio origen” para descubrir el punto de entrada a la red local (es decir el I-CSCF) a través de un mecanismo de resolución nombre/dirección y re envía el

requerimiento de registro (dirección / nombre de P-CSCF, identidad pública de usuario, identidad privada de usuario, identificador de red del P-CSCF³², dirección IP del UE) al I-CSCF determinado en la red local.

3. El I-CSCF, envía el flujo de información Cx-Query /Cx-Select-Pull conteniendo los datos ya mencionados en el punto anterior al HSS, el mismo que verificará si el usuario ya está registrado. El HSS indicará si el usuario está permitido para registrarse en la red de ese P-CSCF de acuerdo a la suscripción del usuario o a alguna limitación o restricción del operador.

4. Desde el HSS retorna al I-CSCF el flujo Cx-Query Resp/Cx-Select-Pull Resp. Éste contendrá el nombre y/o las capacidades de un S-CSCF adecuado. Cuando la respuesta contiene ambos datos, el I-CSCF puede realizar la asignación. Cuando sólo ha regresado el dato de capacidades pero no el nombre al I-CSCF, éste realizará la nueva función de selección basada en la información que le ha enviado el HSS. Si la verificación en el HSS no fuera satisfactoria en el Cx-Query Resp se enviará un rechazo al intento de registro.

El I-CSCF, usando el nombre del S-CSCF, determina la dirección del mismo a través de un mecanismo de resolución de nombre/dirección. El I-CSCF también determina el nombre de un punto de contacto en la red local conveniente, posiblemente basado en información recibida desde el HSS, que puede ser el propio S-CSCF, o un I-CSCF (THIG) (en caso de que se desee el ocultamiento de configuración de la red) que puede ser distinto del que aparece en el proceso de registro. Luego, el I-CSCF envía el flujo de información de registro al S-CSCF seleccionado (P-CSCF dirección/nombre, identidad pública de usuario, identidad privada de usuario, identificador de red del P-CSCF, dirección IP del UE, I-CSCF (THIG si se ha decidido el ocultamiento de configuración de la red)).

32 El identificador de red del P-CSCF es un cordón que relaciona la red donde se localiza el P-CSCF con la red origen. Este identificador puede ser el nombre del dominio de la red del P-CSCF.

La dirección/nombre del P-CSCF, proporcionado por la red visitada, es guardada por el S-CSCF. A esa dirección se enviará la subsecuente señalización de la sesión.

6. El S-CSCF envía el flujo Cx-Put/Cx-Pull (identidad pública de usuario, identidad privada de usuario, nombre S-CSCF) al HSS.

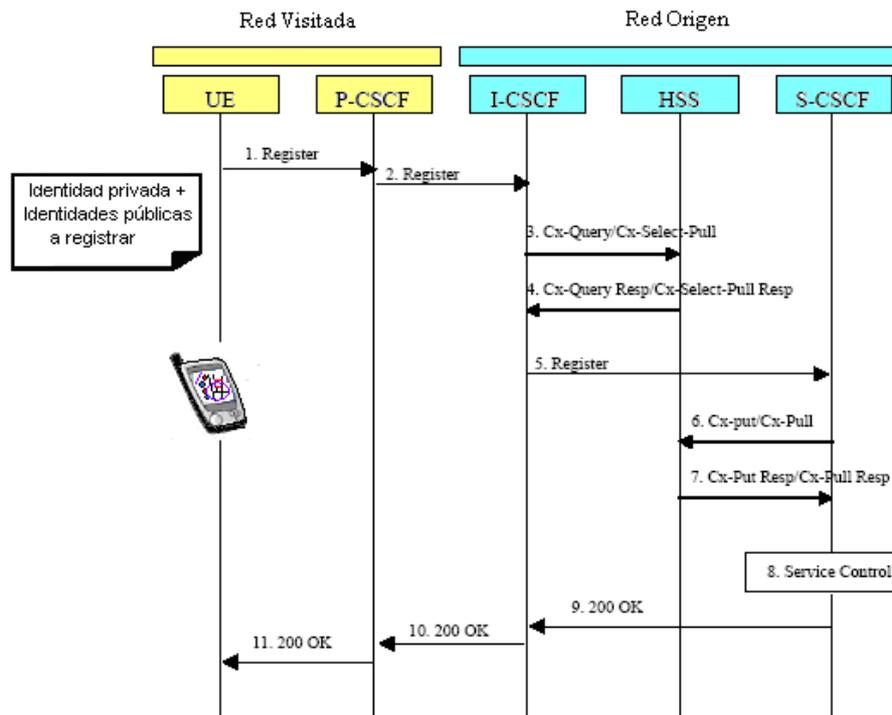


Fig. 2.8 Flujos de datos del proceso de registro (usuario no registrado) [29]

7-8. El HSS guarda el nombre del S-CSCF asignado a ese usuario y le envía el flujo de información Cx-Put Resp/Cx-Pull Resp (información del usuario que es guardada por ese nodo). Este flujo incluye información de uno o más nombres o direcciones para acceder a plataformas usadas para el control del servicio mientras el usuario está registrado en este S-CSCF.

9. El S-CSCF envía el mensaje 200 OK al I-CSCF. Si un I-CSCF fue elegido como el punto de contacto en la red local, éste encriptará la dirección del S-CSCF en el flujo de información enviado.

10. El I-CSCF enviará el flujo de información 200 OK al P-CSCF. Después de enviarlo, el I-CSCF liberará toda información del registro.

11. El P-CSCF guardará la información del contacto en la red local y luego enviará el flujo de información 200 OK al UE.

Una vez que el usuario ha sido registrado en el subsistema IMS, éste puede acceder a los servicios IP multimedia que ofrezca el operador a través de las distintas plataformas de servicios incluyendo servicios de voz.

Después de un registro exitoso, el P-CSCF almacena el nombre S-CSCF, éste último almacena a su vez el nombre del P-CSCF, esto es parte de la información relacionada al UE. De esta manera se determina la ruta de la sesión, a través de la cual se encaminará los subsiguientes requerimientos y componentes de la sesión.

2.7.1.2 Re- registro de un usuario

El UE realiza un re- registro periódico para refrescar el registro existente o en respuesta a un cambio en el estado de registro del UE. El re-registro sigue el mismo proceso detallado anteriormente para el registro del usuario (ver figura 2.9), con la particularidad de que lo realiza de acuerdo a un periodo de tiempo establecido en el registro anterior. De no hacerlo, cualquier sesión activa, puede ser desactivada.

El UE envía el requerimiento de registro al P-CSCF, éste, luego de examinar el flujo de información, lo envía al I-CSCF correspondiente en la red local. No se usa el punto de entrada guardado en registros anteriores.

- El I-CSCF envía el flujo de información Cx-Query al HSS (identidad pública de usuario, identidad privada de usuario e identificador de red del P-CSCF) al HSS. Éste, verificará si el usuario está ya registrado e indica que un S-CSCF está asignado. El Cx-Query Resp es enviado desde el HSS al I-CSCF.

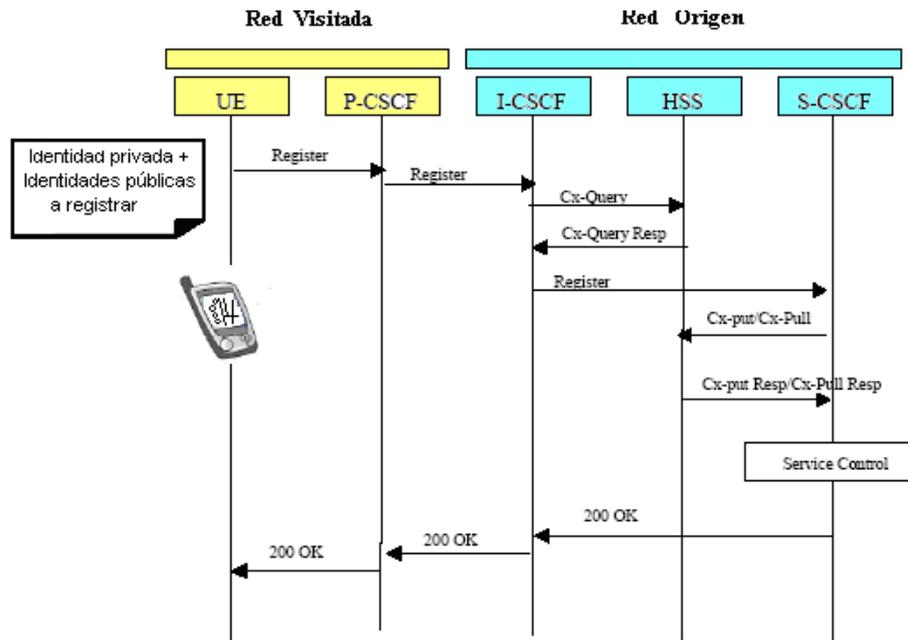


Fig 2.9 Flujos de datos para el procedimiento de re registro [29].

- Igual que en el proceso anterior, en base al nombre del S-CSCF enviado, se asigna uno, al cual se envía el flujo de información de registro. Se determina también el punto de contacto en la red local, que puede ser un I-CSCF (THIG) si se desea el ocultamiento de la configuración de red, este punto de contacto será usado por el P-CSCF para enviar la señalización de iniciación de sesión a la red local.
- El S-CSCF enviará Cx-Put/Cx-Pull al HSS, este paso puede ser omitido si el S-CSCF puede detectar de que se trata de un re- registro. El HSS guarda el nombre del S-CSCF para ese usuario y envía el flujo de información Cx-Put Resp/Cx-Pull-Resp (información del usuario) al S-CSCF que guardará a su vez la información del usuario indicado.
- El S-CSCF envía el flujo de información 200 OK al I-CSCF, el mismo que lo re envía al P-CSCF. A su vez el P-CSCF almacena la información del contacto en la red local y envía el asentimiento al UE.

Si el UE quiere de- registrarse (eliminar su registro), seguirá exactamente el mismo proceso que en el registro, pero en el flujo inicial de información de registro enviado al P-CSCF, incluye un valor de expiración de cero segundos.

2.7.2 ESTABLECIMIENTO DE LA SESIÓN

Pueden darse varios casos o combinaciones en cuanto a los puntos terminales en el establecimiento de la sesión.

Una sesión básica entre un usuario y un punto terminal PSTN involucra un S-CSCF para el UE, un BGCF para seleccionar la pasarela o *gateway* PSTN, y un MGCF para la PSTN. El flujo de sesión se descompone en tres partes: una parte origen, una intermedia S-CSCF/ MGCF y una terminal. La parte origen cubre todos los elementos de red entre el UE (o PSTN) y el S-CSCF para ese UE (o MGCF sirviendo al MGW). La parte terminal cubre todos los elementos de red entre el S-CSCF para el UE (o MGCF sirviendo al MGW) y el UE (o PSTN).

Cuando el registro se ha completado, el P-CSCF conoce ya el nombre/dirección del próximo salto en la ruta de señalización que puede tratarse de un S-CSCF o posiblemente de un I-CSCF (THIG), el mismo que se constituye en el punto de entrada de la red local.

En el siguiente caso, se detalla el proceso para un escenario en el que el punto que origina la sesión es un móvil realizando *roaming* y desea iniciar una sesión en una red destino cualquiera, que inclusive puede tratarse de un servidor de aplicaciones. Dicho proceso, se observa de manera general en la figura 2.10 dónde el móvil inicia una sesión multimedia con un requerimiento INVITE, además se observan los pasos de la negociación de reserva de recursos con el protocolo de descripción de sesión SDP. Los flujos de datos en detalle se muestran en la figura 2.11.

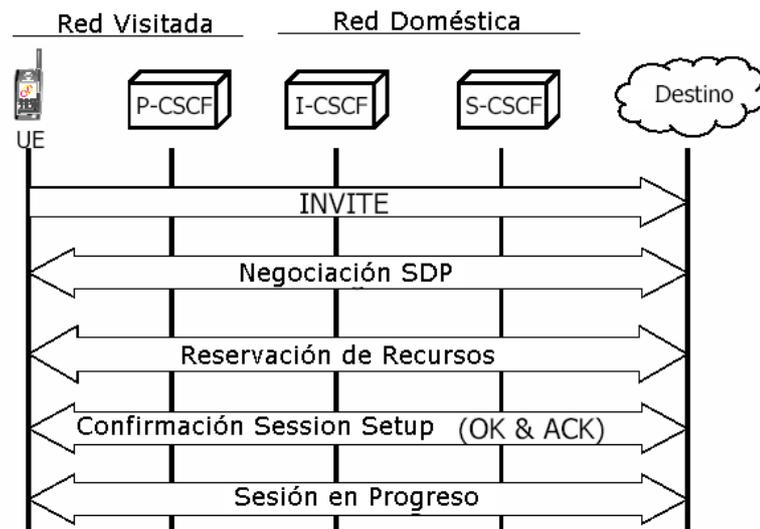


Fig. 2.10 Esquema general del proceso de inicio de sesión [31].

1. El UE envía un mensaje SIP INVITE (contiene un SDP que puede representar varios flujos media³³) al P-CSCF determinado.
2. Una ficha de autorización es generada por el PDF y almacenada en el P-CSCF. El próximo salto para el mensaje SIP INVITE, puede ser directamente al S-CSCF (2a) o a un I-CSCF (THIG), dependiendo de la política de ocultamiento de la configuración de la red local (2b y 2b1).
- 3 - 4. EL S-CSCF valida el perfil de servicio e invoca alguna lógica de servicio para ese usuario (incluye la autorización al SDP pedido, basándose en la suscripción del usuario para servicios multimedia) y se envía el requerimiento a la red de destino.
5. La información de las capacidades de media stream de la red destino, retornan en un mensaje Offer Response al S-CSCF a lo largo de la ruta de señalización.

³³ El mensaje SDP describe las capacidades de la sesión que pretende establecer. En ese mensaje SDP estarán incluidos los medios que quiere transmitir, la tasa binaria a la que se transmitirá cada medio, los protocolos utilizados para la transmisión de los medios, los *codecs* que se utilizarán, etc.

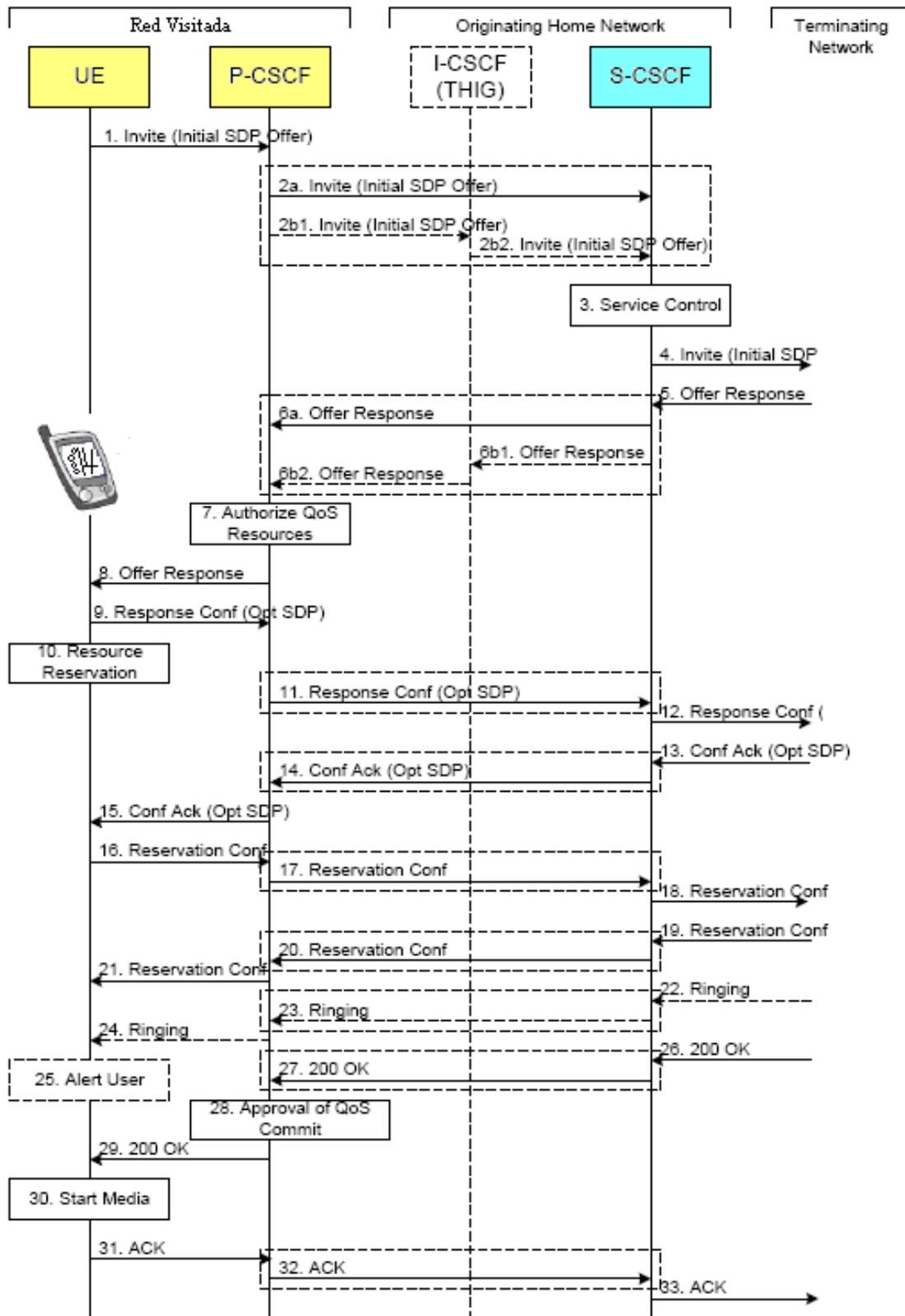


Fig. 2.11 Flujos de datos en el proceso de inicio de sesión [29].

6. El S-CSCF remite el mensaje al P-CSCF directamente o a través de I-CSCF (THIG).

7 - 8. El P-CSCF autoriza los recursos necesarios para la sesión, esta autorización se incluye en el mensaje Offer Response que se envía al UE de origen.

9. El UE decide el conjunto de media streams ofertado para esta sesión (que puede ser el mismo que inicialmente se ofertó o un nuevo conjunto), y confirma que se ha recibido el mensaje Offer Response a través de un Response Confirmation enviado al P-CSCF. Para cada intercambio de oferta/ respuesta, el P-CSCF(PDF) nuevamente repite la autorización realizada en el paso 7.

10. Luego de determinar los recursos necesarios para la sesión, el UE inicia el procedimiento de reservación para esos recursos.

11. El P-CSCF envía el *Response Confirmation* al S-CSCF, puede ser a través del I-CSCF (THIG).

12 - 15. El S-CSCF envía este mensaje al terminal destino, el mismo que le responde al de origen con un ACK conteniendo una respuesta SDP, si el SDP ha cambiado, el P-CSCF valida que los recursos se permitan utilizar.

16-18. Cuando la reservación de recursos está completa, el UE envía el mensaje satisfactorio *Resource Reservation* al terminal destino por la ruta de señalización establecida por el mensaje INVITE.

19-21. El terminal destino le confirma al de origen cuando ha ocurrido la reservación de recursos satisfactoriamente. El terminal destino puede generar una señal de aviso de llamada que es enviada al UE a través de la ruta de sesión.

25. El UE le indica al usuario que el destino está recibiendo un tono de llamada o sesión.

26- 27. Cuando la parte destino contesta, el terminal destino envía una respuesta final SIP 200-OK al S-CSCF, éste lo envía al P-CSCF.

28. El P-CSCF indica los recursos reservados para la sesión aprobados para usar.

29. El P-CSCF envía el mensaje 200-OK al UE.

30. Una vez recibido este mensaje, el UE empieza el flujo media para esta sesión.

31-33. El UE responde al 200-OK con un mensaje SIP ACK.

Durante el registro y el inicio de la sesión, se determina la ruta de la sesión mediante los mecanismos SIP involucrados.

La red destino bien pudiera tratarse de un servidor de aplicaciones que hospeda servicios multimedia atractivos a los usuarios, de una tercera red proveedora de servicios, o la red lejana de otro usuario con el cual quiera iniciar la sesión.

2.7.3 LIBERACIÓN DE LA SESIÓN

La liberación de la sesión ocurre en las siguientes situaciones:

- Una terminación normal de la sesión como resultado del pedido de un usuario terminal usando señalización de control de la sesión o la supresión de las portadoras de IP asociadas con una sesión.
- Como resultado de la intervención de operador de red.
- La pérdida de portadora de control de sesión o portadora IP para el transporte de la señalización IMS.

- La pérdida de una o más conexiones de radio usadas para transportar la señalización IMS.

El caso considerado, cuyos flujos de información se aprecian en la figura 2.12, empieza cuando un UE cuelga y genera un mensaje SIP BYE que es enviado al P-CSCF.

El UE inicia la liberación de la portadora IP-CAN. La IP-CAN responde al requerimiento de liberación de la portadora del UE.

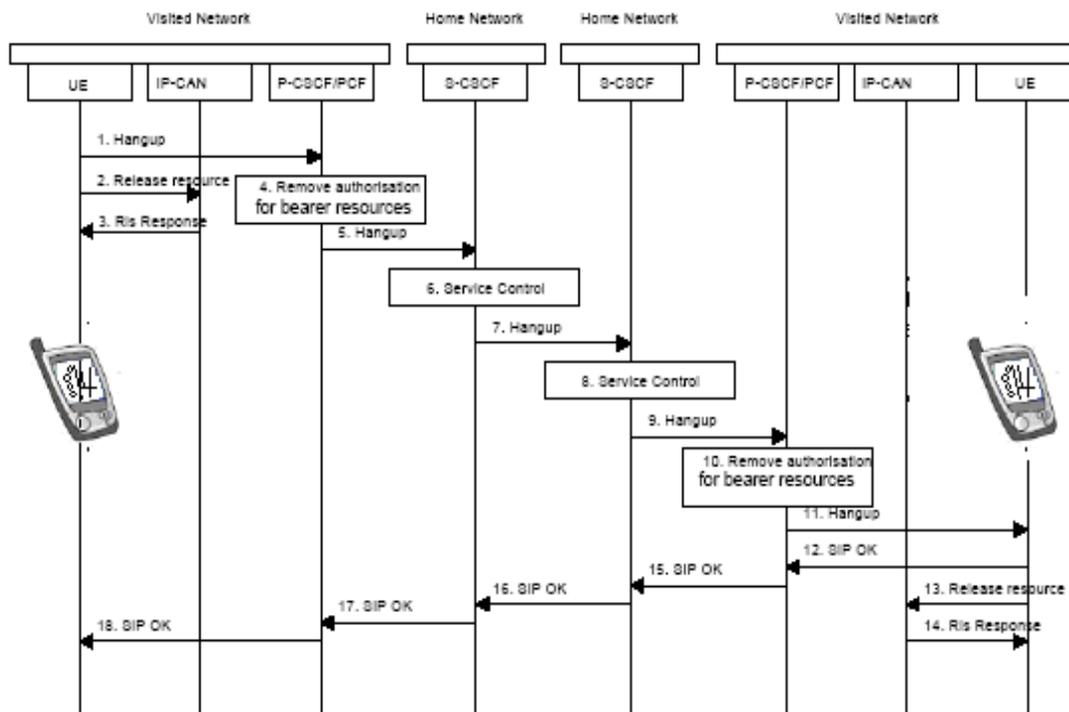


Fig. 2.12 Flujos de información en la liberación de la sesión [29].

El P-CSCF/PCF remueve la autorización para recursos que previamente se había relacionado a la sesión del terminal.

El P-CSCF envía el hangup al S-CSCF de la parte liberada. El cual invoca algún procedimiento de lógica de servicio para terminar apropiadamente esta sesión.

El S-CSCF de la parte liberada envía el hangup al S-CSCF de la otra parte; el que invoca un procedimiento de lógica de servicio para la liberación de la sesión.

El S-CSCF de la otra parte, envía el hangup al P-CSCF.

Se remueven las autorizaciones para recursos determinados previamente para la sesión. Este paso también le indica sobre la liberación a la IP-CAN para confirmar que las portadoras asociadas con el UE de la otra parte han sido borradas.

El P-CSCF envía el hangup al UE, el que le responde con un mensaje SIP OK (número 200).

A través de la misma ruta se hace llegar el mensaje OK al UE inicial.

2.7.4 INTERWORKING IMS CON LA RED CS

Cuando el S-CSCF analiza el método SIP INVITE y determina que el destino está en la red de conmutación de circuitos CS de la propia red o de otra, dirige el mensaje al BGCF. El BGCF decide dónde se produce la salida a la red CS (cuál es el MGCF al cual redirigir el mensaje).

El MGCF encamina el mensaje a la red CS a través del SGW y ambos hacen la conversión de protocolos necesaria entre SIP y SS7. También controla el MGW para el establecimiento de la sesión en el plano de usuario. Cuando los datos se transfieren, el MGW convierte la voz CS en un flujo RTP y viceversa. El proceso se observa en la figura 2.13.

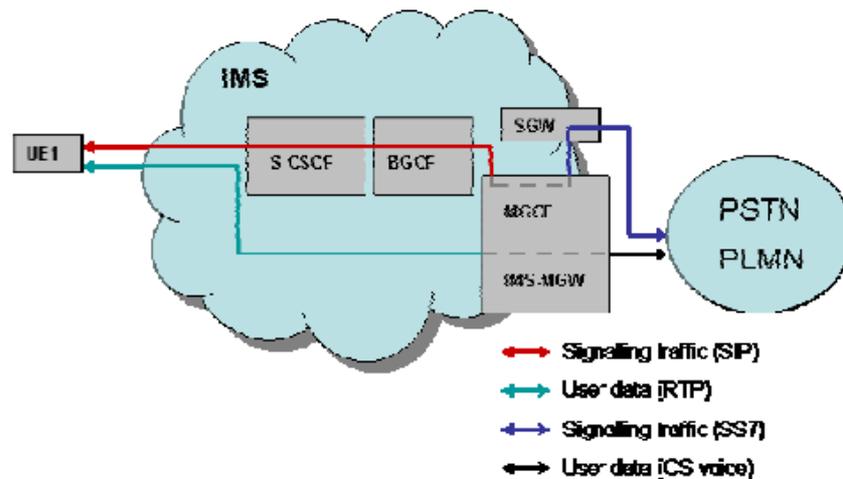


Fig. 2.13 Interworking IMS con redes CS [27].

2.8 EXPECTATIVAS IMS [24], [31]

2.8.1 NUEVOS SERVICIOS IMS

La oferta de servicios multimedia es un elemento esencial para aumentar las ganancias de los operadores y diferenciarse de los competidores.

El IMS no provee ni regulariza servicios o aplicaciones, la intención es que tales servicios y aplicaciones, sean desarrollados fácil, rápida y eficientemente por los operadores y terceras partes proveedoras. Esto se hará a través de dispositivos estándares, interfaces y elementos reutilizables dentro de la red central que permitirán la correcta y eficaz integración de los servicios. Los recursos de control de sesión, datos de usuario y transporte son comunes a diferentes aplicaciones, estos al ser implementados una vez, están disponibles a cualquier otro servicio autorizado para invocarlos de una manera simultánea, así, se evita tener habilitadores para cada servicio que involucraría arquitecturas complejas y difíciles de implementar rápidamente, lo que le da al operador y al proveedor de servicios la libertad para crear una oferta de servicios competitivos y diferenciales.

Existen aplicaciones ya disponibles por ejemplo en el mercado europeo y otras pueden aparecer en un futuro dependiendo del segmento comercial. A continuación se nombran algunas:

2.8.1.1 Presencia

La Presencia es un componente importante que permite la recepción de información actualizada y notificaciones relacionadas a la presencia y disponibilidad de un abonado, así como, los medios de comunicación que posee en ese momento. Esta información habilita la entrega de varios servicios ya que le permite a un usuario ver la información del destinatario antes de conectarse, por ejemplo su disponibilidad, localización geográfica, etc. También le permite al usuario ver posibles alternativas de comunicación basadas en el dispositivo y capacidades de la red, incluyendo la disponibilidad de capacidades de voz y video de un usuario particular que depende del lugar donde esté, qué dispositivo tiene y lo que está haciendo actualmente dentro de la red destino. Los estados que pueden ser conocidos a través de la Presencia, incluyen condiciones como “Disponible en la red”, “No Disponible en la red”, o “Disponible pero no perturbar” entre otros, los mismos que pueden ser configurados por el usuario u otorgados por otros elementos específicos de la red.

La información de Presencia es utilizada por varias aplicaciones, un ejemplo de cómo se emplearía puede verse en un simple escenario de conferencia de audio:

Jorge quiere iniciar una llamada de grupo con algunos de sus amigos para invitarlos a una reunión y festejar juntos su cumpleaños después del trabajo, pero él no está seguro si todos ellos están disponibles en ese momento para hablar. Él puede verificar su lista "Amigos" y ver si cada uno de ellos se reporta como “disponible” o “no disponible”. Con esta información, Jorge puede decidir si empezar la llamada o esperar hasta que todos terminen sus labores y estén disponibles para hablar a través de cualquier tipo de dispositivo o red.

2.8.1.2 Localización

Un habilitador de Localización proporciona información a entidades o aplicaciones de red, sobre la localización física de un usuario, según las normas de seguridad y privacidad otorgadas por la red. La información puede capturarse o estar disponible cuando la entidad lo demande o en intervalos específicos de tiempo.

Por ejemplo, una aplicación puede pedir notificaciones de alertas del habilitador de Localización cuando una distancia en particular se ha recorrido, o cuando un límite geográfico haya sido cruzado por el usuario. Los habilitadores realizan automáticamente chequeos periódicos de la localización del dispositivo.

Un escenario posible sería cuando una persona llega a una ciudad donde viva algún viejo amigo y como sucede comúnmente, la ciudad le resulta poco familiar y tiene dificultad en localizar la dirección que le ha dado previamente. Entonces llama a su amigo desde su dispositivo móvil y admite que está perdido y que necesita un poco de ayuda con las direcciones. Su amigo pregunta dónde está, para que él pueda darle indicaciones. Por supuesto, que él no está seguro de su ubicación precisa, pero la aplicación “Dónde estoy yo” es proporcionada en su teléfono por su operador de red. Su amigo también se ha suscrito a este servicio. Él invoca entonces esta aplicación en su microteléfono y la red determina su ubicación inmediatamente y pide a la aplicación enviar la información al dispositivo de la persona con quien está hablando, esto sin perder su conexión de voz; su amigo a través de un mapa desplegado en su microteléfono puede ahora darle las instrucciones necesarias para que llegue a su casa.

2.8.1.3 Servicio Push-To-Talk

Push-to-talk es un servicio de voz sobre IP en modo *half-duplex*, similar al modo *walkie-talkie*, para redes móviles. Incluye de forma inherente el concepto de presencia y gestión de grupos y ha despertado gran interés en los operadores, especialmente tras el éxito en Estados Unidos.

Este servicio permite que un grupo definido de usuarios tengan una conexión constante e inmediata para hablar con otros simplemente pulsando un botón en el dispositivo móvil. Cuando uno de los usuarios desea transmitir, sostiene la comunicación presionando un botón mientras habla, luego suelta el botón y espera la respuesta. Este servicio es capaz de usar los recursos de acceso de forma más eficiente que un servicio por conmutación de circuitos, ya que los recursos de red se reservan solamente durante los periodos en que se produce la conversación en vez de hacerlo durante toda la sesión.

2.8.1.4 Servicio “Botón Rojo” y Teleasistencia

En caso de emergencia se avisa a un contacto cualquiera de una lista definida previamente por el usuario. La llamada se realiza utilizando los habilitadores de presencia y localización para determinar el contacto de la lista definida que se encuentre más próximo.

Se puede también brindar un servicio de asistencia remota para personas mayores que viven solas o para personas con discapacidad o algún grado de dependencia, de manera similar se utilizan habilitadores de localización, seguimiento y presencia para monitorizar la cobertura asistencial.

2.8.1.5 IMR (Intelligent Mobile Redirect) o Teléfono Único

La idea de este servicio es que el usuario a través de un único teléfono dual acceda a un servicio, permitiéndole moverse libremente entre la red fija de banda ancha y la red móvil manteniendo el mismo número, de esta manera se reciben y hacen llamadas a fijos y móviles evitando tener múltiples equipos de contacto, varios buzones de voz y varias agendas. Además, al ser un servicio convergente, de forma automática el terminal se engancha a la mejor conexión fija o móvil a través de sus correspondientes modos de acceso. La solución presentada provee ventajas que garantizan que el usuario final siempre esté óptimamente conectado, éstas son:

- Reducido costo, a través del empleo de la red óptima (o la más barata) para las llamadas entrantes y salientes;
- Mejora en la calidad de voz, ya que puede proporcionarse calidad de voz similar a la del entorno fijo, lo que significaría una mejora importante en sitios donde la cobertura móvil es parcial (dentro de edificios, áreas rurales, etc.);
- Un número de contacto único sin necesidad de gestionar números fijos, móviles y de oficina que pueden ser complicados de manejar;
- Una libreta de direcciones, correo de voz y factura únicas.

2.8.1.6 Servicio “Envío Inteligente de Mensajes”

Uno de los habilitadores claves en la creación de nuevos servicios es la presencia, ésta permite que el usuario compruebe la disponibilidad de su interlocutor y que elija la mejor manera de ponerse en contacto con él.

Un ejemplo de servicio que utiliza la información de presencia es el de envío Inteligente de Mensajes. Cuando un mensaje urgente es enviado a un usuario, antes de entregarlo se chequea la presencia del usuario al que se ha enviado el mensaje y sus preferencias a la hora de recibirlo. El mensaje será enviado al primer terminal de su lista de preferencias en el que se encuentre presente.

2.8.2 FUTUROS DESARROLLOS

El propósito a mediano plazo, es habilitar IMS para ser una plataforma universal basada en sesión SIP que soporte varios modos de accesos fijos y móviles para llevar a cabo la convergencia de redes fijas y móviles.

3GPP, ETSI e ITU-T fundamentan su estudio de la viabilidad de convergencia de redes fijas y móviles, basados enteramente en la arquitectura

IMS. También la investigación de varias otras organizaciones internacionales puestas en marcha para la convergencia fijo-móvil está basada en IMS.

Actualmente en 3GPP, IMS soporta los modos de acceso móviles 2G y 3G en lugar del modo de acceso fijo. El primer paso hacia la convergencia, ha sido que 3GPP haya establecido el protocolo y la arquitectura de red para el *interworking* con la red convencional de conmutación de circuitos (PSTN), la red de circuitos PLMN y otros sistemas IP multimedia externos. Pero el punto de interés en 3GPP, es el estudio en el acceso de red fija NGN a IMS contemplado en la versión 7 de sus normas.

Por ello, ETSI TISPAN y 3GPP trabajan en una relación íntima, en la investigación de los aspectos relacionados a NGN e IMS. El núcleo de red NGN de ETSI/TISPAN basado en SIP adopta la plataforma IMS definida por 3GPP. Para ello se han requerido ciertas mejoras en cuanto a la arquitectura mencionada, de manera tal que, IMS deberá soportar modos de acceso incluyendo xDSL, WLAN, LAN y tecnologías nuevas o emergentes.

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3: ESTÁNDAR IMS TISPAN/ETSI

3.1 REDES DE NUEVA GENERACIÓN [20], [21], [26], [58]

3.1.1 ANTECEDENTES

El constante aumento del ancho de banda principalmente en el acceso fijo y la implementación del protocolo IP, han sido factores decisivos que han impulsado una creciente oportunidad para los operadores de red y proveedores de servicio, sin embargo, estos mismos avances han expuesto los escenarios posibles a los que se enfrentan dichos operadores, éstos son:

La amenaza creciente de la **sustitución** de los servicios fijos por los móviles y los de los pequeños operadores que utilizan tecnologías de voz sobre IP (Skype por ejemplo), éstos últimos, incluso no han tenido que cumplir con las obligaciones universales del servicio (llamadas de emergencia, interceptación legal, calidad de servicio, etc.) y pueden generar un tráfico importante sin una inversión significativa en infraestructuras; así VoIP se convierte en un desafío para los operadores de red de telefonía que aún ofrecen servicios de voz tradicional.

La **renovación** de la red, reto que impulsa la misma tendencia tecnológica, que apunta a que las redes de conmutación de circuitos y de paquetes, de forma gradual se integren o converjan en una infraestructura de red basada en el protocolo IP, para la prestación de todos los servicios, incluidos el de la voz, de tal manera que se abandone el modelo vertical y se integren en uno horizontal que proporcione una independencia entre redes y servicios. De esta manera, tecnologías que operaban aisladamente, se pueden integrar, desde el punto de vista técnico, para proveer servicios a través de una plataforma IP única. Dicha tendencia se muestra en la figura 3.1.

Los operadores tradicionales de telefonía fija se enfrentan entonces a una decisión fundamental: “sustitución o renovación”.

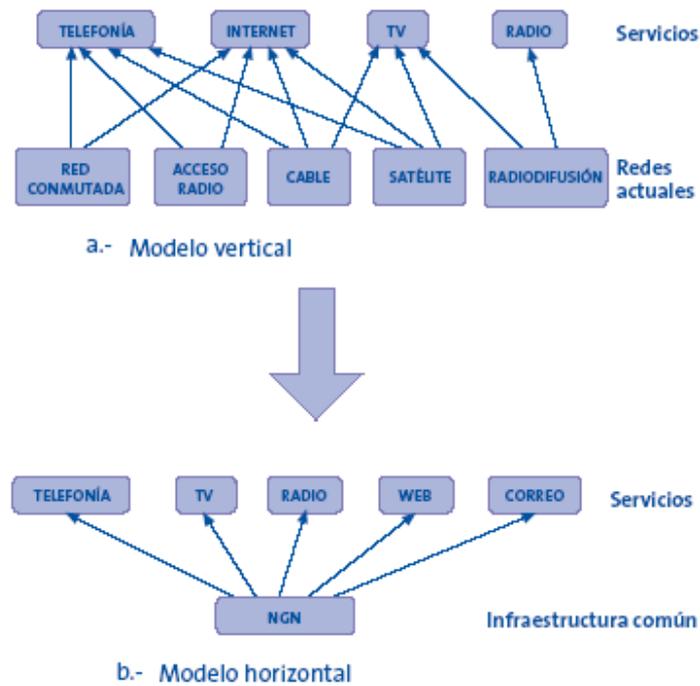


Fig. 3.1 Modelos de provisión de servicios [20]

Por supuesto, los operadores optarán por la renovación de sus redes. La consecución de la nueva infraestructura de red es fuertemente impulsada por los operadores de telefonía, operadores integrados y actores interesados en el entorno fijo y, transportará conjuntamente el tráfico telefónico y el de las aplicaciones de Internet sobre una única red basada en paquetes. Como la prestación de los servicios no se resuelve solamente en la red de transporte con el envío de flujos de información, también se ha de tener en cuenta los procesos referentes a la señalización relacionada a esos servicios a través de una estructura a nivel de control, robusta y confiable.

Se ha denominado Red de Próxima Generación o NGN (*Next Generation Network*), a la red que sirve como soporte para este nuevo escenario convergente de redes y servicios en telecomunicaciones, que se perfila como una evolución tecnológica progresiva de amplio desarrollo, orientada a reemplazar a la red PSTN para servicios de voz y multimedia, que tendrá posiblemente nuevas etapas a partir de los próximos años. Previsiblemente la integración de redes más notoria, sea entre las inalámbricas, las de cables y las de servicios VoIP.

3.1.2 MODELO NGN

El término NGN, es definido de diversas maneras por varios organismos, pero quizás la definición a la que se hace más referencia es la del SG13 UIT-T³⁴, el mismo que en Enero de 2005 publicó las Recomendaciones Y.2001 (*General Overview of NGN*) e Y.2011 (*General Principles and General Reference Model for NGN*). La primera de ellas define las NGN en base a las características más notables que las diferencian de las redes tradicionales, principalmente en que se tratan de redes basadas en paquetes, a las que se puede acceder independientemente de las tecnologías subyacentes de transporte de banda ancha, garantizando QoS en la prestación de servicios de telecomunicación a los usuarios (ver figura 3.2).

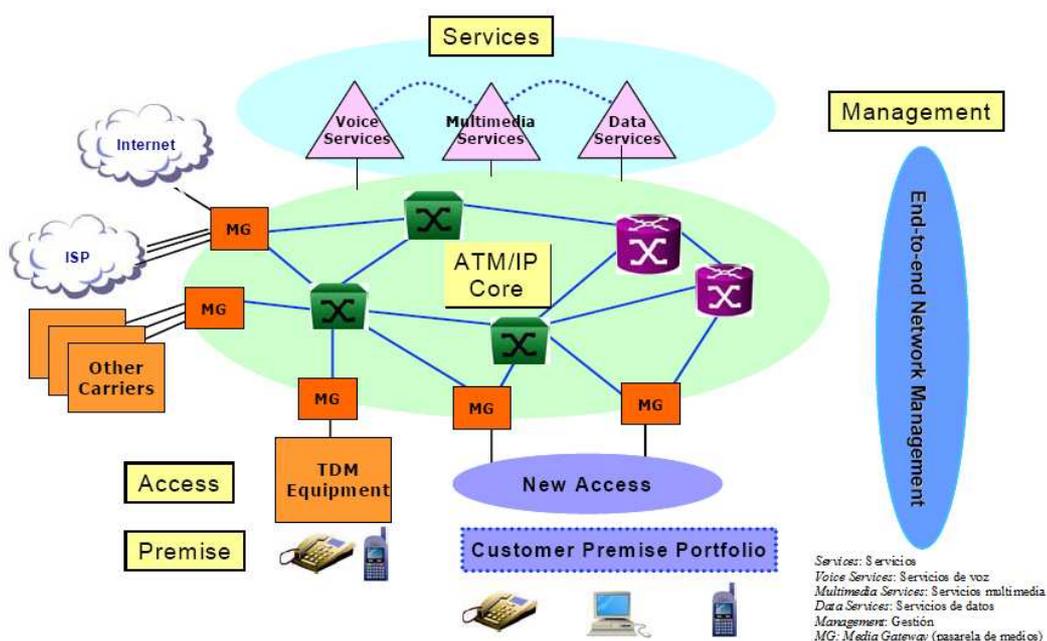


Fig. 3.2 Arquitectura convergente de voz y datos de red de próxima generación [26].

En la misma recomendación se contemplan las características fundamentales que deberá tener la NGN, algunas de éstas son:

³⁴ SG 13 se encarga de los estudios relativos a la arquitectura, la evolución y la convergencia de las redes de próxima generación.

- Transferencia basada en paquetes.
- Funciones de control distribuidas y separadas de las capacidades del portador, sesión, y aplicación.
- Provisión de interfaces abiertas.
- Soporte de una amplia gama de servicios, aplicaciones y mecanismos basados en construcción de servicios por bloques.
- Capacidades de banda ancha con calidad de servicio (QoS) extremo a extremo.
- Interfuncionamiento con redes legadas a través de interfaces abiertas.
- Movilidad generalizada.
- Acceso no restringido a usuarios de distintos proveedores de servicios.
- Diversos esquemas de identificación que pueden usar direcciones IP para enrutamiento en redes IP.
- Convergencia entre servicios fijos y móviles.
- Independencia de las funciones relativas al servicio con respecto a las tecnologías subyacentes de transporte.
- Soporte de las múltiples tecnologías de última milla.
- Cumplimiento de requisitos de regulación, por ejemplo en cuanto a comunicaciones de emergencia, privacidad, interceptación legal, etc.

La arquitectura e implementación de la NGN involucra entonces, interfaces y protocolos abiertos que se basan en normas, de tal manera que se asegura la interoperabilidad de las redes de distintos proveedores y facilita acelerar el ritmo innovador de los servicios, sin olvidar que tan importante es permitir nuevos servicios, como lo es el preservar los servicios provenientes de las redes legadas, garantizando la convivencia de servicios durante la etapa de transición hacia infraestructuras basadas totalmente en IP.

El modelo de las redes de nueva generación, en forma general, contempla una arquitectura descentralizada y separada funcionalmente en dos planos: el de transporte y el de servicios, de cuyo interfuncionamiento se encarga una tercera capa de control como se muestra en la figura 3.3, que además tiene la tarea de interpretar la señalización de la capa de transporte, que permite cumplir las tareas pertinentes para la provisión de los servicios.

La capa de control también debe ocuparse de la traducción entre los diferentes protocolos de señalización provenientes de distintas redes, ya que se prevé un periodo de tiempo en el que todavía convivan las redes de paquetes con las redes legadas de circuitos ya que el proceso de evolución no va a ocurrir inmediatamente; se pretende de esta manera, asegurar que los usuarios conectados a redes basadas en IP puedan comunicarse con usuarios en redes tradicionales tales como: PSTN, ISDN y GSM.

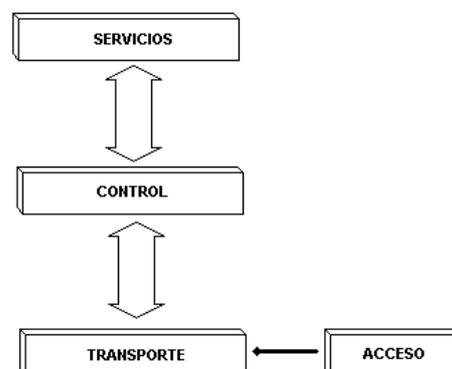


Fig. 3.3 Estructura de capas del modelo NGN [55].

3.1.3 RELACIÓN DE LA ARQUITECTURA IMS CON NGN

Actualmente, las normas de ITU referentes a NGN se pueden encontrar en centenares de borradores, especificaciones, propuestas o estándares de ETSI, TISPAN, ATIS, IETF o 3GPP.

ETSI y su comité técnico llamado TISPAN, tratado posteriormente, trabajan conjuntamente con 3GPP dentro del proyecto NGN, a través de endosos a las especificaciones, para extender las características de la arquitectura de la Versión 6 IMS 3GPP dentro de la Versión 1 NGN TISPAN, presentada a comienzos del 2006, donde IMS es reutilizada como infraestructura de control, para permitir la conexión de la banda ancha fija a la NGN, el interfuncionamiento con las redes PSTN/ISDN y la emulación y simulación de sus servicios suplementarios. De esta manera, IMS se convierte en una plataforma para entregar servicios basados en IP con VoIP como aplicación inicial o también IPTV, según los propios requisitos de los operadores fijos en una estrecha colaboración con 3GPP, que acoge este trabajo a través de sus grupos especializados (ej. SA2, CN1), para adjuntarlo en la Versión 7 (actualmente en desarrollo) y versiones posteriores. TISPAN está trabajando ahora en la Versión 2 y 3, enfocadas en soporte a nuevos tipos de acceso, a la movilidad mejorada, a nuevos servicios, a la entrega de contenido con mayor seguridad y a la mejor gestión de la red. Este trabajo conjunto, por supuesto previene una posible fragmentación de normas IMS³⁵.

De esta manera, la reutilización de la arquitectura IMS dentro del núcleo de las NGN, se convierte en una herramienta que aporta enormes ventajas a la renovación de la red; esta arquitectura brinda una plataforma que permite evolucionar las características de los servicios tradicionales, paralelamente ayuda a simplificar los mecanismos de gestión y control de todos los servicios desarrollados en base al Protocolo Internet, incluyendo por supuesto, al servicio conversacional y a los de tiempo real.

³⁵ Cabe señalar que TISPAN sólo provee estándares a nivel regional, por lo tanto la UIT-T es la encargada de proveer estos estándares de forma global.

3.2 CUERPO DE ESTANDARIZACIÓN TISPAN/ETSI [28], [40]

El ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) es un cuerpo de estandarización oficialmente responsable, a nivel europeo, de la estandarización relacionada a las tecnologías de la información y las comunicaciones; contempla además desde el 2001, las cuestiones referentes a la normalización de las NGN; sus miembros son fabricantes, operadores y administraciones de todo el mundo.

Una rama de estandarización de ETSI es TISPAN (Telecommunication and Internet Converged Services and Protocols for Advanced Networking).

3.2.1 COMPETENCIAS CENTRALES DE TISPAN

El comité técnico TISPAN está dedicado a la estandarización de redes y servicios para todas las redes troncales y de acceso, cableadas, nuevas y existentes³⁶, en particular en lo que se refiere a la evolución de redes basadas en conmutación de circuitos a redes de conmutación de paquetes.

Tiene a cargo los aspectos relacionados a la estandarización de redes convergentes, enfocando el trabajo en el desarrollo de las NGNs, abarcando aspectos de servicio, arquitectura, protocolos, QoS, seguridad y movilidad.

TISPAN se enfoca en la entrega del mismo nivel de calidad de servicio en la prestación de los nuevos servicios IP a través de la red NGN que el que se recibe en la red de telefonía pública conmutada RTPC de hoy.

En conclusión, el propósito de TISPAN es el desarrollo de especificaciones dentro del marco de la NGN que permitan contar con las capacidades necesarias para ofrecer además de los servicios convencionales, como el servicio telefónico básico y el acceso básico ISDN, la interconexión con otros operadores así como nuevos servicios multimedia.

36 En la versión 3 de los estándares IMS TISPAN, se incluye soporte a accesos inalámbricos.

3.2.2 ESTRUCTURA DE TISPAN

TISPAN, está organizado como un solo comité técnico, integrado a su vez por Grupos de Trabajo (WG, *Working Groups*), como puede observarse en la figura 3.4, para entregar especificaciones de respaldo (cada tres meses) a las reuniones Plenarias de TISPAN.

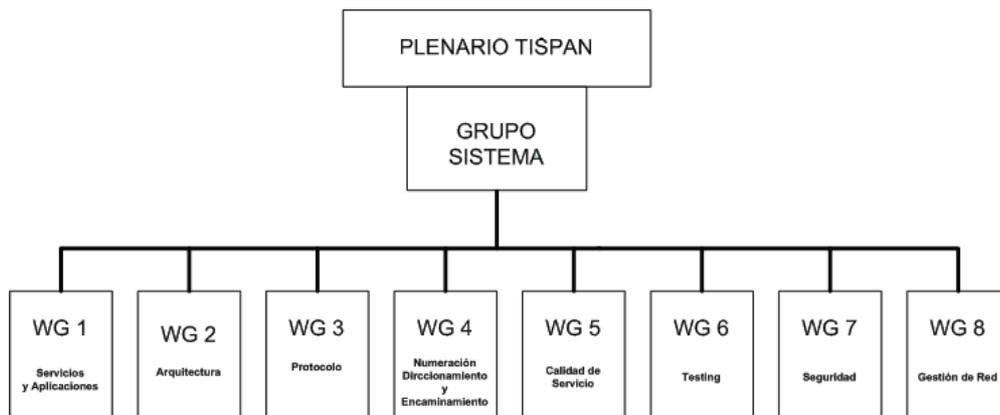


Fig. 3.4 Grupos de trabajo TISPAN ETSI [28].

Cada grupo de trabajo tiene claramente definidas sus tareas específicas, sus competencias técnicas y cuentan con un programa de actividades para cumplir sus objetivos. Dichos grupos de trabajo son:

3.2.2.1 WG1 (Servicios y Aplicaciones)

Se encarga de dirigir estudios relacionados con los servicios y aplicaciones de nueva generación. Además coordina y prepara la descripción de todos los servicios para redes de próxima generación (servicios de tiempo real, video, datos, multimedia, comunicación de grupos, etc.), la identificación de los requerimientos funcionales NGN para soportar la operación del servicio. También se encarga de coordinar y describir el interfuncionamiento de los servicios con otras redes fijas y móviles teniendo en cuenta los requisitos para la provisión transparente de servicios.

Otro de los espacios a los que está dedicado WG1, es a la relación del trabajo desarrollado por TISPAN con el de otras ramas de ETSI y cuerpos externos.

3.2.2.2 WG2 (Arquitectura)

Este grupo de trabajo, se responsabiliza por la definición de una arquitectura funcional y universal NGN basada en los requisitos del mercado, considerando las nuevas tecnologías disponibles y tomando en cuenta la comunicación con arquitecturas de redes emergentes y redes legadas (IN, ISDN/PSTN) en los niveles de transporte, control y servicio. Se encarga entonces del estudio de las funciones de los puntos de referencia o interfaces que existan entre ellas.

Además, estudia la introducción y evolución de estrategias para proveer de inteligencia a las redes que incluyen parámetros de tarificación y nuevas técnicas de encaminamiento para servicios e interfuncionamiento de red.

3.2.2.3 WG3 (Protocolo)

Grupo encargado de definir todos aquellos aspectos relacionados con los protocolos: definición, requisitos, mapeo, perfiles, extensiones, análisis de protocolos desarrollados por otras ramas o cuerpos de estandarización y especificaciones para el interfuncionamiento con otros dominios.

Sus actividades se enfocan en la adaptación y estandarización de protocolos de control de sesión extremo a extremo (incluyen protocolos como SIP, BICC, PSTN/ISDN, etc.). Así también a la adaptación y estandarización de protocolos para el control de recursos y control de portadora para redes.

Además, monitorea la evolución de las redes ISDN/PSTN para interoperabilidad de servicios para redes fijas y móviles.

3.2.2.4 WG4 (Numeración, Direccionamiento y Encaminamiento)

Representante de ETSI en la ENF (*European Numbering Forum*) y en el ETNS (*European Telephony Numbering Space*). Colabora con ERO (*European Radio Office*) en temas de numeración y direccionamiento a nivel europeo. Grupo centrado en los estudios relacionados con numeración, etiquetamiento, direccionamiento y encaminamiento.

Coordina las distintas áreas de trabajo para dar soporte a otros cuerpos de ETSI. Se encarga de la traducción de etiquetas y direcciones.

3.2.2.5 WG5 (Calidad de Servicio)

Analiza los posibles impactos en la red del cliente³⁷, derivados de los requisitos de alto nivel del sistema para soportar los servicios TISPAN. Para definir dichos requisitos, ha de tener en cuenta la arquitectura, protocolos e interfaces ya definidos por los otros grupos.

Se encarga además de definir conjuntos de requisitos, relativo a los recursos y a la red del cliente. Si se prevén modificaciones basadas en la evolución de las necesidades del usuario o de los escenarios de uso, el WG5 debe remitir los requisitos específicos a los otros grupos.

3.2.2.6 WG6 (Testing)

Grupo encargado del mantenimiento y la coordinación del desarrollo de herramientas de test para la telefonía de nueva generación. Debe mantener especificaciones existentes para el test, así como definir nuevas en caso de ser necesarias.

³⁷ La red del usuario comprende la pasarela del usuario, equipo terminal del usuario, segmentos de red físicos o conexiones inalámbricas entre los elementos de red del usuario, adaptadores de red y nodos.

3.2.2.7 WG7 (Seguridad)

Es responsable de aspectos relacionados con la seguridad, por ello, dirige estudios sobre gestión y coordinación del desarrollo de especificaciones de seguridad para las comunicaciones de telefonía y multimedia de próxima generación.

Entre sus competencias están también, la investigación de servicios y mecanismos de seguridad requeridos para la provisión de servicios sobre Internet, el análisis de seguridad de protocolos y elementos de red candidatos a ser utilizados en la NGN, y rastrear a nivel mundial el progreso de las actividades de seguridad de interés para TISPAN.

3.2.2.8 WG8 (Gestión de Red)

TISPAN WG8 es el responsable de dirigir los estudios dedicados a la gestión de red NGN. Define un conjunto completo de normas de gestión, colabora y coordina con otros grupos de TISPAN, respecto al desarrollo de especificaciones que puedan impactar en la gestión de NGNs.

Para cubrir su responsabilidad, WG8, estudia, determina y documenta los objetivos y prioridades para la gestión NGN tomando en cuenta las necesidades y aspiraciones de usuarios, operadores, reguladores y fabricantes. Definirá entonces, una arquitectura de gestión para NGN que satisficará los requerimientos de gestión y se alineará simultáneamente con la arquitectura del sistema NGN.

3.3 NGN TISPAN [42], [46], [47], [48]

La red NGN/TISPAN, está basada en IP como tecnología de transporte de red y en IMS como plataforma de señalización para soportar aplicaciones multimedia.

TISPAN ha producido varias versiones referentes a NGN, la Versión 1 en especial, es muy importante, pues proporciona la plataforma extensible y la arquitectura de las redes de nueva generación, enfocadas en viabilizar dos objetivos muy significativos que son:

- Habilitar la entrega de los servicios actuales y futuros, soportados por la plataforma IMS 3GPP a través de la banda ancha fija.
- Habilitar el reemplazo total o parcial de la PSTN/ISDN.

La Versión 1 dentro de su desarrollo, incluye aspectos como: terminología, requerimientos, arquitectura general, adecuaciones de interfaces 3GPP relevantes para que se ajusten a los requerimientos de las redes fijas, QoS, seguridad, emulación PSTN, control de congestión, etc.

La Versión 2, optimiza el uso de los recursos en el acceso y la Versión 3 (en desarrollo) se enfoca en la movilidad generalizada.

3.3.1 CAPACIDADES GENERALES DE NGN/TISPAN

3.3.1.1 Numeración y direccionamiento

NGN debe proporcionar la capacidad para identificar de manera inequívoca, a cada usuario que proporcione información de identidad al establecer una sesión. Esta información contendrá por lo menos una identidad pública que se verifica.

Los esquemas de numeración y direccionamiento de la redes de telefonía e Internet son soportadas como identidades públicas, es decir, el establecimiento de la sesión multimedia IP, dependiendo del origen, puede estar basado en E.164/tel URI o SIP URI y será posible asignar varias identidades públicas por suscripción.

El operador de la red garantizará la autenticidad de una identidad pública presentada para una sesión entrante a un usuario, donde la comunicación cursa totalmente a través de una red confiable.

3.3.1.2 Seguridad

Los mecanismos de seguridad tienen el objetivo de garantizar aspectos relacionados a la integridad, confidencialidad y protección frente a ataques de denegación de servicio.

La habilidad de garantizar comunicaciones seguras, bloquear tráfico no deseado o el acceso a un equipo terminal, es beneficiosa para todos tipos de capacidades básicas de servicio, por ello, la red, provee servicios, incluyendo conectividad, sólo a usuarios autorizados para usar los recursos de la NGN.

La arquitectura de seguridad NGN se ha dividido en bloques, que describen interfaces, funciones y protocolos de seguridad. Estos bloques en los que se basa la arquitectura de seguridad son:

- Dominios de seguridad NGN.
- Servicios de seguridad que cubren: autenticación, autorización, aplicación de políticas, confidencialidad e integridad.
- Protocolos de seguridad.
- Pasarela residencial IMS para asegurar el acceso de UEs legados.
- Mecanismos de seguridad específicos en el subsistema de enlace de red.

El IMS también brinda un nivel de seguridad que involucra a los elementos P-CSCF, S-CSCF, I-CSCF y la base de datos central UPSF (*User Profile Server*

Function), los mismos que brindan procedimientos de seguridad, autenticando y autorizando al UE, que hace uso de la red troncal.

3.3.1.3 Calidad de Servicio (QoS)

NGN TISPAN utiliza mecanismos de monitoreo de recursos y reportes, que le permiten conocer el estado exacto y actual de recursos disponibles en los segmentos de transporte que están dentro de su control y que serán utilizados para remitir los flujos de medios a través de éstos, proporcionándoles calidad de servicio (QoS) sobre el nivel de transporte.

En el ámbito de la primera versión NGN TISPAN se han considerado dos mecanismos para el control dinámico de QoS, conocidos como:

QoS Garantizado, para la entrega de servicios con límites absolutos en varios o todos los parámetros (jitter, latencia, pérdida, etc.); se caracteriza por la reserva previa de los recursos antes de proporcionar el servicio. El RACS (*Resource and Admisión Control Subsystem*) se encarga del control de admisión en la red de acceso adaptando el tráfico a la reserva efectuada.

QoS Relativo implica una diferenciación de tráfico (*DiffServ*) mediante diferentes colas para cada tipo de clase de tráfico, que se puede observar en la tabla 3.1, estableciendo una priorización de estas colas en la red de acceso. RACS no considera otros modelos como *best effort* o reservas estáticas.

La arquitectura soporta ambos modelos (garantizado y relativo) facilitando al proveedor de servicio la selección del modelo más adecuado según sus necesidades en cada caso.

El control de QoS en el ámbito de la NGN abarca solamente a la red de acceso y los puntos de interconexión con la red troncal (A-BGF Y C-BGF), o entre redes troncales (I-BGF) y se asume que la QoS se provee en el núcleo de la red mediante otros mecanismos (por ejemplo, mediante sobre dimensionamiento).

Ejemplos de servicios IMS	Clases de QoS IMS	Características
Voz sobre IP (VoIP)	Conversacional Tiempo real	Sensitivo a retardos, tolerancia limitada a pérdida de paquetes.
Video streaming	Streaming Tiempo real	Tolerancia a retardos, sensitivo a la variación de retardos, tolerancia muy limitada a pérdida de paquetes.
Web browsing	Interactivo Mejor esfuerzo	Sensitivo a retardos, sensitivo a variación de retardos, algo sensitivo a pérdidas.
Mensajería instantánea (IM), Chat (mensajería basada en sesión)	Background Mejor esfuerzo	No sensitivo a retardos, no sensitivo a variación de retardos, tolerante a pérdidas de paquetes.

Tabla 3.1. Clases de QoS en IMS [30].

3.3.1.4 Administración de la Red

La NGN soporta el monitoreo y control de los componentes de servicios y transporte NGN transfiriendo información de administración a través de interfaces entre los componentes NGN y sistemas de administración o personal de servicio del operador de red, para lo cual provee entre otras cosas:

- La habilidad de administrar los componentes físicos y lógicos del sistema NGN, que incluye: los recursos en la red troncal, redes de acceso, componentes de interconexión y los equipos terminales en la red del cliente.
- La capacidad de administración de quienes ofertan servicios NGN al usuario final, dándoles la posibilidad de crear y personalizar servicios basados en las capacidades definidas de servicio.
- La seguridad de la información de administración, incluyendo la información del usuario final.

- La disponibilidad de los servicios de administración en cualquier lugar, en cualquier tiempo, a cualquier organización o individuo autorizado (por ejemplo, el acceso a archivos de facturación estará disponible 24/7).

3.3.1.5 Identificación y Autenticación

En la arquitectura NGN se dispone de dos niveles de identificación y autenticación (ver figura 3.5), uno a nivel de transporte (entre el UE y el Subsistema de Enlace de Red NASS³⁸) y el otro a nivel de servicio (entre el UE y los subsistemas de control de servicio NGN y aplicaciones).

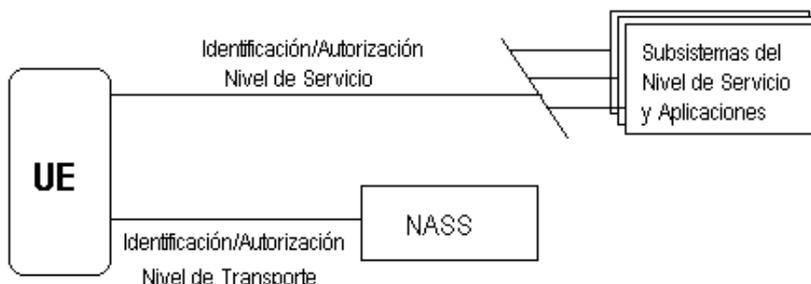


Fig. 3.5 Niveles de autenticación NGN [41]

A nivel de transporte, se realiza la autenticación basada en la identidad implícita o explícita del usuario y credenciales de autenticación guardadas en el NASS.

La autenticación del usuario a nivel de servicio, es realizada entre el UE y los subsistemas de servicio o aplicaciones NGN y está basada en la identidad del usuario. Un ejemplo de este tipo de autenticación, es la autenticación del usuario realizada por el IMS.

38 El subsistema NASS, *Network Attachment Sub-System*, será tratado en la sección 3.3.3.1

3.3.2 ARQUITECTURA FUNCIONAL NGN TISPAN [41], [43], [44]

El objetivo de TISPAN es desarrollar especificaciones de tal manera que una red de nueva generación disponga de las capacidades necesarias para desplegar un amplio abanico de servicios multimedia. Dentro de las capacidades de este tipo de redes, está la de seguir ofreciendo los servicios básicos convencionales, tal como el servicio telefónico básico y el acceso básico ISDN, la interconexión con otros operadores, así como nuevos servicios multimedia.

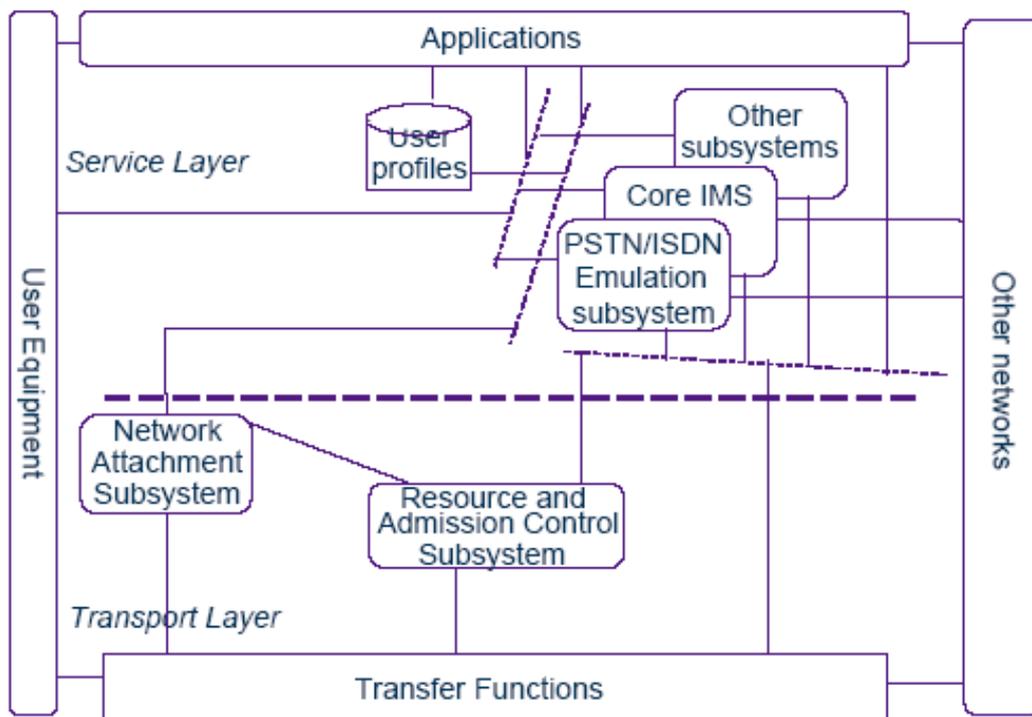


Fig. 3.6 Arquitectura funcional NGN TISPAN Versión 1 [41]

En este sentido, la arquitectura funcional de TISPAN NGN descrita en la Versión 1, incluye soporte a todo tipo de servicios y no sólo a los de multimedia, esto puede apreciarse en la figura 3.6. Dicha arquitectura comprende seis subsistemas³⁹ dentro de dos planos o niveles principales: Transporte y Servicio, que están basados en IP y separados funcionalmente, de tal manera que permite

³⁹ Dichos subsistemas son: *NASS*, *RACS*, *IP Multimedia Subsystem*, *PSTN/ISDN Emulation Subsystem*, *streaming subsystem* y *content broadcasting subsystem*.

la evolución independiente de cada uno de ellos. Adicionalmente estos niveles, a través de una colección de funciones de pasarela, pueden fácilmente interactuar con componentes fuera del ámbito NGN tal como la red PSTN, la red ISDN, UMTS u otras redes IP.

NGN soporta el acceso de diversas redes que cumplan con el único requisito de brindar conectividad IP a los flujos de datos provenientes de los usuarios.

Entre las redes de acceso soportadas se encuentran:

- Las redes de acceso fijas de banda ancha, que incluyen: tecnologías xDSL, redes de cable, redes ópticas, Gigabit Ethernet, etc.
- Redes de Acceso Local Inalámbricas.
- Los dominios de conmutación de paquetes y cualquier red de acceso de conectividad IP (IP-CAN) de 3GPP y 3GPP2.

Algo que hay que anotar, es que NGN no soporta directamente al dominio CS (*Circuit Switched*) como un sistema de acceso, sino que emplea pasarelas para ello.

La versión 1 NGN no especifica ningún tipo de terminal o capacidad en particular, soporta una variedad de equipos terminales de usuario que incluyen terminales legados, que pueden ser conectados a una pasarela residencial, teléfonos SIP, *soft-phone* (un programa en PC), terminales multimedia, PC, etc. NGN TISPAN soporta explícitamente a un terminal móvil sólo cuando esté conectado directamente a través de un 3GPP IP-CAN, esto puede notarse de la figura 3.7.

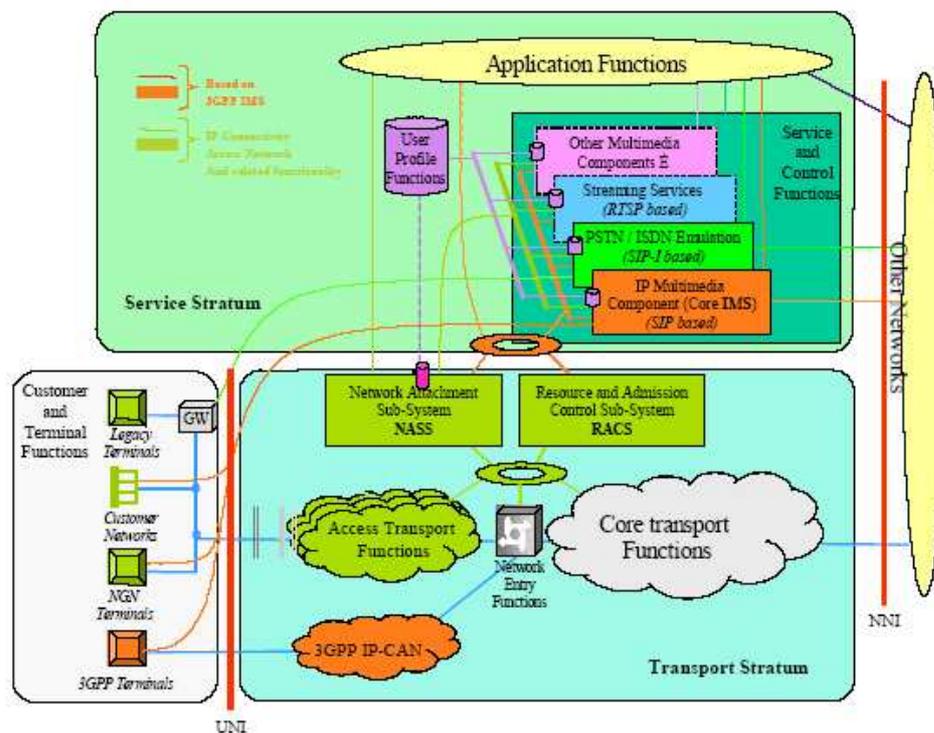


Fig. 3.7 Esquema global de la arquitectura NGN TISPAN [47].

3.3.2.1 Plano de Transporte

Este plano se encarga de brindar conectividad IP a los flujos de datos establecidos entre usuarios que pueden ser de la misma red o de redes diferentes y dispone además, de mecanismos para proporcionar calidad de servicio. El plano de transporte comprende las redes de acceso y el núcleo de red. Está compuesto de un subnivel de control de transporte y funciones de transferencia sobre las cuales se sustenta el plano de control.

3.3.2.1.1 Sub nivel de Control de Transporte

Este subnivel comprende dos subsistemas: el Subsistema de Enlace de Red (NASS) y el Subsistema de Control de Admisión y Recursos (RACS), que se encargan entre otras cosas de ocultar al plano de servicio, las tecnologías de transporte empleadas en el acceso y en el núcleo de red por debajo de la capa IP.

a) Subsistema de Enlace de Red (NASS)

El módulo NASS, se encarga de todo lo relativo a la identificación y autenticación de línea y usuario (basado en el perfil del usuario) y la inicialización del UE para que el suscriptor pueda acceder a los servicios de la red; intercambia información relativa al perfil del usuario con los subsistemas del plano de servicio. Este módulo, además de manejar aspectos de localización, también es responsable de proveer dinámicamente las direcciones IP dentro de la red de acceso.

El NASS comprende las siguientes entidades funcionales tal como se puede observar en la figura 3.8:

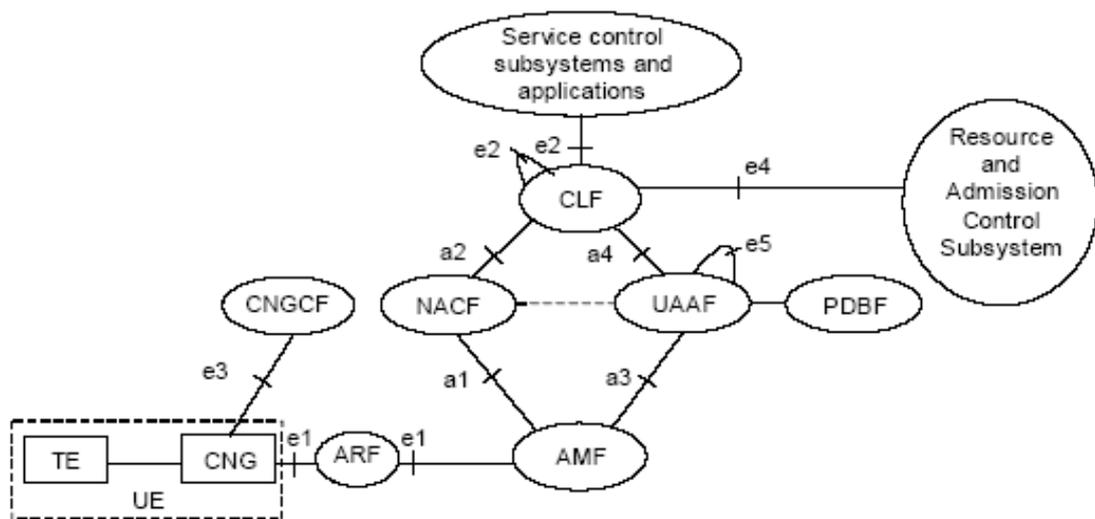


Fig. 3.8 Arquitectura funcional del módulo NASS [43]

- NACF (*Network Access Configuration Function*), es responsable de la asignación de direcciones IP al UE. También puede distribuir otros parámetros de configuración de red tales como direcciones de servidor(es) DNS o del P-CSCF.

- AMF (*Access Management Function*), traduce las peticiones de acceso a la red emitidos por el UE y se las reenvía al NACF para obtener una dirección IP y parámetros adicionales de configuración. A partir de la petición de acceso, el AMF

inicia un proceso de autenticación y autorización (o rechazo) para el acceso del usuario a la red.

- UAAF (*User Access Authorization Function*), realiza la autenticación del usuario así como la autorización para acceso a la red basado en perfiles de usuario. También se encarga de la recolección de información de tarificación.

- CLF (*Connectivity session Location and repository Function*), registra la asociación entre la dirección IP asignada al UE e información relacionada provista por el NACF.

- PDBF (*Profile Data Base Function*), es la entidad funcional que contiene el perfil del usuario a nivel de red. Incluye información necesaria para la autenticación (*username, password, etc.*) e información relacionada a la configuración.

- CNGCF (*Customer Network Gateway Configuration Network*), provee al CNG, información adicional de configuración (por ej. Configuración de un *firewall* internamente en el CNG, etc.). Esta información es diferente de la información de configuración de red provista por el NACF.

b) Subsistema de Control de Admisión y Recursos (RACS)

Dentro del modelo NGN de TISPAN, el RACS engloba los elementos encargados de proporcionar políticas de control, reservación de recursos de transporte y control de admisión de flujos, también provee soporte para Servicios de Pasarela de Borde (BGF, *Border Gateway Function*) incluyendo funciones NAT (*Network Address Translation*) o cortafuegos.

El subsistema RACS es el encargado de proporcionar los recursos necesarios en el plano de transporte para las diferentes sesiones de servicios del usuario de tal manera que garantice los niveles de QoS contratados.

Como se observa en la figura 3.9, el RACS está formado por entidades lógicas, éstas son:

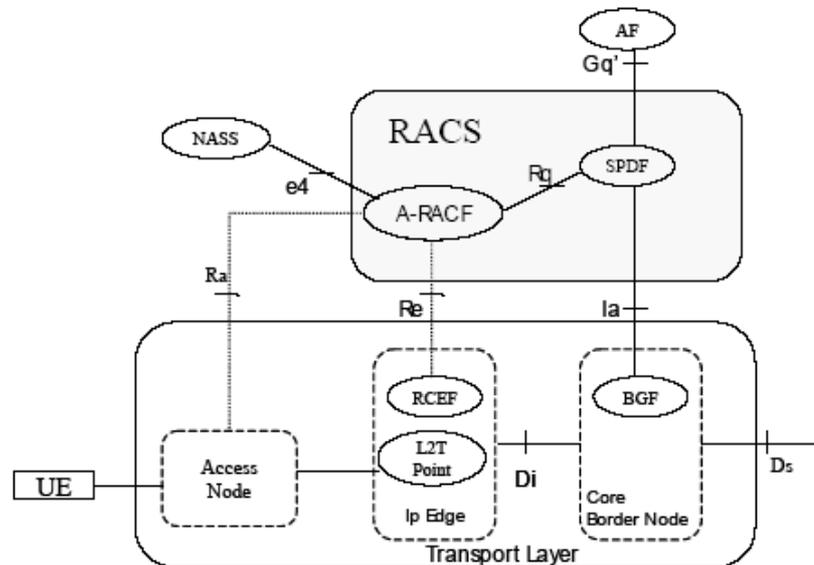


Fig. 3.9 Arquitectura funcional del módulo RACS [44].

El SPDF (*Service Policy Decision Function*), es un elemento lógico de decisión de políticas, se sitúa en el núcleo de la red local; autoriza solicitudes, verificando su contenido con respecto a las reglas definidas por el operador para el AF (*Application Function*) solicitante. Si la solicitud es autorizada, el SPDF determina si debe contactar al A-RACF y/o al BGF para proporcionar el servicio de control del nivel de transporte.

El A-RACF (*Access- Resource and Admission Control Function*) se encuentra localizado en la red de acceso y provee las funcionalidades de control de admisión y de reserva de recursos sobre la red de acceso al SPDF. El A-RACF puede aceptar o rechazar las solicitudes recibidas desde el SPDF basándose en la ejecución de los procedimientos de control de admisión.

El RCEF (*Resource Control Enforcement Function*) se encuentra localizado en el nodo extremo IP de la red de acceso (*IP edge node*). Provee al subsistema RACS con medios para aplicar las políticas de tráfico que garantizan el control de la calidad de servicio y la disponibilidad de los recursos. Estas políticas de tráfico

son especificadas por el subsistema RACS a través de la interfaz Re y están basadas en funcionalidades de filtrado de paquetes, marcado de paquetes y vigilancia del tráfico.

3.3.2.1.2 Funciones de Transferencia

Son una colección de nodos, como se puede apreciar en la figura 3.10, que proporcionan variadas capacidades relacionadas a la conectividad del UE a la red troncal, así como con la interconexión con otras redes. Estos nodos son:

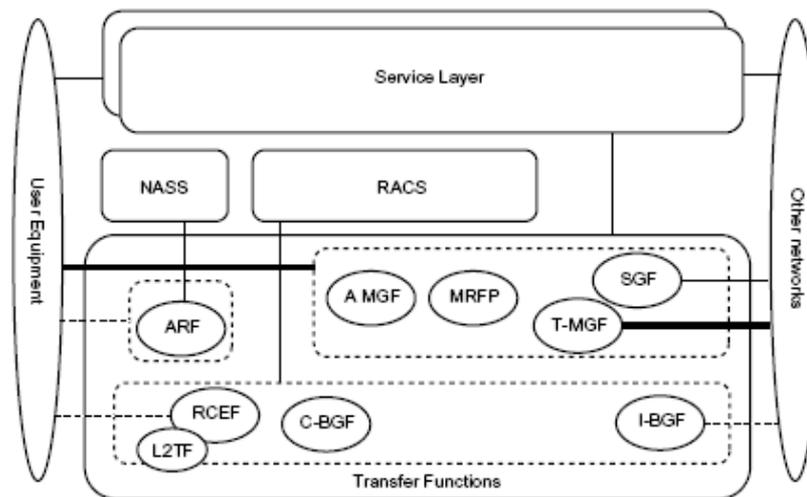


Fig. 3.10 Funciones de transferencia bajo el sub plano de Transporte [41].

- BGF (*Border Gateway Function*)

La función BGF actúa como interfaz entre dos dominios de transporte IP, puede ubicarse entre la red de acceso y el núcleo de red (*Core-BGF*) o entre núcleos de red de dos operadores diferentes (*Interconexión-BGF*). Soporta una o más de las siguientes funcionalidades:

- Filtrado de paquetes basado en dirección / puerto IP;

- Traducción de direcciones IP y números de puerto (NAPT);
- Interfuncionamiento entre redes IPv4 e IPv6;
- Ocultación de topología;
- NAT transversal;
- La asignación de recurso y reservación de ancho de banda para el tráfico *upstream* y *downstream*.

Como puede verse, entre las tareas de un BGF, está su responsabilidad de reserva de recursos y la aplicación de políticas en el plano de transporte, bajo el control de un subsistema externo, el RACS. Estas funcionalidades se limitan a los extremos de la red o a las fronteras entre dominios administrativos de tal manera que se mantiene un modelo escalable.

- ARF (*Access Relay Function*)

Esta entidad sirve como un relevo entre el equipo del usuario y el NASS. Recibe peticiones de acceso desde el UE y las remite luego al NASS. El ARF puede insertar información relevante de configuración local antes de remitirle una petición al NASS.

- MGF (*Media Gateway Function*)

Este módulo proporciona correspondencia entre flujos de media y/o funciones de transcodificación entre un dominio de transporte IP y redes legadas de conmutación de circuitos.

Existen tres tipos de MGF:

- R-MGF (*Residential MGF*) que se localiza en las premisas del cliente;

- A-MGF (*Access MGF*) que es una parte de la Red de Acceso; y
- T-MGF (*Trunking MGF*) que se ubica en la frontera entre una red IP y la red PSTN.

A-MGF y R-MGF proporcionan acceso a servicios proporcionados por el Subsistema de Emulación PSTN.

- MRFP (*Media Resource Function Processor*)

Realiza funciones de procesamiento de recursos que van más allá de las proporcionadas por la MGF, tales como soporte a anuncios y conferencias multimedia, etc.

- SGF (*Signalling Gateway Function*)

La función del SGF es proveer conversión de señalización entre SS7 usada en las redes PSTN y señalización IP usada en NGN.

3.3.2.2 Plano de Servicio

Este plano está formado por todos los subsistemas que permiten el control de las sesiones correspondientes a los diferentes servicios contratados por un usuario. El plano de servicio comprende los siguientes componentes:

- El núcleo Subsistema IP Multimedia (IMS).
- El Subsistema de Emulación PSTN/ISDN (PES).
- Otros subsistemas multimedia que actualmente se encuentran en desarrollo (ej. Subsistema de *streaming*, el subsistema de contenido de difusión, etc.) y aplicaciones.

- Componentes Comunes (es decir usados por varios subsistemas) como aquellos requeridos para acceder a aplicaciones y funciones de tarificación, administración de perfil de usuario, administración de seguridad, etc.

Esta arquitectura basada en subsistemas permite la adición futura de nuevos subsistemas capaces de cubrir nuevas demandas y clases de servicio que se puedan presentar, además permite adaptar subsistemas definidos por otros cuerpos de normalización.

3.3.2.2.1 Subsistema Multimedia IP (IMS)

Soporta la provisión de servicios multimedia basados en SIP a terminales NGN, además soporta la provisión de servicios de simulación PSTN/ISDN.

Los principales componentes del IMS, involucrados en señalización SIP, son los servidores SIP CSCF, los mismos que realizan varias funciones tales como control de sesión multimedia y función de traducción de dirección. Además, el CSCF debe manejar control de servicio, negociación de *codec* de voz para comunicación de audio, y Autenticación, Autorización y Contabilidad (AAA). El CSCF se desempeña en tres papeles que se detallarán más adelante en la sección 3.4: Proxy CSCF (P-CSCF), Interrogador CSCF (I-CSCF) y Servidor CSCF (S-CSCF). El S-CSCF es el servidor con la responsabilidad principal de la gestión de la sesión y de la provisión del servicio.

3.3.2.2.2 Subsistema de Emulación PSTN/ISDN (PES)

Este subsistema soporta la emulación de servicios PSTN/ISDN para terminales legados conectados a la NGN a través de pasarelas residenciales o pasarelas de acceso. Las funciones de emulación PSTN/ISDN como subsistema tienen el mismo nivel que IMS, por lo cual usan las mismas interfaces generales de transporte, control, admisión, recursos, enlace de red y funciones de soporte.

3.3.2.2.3 Funciones comunes

La arquitectura NGN contiene a varias entidades funcionales comunes, apreciadas en la figura 3.11, que pueden ser accesadas por más de un subsistema, éstas son:

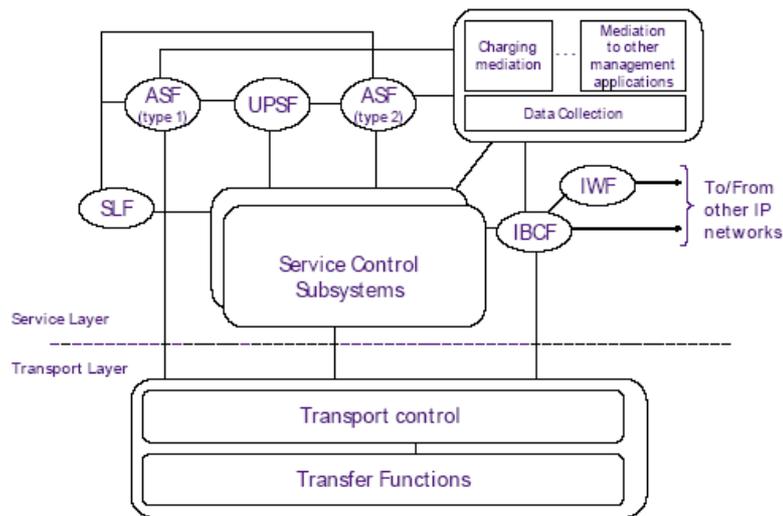


Fig. 3.11 Funciones comunes en el plano de servicio [41],

a) UPSF (*User Profile Server Function*): equivalente al HSS de 3GPP, almacena toda la información relevante concerniente al usuario que incluye:

- Identificación, numeración y direccionamiento,
- Controles de acceso para autenticación y autorización,
- Localización a nivel inter- sistema, y
- Perfil del usuario.

b) SLF (*Subscription Locator Function*): El SLF es una entidad funcional que puede ser accesada por subsistemas de control de servicio y ASFs, para

recuperar la identidad del UPSF, que contiene el perfil de usuario de algún suscriptor en particular.

c) *ASF (Application Server Function)*: Provee servicios de valor agregado residentes en la red origen del usuario o en redes de terceras partes. Ejemplos de ASF son los servidores de aplicación SIP y los servidores de aplicación OSA.

d) *IWF (Interworking Function)*: el IWF realiza el *interworking* entre protocolos usados dentro de subsistemas de control de servicio TISPAN NGN y otros protocolos basados en IP.

e) *IBCF (Interconnection Border Control Function)*: El IBCF es empleado para interconectar dominios de operadores. La funcionalidad del IBCF comprende la provisión de NAT y funciones *firewall* para señalización, ocultamiento de la topología y conversión entre IPv4 e IPv6.

El IBCF puede decidir, basado en la señalización SIP y políticas específicas del operador, el interactuar con el RACS para proveerle la información de la clase de servicio para la reserva de recursos, para que éste otorgue las características en la capa de transporte requeridas para una sesión, es así que, el IBCF es un actor importante en la asignación de recursos y reservación de ancho de banda para el tráfico *upstream* y *downstream*.

Otra función realizada por el I-BCF es la apertura y cierre de compuertas entre dominios, permitiendo el paso de flujos.

3.4 SUBSISTEMA MULTIMEDIA IP NGN/TISPAN [45], [46], [48]

En la arquitectura de TISPAN, el Subsistema Multimedia IP es denominado “núcleo IMS” y está restringido a las funcionalidades de control de sesión. El componente núcleo IMS es el equivalente alámbrico del IMS de 3GPP, la arquitectura de este último es reutilizado por TISPAN, con algunas diferencias que pueden resultar importantes respecto al IMS de 3GPP, que surgen del hecho de

que las redes de acceso que emplean xDSL o WLAN son fundamentalmente diferentes de UMTS, además de que los terminales NGN pueden tener características más ricas de procesamiento e interfaz en comparación a los terminales móviles.

3.4.1 EXTENSIONES A IMS 3GPP

Las funciones claves que proporciona IMS definida por 3GPP, han permitido visualizar la arquitectura que permitirá la tan esperada convergencia de servicios de las redes fijas y móviles.

En este sentido, la arquitectura de Redes de Nueva Generación propuesta por TISPAN, extiende el IMS 3GPP para soportar redes adicionales de acceso, tal como xDSL y WLAN, estas extensiones se han realizado tomando en cuenta:

- El control de las redes de acceso (QoS, control de admisión, autenticación, etc).
- La coordinación de múltiples subsistemas de control a un sólo transporte troncal para control de recursos.
- La interoperabilidad con redes legadas.
- Desacoplamiento mutuo de la capa de aplicación, de la capa de control de sesión/llamada y de la capa de transporte.
- Independencia de la tecnología de acceso de la capa de control de sesión/llamada y de la capa de aplicación.

Los servidores de aplicación (AS) y las funciones relacionadas al transporte de medios, tales como MRFP (*Multimedia Resource Function Processor*) e IMGW (*IP Multimedia Gateway Functions*), son considerados fuera del núcleo IMS.

Un elemento de red extra que se incorpora en TISPAN es el IBCF (*Interconnection Border Control Function*); este elemento formaliza la interconexión de señalización entre redes para manejar los medios. Sus funciones incluyen protección y vigilancia de la señalización, ocultamiento de la topología y conversión entre IPv4 e IPv6 cuando es necesario. El IBCF controla un BGF en la ruta de los medios, que protege el intercambio a través de las fronteras del dominio del operador.

También, se inserta un elemento denominado IWF (*Interworking Function*) para el interfuncionamiento entre perfiles SIP NGN y otros perfiles SIP o protocolos basados en IP tal como H.323.

En cuanto al protocolo de señalización, se reutiliza SIP con algunas extensiones, que permiten soportar el acceso fijo de banda ancha al IMS.

3.4.2 ARQUITECTURA FUNCIONAL DE IMS NGN/TISPAN

La arquitectura IMS se basa en un conjunto de *proxies* y servidores SIP que trabajan juntos para asegurar que los usuarios finales puedan obtener los servicios que solicitan, independientemente de la red de acceso que utilicen.

Esta arquitectura, está especificada para ser compatible con redes de acceso de conectividad IP (IP-CAN) definidas en 3GPP, por lo tanto puede proporcionar servicios a equipos de usuario conectados a accesos de banda ancha fijo NGN como a IP-CANs 3GPP.

El núcleo IMS, como puede observarse en la figura 3.12, une y a la vez interactúa con los siguientes componentes:

- Equipo del Usuario.
- El Subsistema de Control de Admisión y Recursos (RACS).

- El Subsistema de Enlace de Red (NASS).
- El entorno PSTN/ISDN.
- El Subsistema de Emulación PSTN/ISDN (PES).
- Otros subsistemas multimedia.
- Funciones de Tarificación.
- Funciones de Gestión de Red.
- Aplicaciones y otros elementos arquitectónicos comunes.

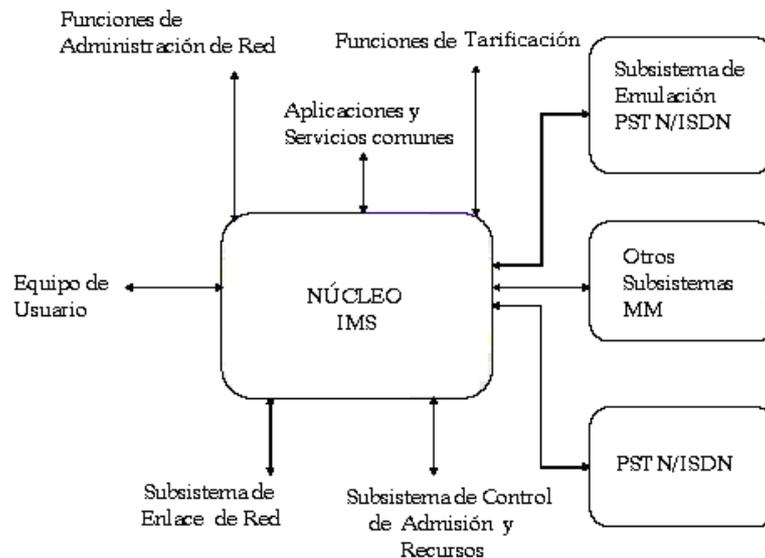


Fig. 3.12 Núcleo IMS TISpan y su entorno [45].

Las entidades funcionales del IMS TISpan apreciadas en la figura 3.13, son en esencia, idénticas a las entidades que conforman la arquitectura del IMS 3GPP, aunque presentan variaciones menores en comportamiento (recursos

- Interactúa con el NASS para acceder a información que se relaciona con la sesión de acceso de conectividad IP, por ejemplo la localización física del equipo del usuario.

3.4.2.2 MGCF (Media Gateway Controller Function)

La MGCF provee la habilidad de controlar una función de *trunking* de pasarela de medios (T-MGF). El control incluye la asignación y des asignación de recursos de pasarela de medios, así como la modificación del uso de estos recursos. El MGCF se comunica con el CSCF, el BGCF y redes legadas. El MGCF realiza conversión de protocolos entre ISUP y SIP. También soporta el interfuncionamiento entre el SIP y señalización SS7 relacionada a llamada.

En caso de una llamada entrante proveniente de una red legada, el MGCF determina el próximo salto en el enrutamiento IP, dependiendo de la información de señalización que se reciba.

3.4.2.3 MRFC (Multimedia Resource Function Controller)

El MRFC en conjunto con un MRFP localizado en el plano de transporte, provee un conjunto de recursos dentro de la red troncal para soportar servicios. El MRFC interpreta la información proveniente de un AS vía un S-CSCF y controla acordemente al MRFP.

3.4.2.4 BGCF (Breakout Gateway Control Function)

Es idéntico al componente definido para el entorno móvil, es decir selecciona la red en la cual se realiza la salida a la PSTN y dentro de esa red selecciona el MGCF.

Cada entidad funcional del IMS TISpan implementa el protocolo SIP cuando usa una interfaz entre las entidades que conforman el Subsistema IMS, tal como se puede ver en la tabla 3.2.

Punto de Referencia	Interfaz	Protocolo	Función
Mg	MGCF - CSCF	SIP	Usado en el interfuncionamiento con redes PSTN. El MGCF envía la señalización de la sesión entrante desde la PSTN al CSCF.
Mr	CSCF - MRFC	SIP	Permite al S-CSCF reenviar mensajes de señalización entre una función servidora de aplicación y un MRFC.
Mw	CSCF - CSCF	SIP	Permite la comunicación y envío de mensajes de señalización entre CSCFs durante el registro y control de la sesión.
Mi	CSCF - BGCF	SIP	Usado para el interfuncionamiento a la red PSTN. Permite al <i>Serving</i> CSCF enviar la señalización de la sesión al <i>Breakout Gateway Control</i> .
Mj	BGCF - MGCF	SIP	Permite al <i>Breakout Gateway Control Function</i> , enviar la señalización de la sesión al MGCF, con el propósito de interfuncionar con las redes PSTN.
Mk	BGCF - BGCF	SIP	Permite al <i>Breakout Gateway Control Function</i> enviar la señalización de la sesión a otro <i>Breakout Gateway Control Function</i> .
Mx	CSCF o BGCF - IBCF	SIP	Permite la comunicación y envío de mensajes de señalización entre un CSCF o un BGCF y un IBCF.

Tabla 3.2 Puntos de referencia internos [41].

3.4.3 CAPACIDADES DEL IMS TISPAN

3.4.3.1 Autenticación y Autorización

Durante el enlace a la red, el NASS autentica al UE y le asigna una dirección IP. Guarda las identidades de capa 2 y capa 3 en el perfil NASS. Cuando el UE se registra con el P-CSCF, el P-CSCF consulta al NASS (específicamente a la entidad funcional CLF), para obtener la información de localización. El P-CSCF inserta la información de localización en el mensaje SIP y lo remite hacia el S-CSCF para la comprobación. El S-CSCF verifica esta información de localización con la información obtenida del UPSF. Si esta comprobación es exitosa, el usuario se autentica a nivel del IMS.

Luego de una autenticación satisfactoria, se establece una asociación de seguridad entre el UE y el P-CSCF.

Hay que tener presente que las entidades involucradas en el mecanismo de seguridad IMS pueden pertenecer a diferentes dominios como se puede apreciar en la figura 3.14, de ahí que se considere el concepto de dominios de seguridad.

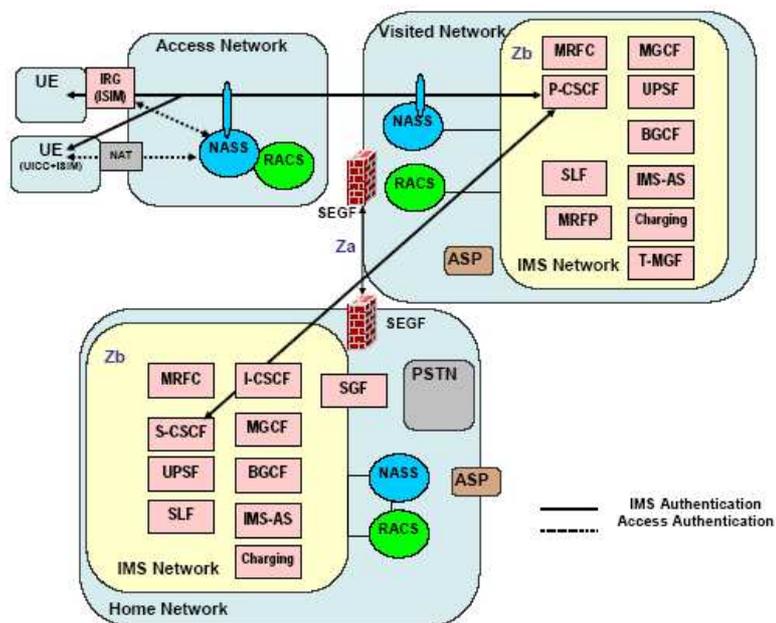


Fig. 3.14 Dominios de seguridad IMS [47]

3.4.3.2 Establecimiento de sesión y reserva de recursos

El establecimiento de sesión en IMS involucra un diálogo de señalización extremo a extremo entre los terminales participantes en la sesión y se basa en el protocolo SIP. Además se hace uso del modelo de oferta/respuesta de SDP para negociar los parámetros asociados con la información que se desea intercambiar (audio, vídeo, etc.).

Dentro de IMS, el P-CSCF es la entidad funcional que actúa como punto de entrada al sistema, es decir todos los mensajes de señalización SIP deben obligatoriamente pasar por esta entidad funcional. El P-CSCF implementa una funcionalidad AF, interactuando con el RACS para solicitar calidad de servicio para los servicios negociados entre los usuarios finales.

El P-CSCF envía información de servicio al subsistema RACS cada vez que recibe un mensaje SIP con una carga de respuesta SDP. Esta información de servicio se deriva de la respuesta SDP y de su correspondiente oferta SDP. Conjuntamente, la oferta y la respuesta SDP contienen toda la información que es necesaria para configurar la calidad de servicio sobre la red de acceso, tal como los tipos de información que se van a intercambiar durante la sesión (por ejemplo, audio o vídeo), las direcciones IP y puertos, o los requisitos de ancho de banda para los distintos flujos de información negociados.

3.4.3.3 Aprovisionamiento de servicios de valor agregado

EL núcleo IMS permite acceder a tres tipos de Servidor de Aplicaciones (ASF) que proveen servicios de valor agregado a través de la interfaz ISC (Control de Servicio IP Multimedia) tal como puede apreciarse en la figura 3.15, estos servidores de aplicación son:

- Servidor de Aplicación SIP (SIP AS) que pueden hospedar y ejecutar varios servicios.

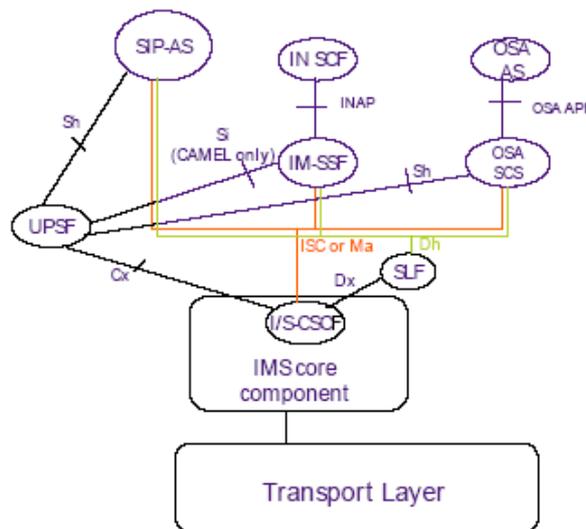


Fig. 3.15 Arquitectura de servicios de valor agregado [48]

- Función de Conmutación de Servicio - Multimedia IP (IM-SSF) permite acceso a programas lógicos de servicios de redes inteligentes. La funcionalidad de IM-

SSF comprende la emulación del modelo de llamadas de red inteligente con señalización SIP; además hospeda características de red CAMEL.

- Servidor de aplicaciones OSA SCS que proporciona acceso a aplicaciones OSA. Provee una vía estandarizada para acceso seguro de terceras partes al IMS.

La interfaz S-CSCF- AS es usada para remitir peticiones SIP, basado en el criterio de filtro, asociado con el usuario origen o destino. Otros puntos de referencia se observan en la tabla 3.3.

Punto de Referencia	Interfaz	Función
ISC	S-CSCF - ASF	Esta interfaz es usada para proveer servicios para el IMS.
Sh	UPSF - SIP AS u OSA SCS	El <i>Application Server</i> SIP o el <i>OSA Service Capability Server</i> se comunica con el UPSF a través de esta interfaz.
Si	UPSF - IM SSF	IM-SSF puede comunicarse con UPSF, vía el punto de referencia Si.
Dh	ASF - SLF	Esta interfaz es usada para recuperar la dirección del UPSF que contiene la suscripción para un usuario dado.
Ut	UE - ASF	Esta interfaz habilita al usuario para manejar información relacionada a sus servicios, tal como creación y asignación de Identidades de Servicio Públicas, etc.
Ma	I-CSCF - AS	Esta interfaz es usada para enviar las demandas SIP destinadas a una Identidad Pública de Servicio guardada por un Servidor de Aplicación directamente al Servidor de Aplicación.

Tabla 3.3 Puntos de Referencia entre entidades usadas en la provisión de servicios de valor agregado [41].

3.4.3.4 Simulación de servicios telefónicos multimedia

El subsistema IMS está diseñado para una comunicación *peer to peer* orientada a sesión de forma controlada por el operador. La comunicación entre usuarios permite integrar diversos medios dentro del desarrollo de la misma.

transición suave para los operadores PSTN/ ISDN hacia NGN y la evolución del propio servicio tradicional hacia un concepto más atractivo.

TISPAN ofrece un conjunto de servicios de simulación para telefonía multimedia tales como: presentación o restricción de la identidad del usuario origen y destino de una comunicación, detección de comunicaciones maliciosas, posibilidad de rechazar comunicaciones anónimas, desvíos y transferencias de comunicaciones, indicación de mensaje de buzón, conferencias, etc.

3.4.3.5 Interconexión con otras redes o dominios

Así como es posible la interconexión entre múltiples redes NGN, la arquitectura NGN también debe soportar el acceso a otras redes que proporcionan comunicaciones, servicios y contenidos, que incluye la interoperabilidad transparente con redes IP (como 3GPP) y la seguridad de una interconexión fiable y segura al Internet público. También contempla el interfuncionamiento con redes legadas (PSTN, ISDN, etc.)

En el sub nivel de transferencia, pueden darse dos opciones de interconexión:

- Con redes basadas en TDM a través del nodo T-MGF para los portadores y, a través de las entidades SGF para la señalización, que se constituyen en las interfaces de transporte PSTN/ISDN.

- Con redes basadas en IP, a través de la entidad I-BGF a nivel de medios, esto puede observarse en la figura 3.17. En este caso, el I-BGF puede comportarse autónomamente o bajo el control del nivel de servicio, a través del RACS, para servicios que involucran a componentes IMS del subsistema de Emulación PSTN/ISDN.

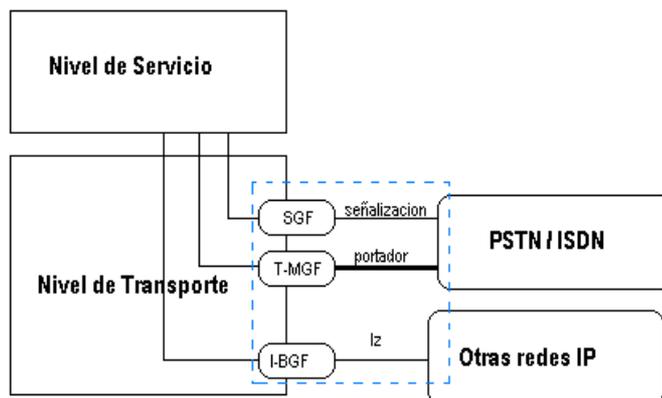


Fig. 3.17 Interconexión con otras redes a nivel de transferencia [41].

La interconexión con redes basadas en SS7 es soportada por la arquitectura IMS y el Subsistema de Emulación PSTN/ISDN, la entidad T-MGF es controlada desde el nivel de servicio.

La interconexión a nivel de servicio, involucra funcionalidades apropiadas del IMS y del Subsistema de Emulación PSTN/ISDN para interactuar con el T-MGF y el SGF si la interconexión ocurre con redes basadas en SS7. La interconexión con redes basadas en IP es realizada usando la entidad IBCF si la red externa soporta una versión TISIPAN compatible con SIP y posiblemente la entidad IWF si la red externa soporta H.323 o una versión no compatible con SIP (Ver figura 3.18).

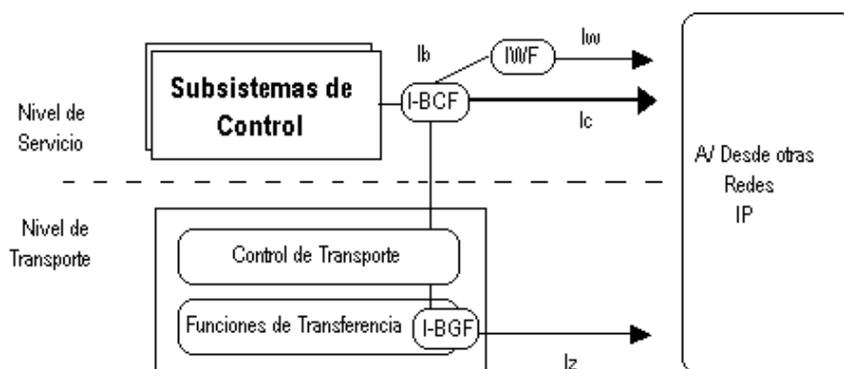


Fig. 3.18 Interconexión a nivel de servicio con otras redes IP [41].

CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 4: INTERCONEXIÓN DE REDES FIJAS Y MÓVILES

4.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE INTERCONEXIÓN [50], [51], [52], [53]

La interconexión hace referencia a la conexión física y lógica de redes de telecomunicación, utilizadas por el mismo operador o por operadores indistintos, en cualquier punto técnicamente viable de la red, que garantice su interfuncionamiento y prestación de servicios de telecomunicaciones, de tal forma que los usuarios de cualquiera de ellas, puedan comunicarse entre sí o acceder a los servicios prestados por otros. Tal principio, es el de la universalidad de servicios, es decir, cualquier usuario puede comunicarse con cualquier otro, independientemente del operador de telecomunicaciones contratado por cada uno de ellos y de la ubicación geográfica de ambos; la interconexión de dos redes es esquematizada en la figura 4.1.

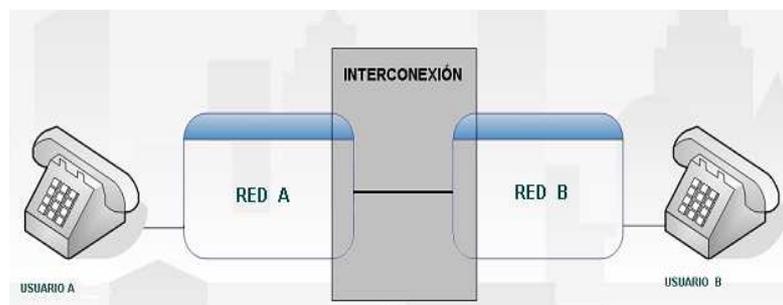


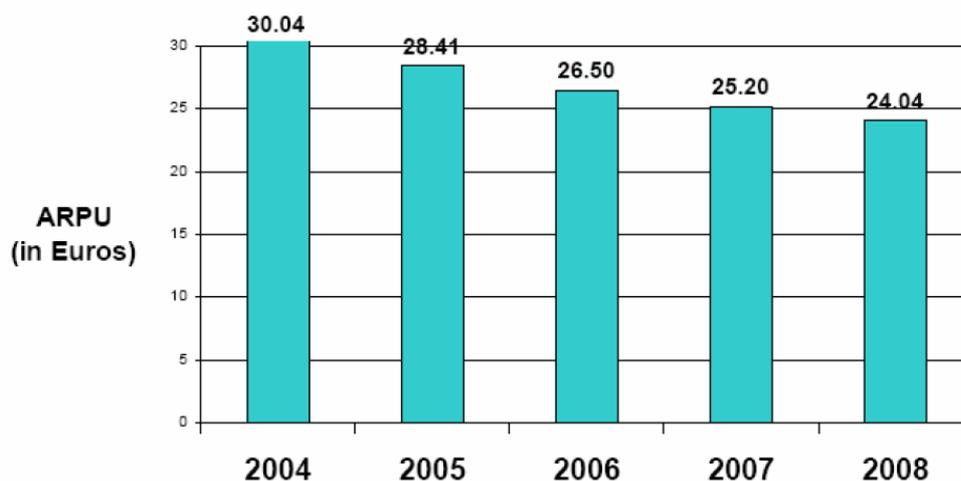
Fig. 4.1 Esquema de interconexión de dos redes de comunicación.

El campo de la interconexión de redes de telecomunicación es amplio, pues además de los elementos propiamente técnicos (topología, calidad, seguridad, etc.), en él también intervienen elementos económicos, que determinan la viabilidad del servicio, los mismos que deben estar amparados en una regulación clara y conveniente para todos los actores, incluidos los consumidores, involucrados en la prestación de dicho servicio.

La interconexión de las redes, es clave para el desarrollo de la competencia efectiva y de inversiones eficientes en el mercado de las telecomunicaciones, ya que puede representar entre el 20% y el 70% de los costos operativos de las empresas de telecomunicaciones⁴⁰.

4.1.1 MOTIVACIONES PARA LA INTERCONEXIÓN FIJA-MÓVIL

Actualmente, el escenario de competencia ha abierto una nueva dimensión en el campo de telecomunicaciones; los operadores de redes en general han estado experimentando una disminución continua del ARPU (*Average Revenue Per User*) proveniente de los servicios de voz y acceso básico a Internet, debido a la presión competitiva, la desregulación del mercado y la propia innovación tecnológica (ver figura 4.2). Los servicios de voz sobre redes de conmutación de circuitos, en especial, ya no resultan tan interesantes como para atraer nuevos suscriptores que aporten ingresos considerables a los operadores de dichas redes, esto ha hecho que sus márgenes actuales de ingresos se reduzcan paulatinamente, temiéndose que la tendencia continúe en los próximos años.



Source: The Yankee Group EMEA Consumer Fixed-Line & Media Forecast, Western Europe, Fourth Quarter 2004

Fig. 4.2 Tendencia decreciente del ARPU por servicios de banda ancha [51]

40 Comunicaciones móviles e inalámbricas; Grupo de Análisis y Prospectiva del Sector de las Telecomunicaciones GAPTEL; Septiembre 2005.

Es indudable que los operadores, ya no pueden aumentar sus ingresos solamente ofreciendo los servicios de voz y acceso básico a Internet. Ellos necesitan encontrar mecanismos para desarrollar y desplegar servicios nuevos y atractivos que generen ingresos y detengan la pérdida de clientes atrayendo a nuevos usuarios, los mismos que desean experimentar un tipo innovador de comunicación, ya que cada vez los usuarios esperan más de los servicios de telecomunicaciones y sienten atracción por aquellos operadores que les ofrecen acceso a un amplio abanico de información y entretenimiento multimedia de forma sencilla y sobre todo, económica. Estos mecanismos a su vez, deben ser convenientes y confiables para los operadores de telecomunicaciones; a la par de estos aspectos, también deben viabilizar arquitecturas y soluciones que minimicen costos de introducción y a la vez, que soporten el riesgo de introducir productos insuficientes que no cubran las expectativas comerciales.

El éxito de la combinación de telefonía móvil e Internet, ha demostrado que los usuarios están cada vez más interesados en servicios de comunicación innovadores más allá de la voz convencional. Los servicios de datos más populares actualmente, son la mensajería de texto (SMS), el acceso Web y WAP, la mensajería multimedia (MMS) y la descarga de contenidos como tonos, logos, música o video. En cierta manera, la disponibilidad de estos servicios, ha permitido, sondear las preferencias y expectativas de los usuarios que demandan de los operadores servicios novedosos que deben ser brindados con la disponibilidad y calidad necesarias.

Evidentemente también los operadores de móvil también necesitan renovar sus arquitecturas con la finalidad de hacer frente a los retos técnicos y comerciales de hoy en día. Por ello, lo que se ha buscado, es una nueva estrategia de evolución de sus arquitecturas en base al Protocolo Internet y de la mano de la tercera generación de comunicaciones con la introducción de UMTS y de las tecnologías de banda ancha, como HSDPA y HSUPA, cuya principal finalidad es potenciar el mercado móvil de datos y esperar un fuerte incremento en el tráfico de datos proveniente del uso de servicios como el acceso al correo móvil, la TV en el móvil, videoconferencia, juegos interactivos en el móvil y la

descarga de canciones enteras (*full track*), cuya penetración actual es aún pequeña a nivel regional.

En el ámbito de redes fijas, gracias a las tecnologías de acceso de banda ancha y dentro de las perspectivas NGN, se ha desencadenado el desarrollo de un gran número de nuevas aplicaciones como por ejemplo, el servicio de telefonía y la entrega de contenidos multimedia sobre IP, lo que propicia que los operadores puedan explorar un nuevo mercado, enfocados en la oferta de servicios de comunicación multimedia en tiempo real sobre IP, donde la voz es una aplicación más, denominada voz sobre IP (VoIP).

No hay que olvidar que paralelamente a la necesidad de renovación de las redes tradicionales en cada entorno, enfocados en ofrecer servicios, existe otro aspecto sumamente importante como es, la creciente necesidad de conectividad entre personas, organizaciones y toda clase de dispositivos y máquinas a lo largo y ancho del globo terráqueo, lo que determina que los operadores también se enfrenten al desafío de encontrar mecanismos efectivos para viabilizar de manera fiable, en una primera e importante instancia, la interconexión fijo-móvil dentro del nuevo escenario de tecnologías, preámbulo de la convergencia total de redes, de tal manera que se pueda acceder a la amplia gama de servicios del mundo IP afines a ambos entornos.

La plataforma IMS y la convergencia de servicios están muy ligadas, y la competencia en el mercado de telecomunicaciones le ha otorgado una valoración importante a los servicios convergidos, pero simultáneamente crea una gran urgencia de proporcionar servicios a través de los bordes de las redes fijas y móviles. Sin embargo, proveer tales servicios se convierte en un reto por dos razones principales: primero, las redes no han convergido completamente a un estado "todo IP" y segundo, aún cuando todas las redes estén totalmente basadas en IP, cada operador debe tener control total de su propia red para manejar la calidad del tráfico de extremo a extremo.

Todo esto conlleva a considerar aspectos claves que involucran la exploración de los problemas, incluso los beneficios, y los inconvenientes que podrían presentárseles a los operadores al implementar la interconexión de las redes, sobretodo a nivel de control.

4.1.2 REQUERIMIENTOS GENERALES EN LOS ENTORNOS FIJO Y MÓVIL

En general, los operadores están buscando vías rápidas y flexibles para responder a las nuevas oportunidades comerciales, ya que los usuarios están extendiendo su consumo hacia servicios multimedia, sin limitarse solamente al uso de la telefonía para comunicaciones de voz.

Desde una perspectiva de servicio, el usuario espera de los operadores: conveniencia, facilidad de uso, fiabilidad, seguridad y soporte, de tal manera que se le garantice estar siempre conectado y de la mejor manera. De ahí que, los operadores quieren entregar al usuario una prestación consistente y fiable, dondequiera y como quiera que acceda a los servicios, pero ellos también tienen sus requerimientos particulares⁴¹ que se orientan, en una primera aproximación, a ser de tipo comercial, éstos, a grandes rasgos se podrían resumir en:

- Continuidad del negocio, necesaria para mantener los servicios dominantes que se encuentran en curso, sin interrupciones abruptas, de manera sutil para los clientes, siempre demandando calidad de servicio.
- Flexibilidad necesaria, que permita incorporar los servicios nuevos o emergentes en tiempo real.
- Rentabilidad, que garantice un retorno favorable sobre las inversiones, dentro de los márgenes que permitan las prácticas pertinentes del mercado.

41 ITU/BDT; Seminario regional sobre Costes y Tarifas para los países miembros del Grupo TAL; *NGN Network Architecture*; Río de Janeiro, Brasil May 2006.

- Fiabilidad, que permita asegurar el servicio en caso de fallos o eventos externos inesperados.
- Interoperabilidad entre redes que permita cursar servicios extremo a extremo a través de diferentes dominios de red.

Por otra parte, existen desde el punto de vista técnico, requerimientos claves para ambos sistemas de red⁴², fijo y móvil, que se resumen en cinco puntos principales que son:

- Movilidad.
- Control de sesión.
- Calidad de servicio (QoS).
- Seguridad.
- Servicios y capacidades de servicio.

4.1.2.1 Movilidad

Generalmente la movilidad es asociada a los usuarios con capacidad de acceso inalámbrico que se hallan en movimiento. Dentro del entorno móvil, este aspecto está solventado en su mayor parte, aunque aún presenta algunos problemas de servicio en el interior de edificios (hogar o empresa) o en zonas rurales con pequeños tráficos, lo que será un elemento clave a resolver para estos operadores.

La movilidad se constituye también en un aspecto importante para los abonados de la red tradicional fija, en cuanto los servicios puedan

⁴² 3GPP en la versión 7, considera los requerimientos de un número de diferentes comunidades de operadores incluyendo aquellos basados en DSL y tecnologías de cable.

proporcionárseles de forma continua a través de los diferentes puntos de acceso desplegados dentro y fuera del hogar u oficina.

Elementos de movilidad o por lo menos de portabilidad fueron agregados a la red fija con el uso de los teléfonos inalámbricos. Actualmente, el empleo de redes Wi-Fi impulsa las estrategias de los operadores, basados en utilizar la capacidad de cursar voz sobre las conexiones inalámbricas de banda ancha, con el objetivo principal de facturar el tráfico cursado desde el interior de edificios (hogar/oficina) como ubicación fija, diversos estudios avalan que estos minutos supondrían un 70% del tráfico cursado en las comunicaciones móviles⁴³.

Una plataforma de telecomunicación que proporcione movilidad, debe soportar la capacidad para que un usuario pueda cambiar a un dispositivo o dispositivos diferentes conectados a una o más redes de acceso para poder disponer de sus servicios, es decir la movilidad del usuario. También debe soportar la capacidad de que el usuario cambie de punto de acceso a la red mientras se está moviendo, es decir la movilidad del terminal.

Los posibles obstáculos en este aspecto para un entorno fijo, podrían ser los mecanismos de autenticación⁴⁴ y algoritmos desplegados para ello así como la incompatibilidad en los datos requeridos para el registro.

4.1.2.2 Control de la sesión

Un requerimiento imprescindible para ambos entornos, es el control de la sesión, aspecto importante, considerado como el corazón del proceso que hace posible la interconexión de las redes en un entorno de convergencia de servicios. El control de sesión debe poder manejar la sesión a través de todo el dominio del operador de la red fija o móvil y entre las fronteras de las mismas, de tal manera que al usuario le resulte totalmente transparente el servicio proporcionado.

43 GAPTEL, Grupo de Análisis y Prospectiva del Sector de la Telecomunicaciones; Septiembre 2005.

44 Se está estudiando la posible utilización de SIM en los dispositivos terminales.

Hay varios aspectos relacionados al control de la sesión que deben ser considerados, tal como el control de admisión, tarificación, la gestión de conectividad a la red de transporte, establecimiento del portador, esquemas de etiquetado y direccionamiento, QoS, control de la sesión en la frontera, protocolos disponibles y servicios proporcionados en las redes a interconectar.

4.1.2.3 Calidad de servicio

El nivel de fiabilidad, disponibilidad y calidad asociada a las redes conmutadas de circuitos, sobre las que aún se soporta el servicio de voz, ha sido muy elevado. Los clientes de las redes tradicionales, se han acostumbrado, a lo largo de los años, a un nivel de servicio muy alto y, en consecuencia, han desarrollado un alto grado de exigencia en especial con el conversacional por ser el más crítico de los servicios de tiempo real.

La tendencia en ambos entornos es común y apunta a que las comunicaciones se basen en el uso de redes de datos, sobre las que se soportarán todos los servicios actuales y futuros, esto por supuesto, presenta una gran dificultad, ya que las redes de conmutación de paquetes generalmente proporcionan una entrega basada en el mejor esfuerzo, lo que significa que el arribo de los paquetes IP al destino, no está garantizado sin que se haya producido pérdida o corrupción de los paquetes, o incluso que llegue después de algún límite de tiempo especificado. Entonces existe la necesidad de transportar los servicios de tiempo real con la calidad requerida, ya que no admiten mayores retardos, variaciones, ni pérdidas de paquetes que harían de una conversación, un diálogo entrecortado, o de un video, imágenes temblorosas.

Será por tanto de vital importancia asegurar niveles de calidad de servicio para redes basadas en IP, por lo menos, similares a las existentes en la red de circuitos tradicional. Por ello, la disponibilidad de políticas a nivel de red que aseguren la calidad del servicio, es un requisito básico de diseño y es una necesidad ineludible que debe ser abordada de forma global para el conjunto de los recursos de red de cualquier operador, por lo que se debe asegurar un modelo

basado en la diferenciación de niveles de servicio o clases de QoS, que permita solventar las demandas de los potenciales clientes y que trate, finalmente, de forma adecuada los siempre previsible e inevitables escenarios de congestión de los recursos de la red.

Existen actualmente varias alternativas que intentan abordar el problema de la calidad de servicio en redes IP. De cualquier forma, cualquier solución debe incluir, al menos, las siguientes funciones básicas:

- Disponer de mecanismos que permitan la jerarquización del tráfico, estos mecanismos deberían tener funciones de agregación y clasificación de flujos en distintas clases de tráfico y la marcación de prioridades.
- Disponer de un control del tráfico introducido a la red, que debería incluir funciones que permitan monitorizar y controlar el tráfico en la interfaz de cliente de acuerdo al contrato suscrito.
- El acuerdo previo de nivel de servicio entre el abonado y el operador. El contrato que especifica los parámetros de QoS acordados entre el proveedor y el usuario se denomina SLA (*Service Level Agreement*).

Un nuevo modelo de red debe tener la capacidad y flexibilidad de manejar tráfico con diferentes niveles de calidad de servicio optimizando su transporte bajo el esquema de conmutación de paquetes. Para ello, se deben tomar en cuenta aspectos como capacidad de ancho de banda, niveles de retardo, *jitter* y pérdida de paquetes, limitantes propios del mundo IP. Se debe tener claro entonces, las diferentes definiciones de clases de QoS entre las redes fijas y móviles, negociación de portador y procedimiento de renegociación, utilización de *codecs*, la interacción entre QoS y el control de la sesión, reservación del recurso, portadores agregados y cualquier pre-condición de QoS.

4.1.2.4 Seguridad

El mecanismo de seguridad de un sistema está basado en el análisis de amenazas y las medidas tomadas para contrarrestar cada una de ellas. La solución debe permitir la interconexión segura entre distintas redes y aplicar el mecanismo de seguridad correspondiente en cada caso (protección de los datos e identidad del usuario, así como la autenticación, el control de acceso y la tarificación de los servicios) de forma transparente al usuario.

Las redes que soportan servicios móviles han desarrollado sus propios mecanismos de seguridad y autenticación que residen principalmente en la parte de acceso de radio de la red.

En el caso de la prestación de un servicio en la línea fija, no hay ninguna garantía que en un ambiente NGN, el usuario se autenticará con un USIM (Módulo de Información de Subscriptor Universal), así la autenticación debe confiarse en otras técnicas, potencialmente menos seguras. La necesidad de la tarjeta SIM o equivalente en el entorno fijo debe ser un requerimiento de seguridad de alta prioridad.

4.1.2.5 Servicios y capacidades de servicio

Las ventajas que presenten nuevos modelos de red, no es determinante para que le generen ingresos al operador. Los ingresos dependen directamente de cómo el operador se relaciona con sus usuarios, de forma que conozca mejor sus gustos y hábitos, para ofrecerle un mejor servicio. Este aspecto es importante, pues pondrá a los operadores en ventaja para ofrecer nuevos servicios, evitando así convertirse en una simple tubería que transporta información generada por agentes externos al operador.

Los esfuerzos concernientes a nuevos modelos de red tampoco deben enfocarse en la normalización o estandarización de servicios. Más bien deben orientarse hacia la estandarización de las capacidades de servicio, que son los

elementos que sirven para desarrollar servicios nuevos y novedosos que capten el interés del consumidor y que simultáneamente les represente réditos importantes.

4.2 IMS COMO VIABILIZADOR DE LA INTERCONEXIÓN [24], [54], [55], [56], [57]

Las redes de banda ancha IP, xDSL, cable, FTTx, etc. y que actualmente se extienden también a la interfaz aérea a través de técnicas de radio avanzadas, como WLAN, WiMAX, UMTS, HSDPA/HSUPA, etc., permiten la entrega de servicios de tiempo real y no real. Ellas son claves para ofertar nuevos servicios a los usuarios residenciales y comerciales.

IMS es una plataforma relativamente reciente, que ofrece las herramientas necesarias para el desarrollo de ofertas comerciales nuevas y novedosas a través de las diversas redes de banda ancha IP⁴⁵. En general, con la implementación de esta arquitectura, los operadores pueden combinar lo mejor de dos mundos: la calidad y la interoperabilidad de las redes de telecomunicación con el rápido e innovador desarrollo de Internet.

Aunque IMS fue definida inicialmente para el ambiente móvil, con el propósito de proveer una plataforma para la entrega de todos los tipos de servicio multimedia que se prestan en ese entorno, ha existido un creciente interés en IMS entre los operadores de red fija como plataforma para el control de la sesión NGN, ya que ellos necesitan desarrollar rápidamente nuevos servicios generadores de ingresos para saldar la brecha con los competidores móviles, de esta manera los servicios que permite desarrollar IMS son extendidos hacia los usuarios de los operadores fijos. Hay varios factores que indican que en las redes fijas existiría una evolución más rápida a una red “todo IP” basada en IMS que en redes móviles; cuentan por ejemplo, con las características favorables de ancho de banda (a través de las tecnologías xDSL entre otras) para soportar más

45 El Mercado de aplicaciones que habilitaría IMS según ABI Research, Reporte 2006: “IMS Core Networks for Fixed and Mobile Operators”, generará \$49 billones por servicios a nivel global en el 2011.

tempranamente los servicios y aplicaciones que habilita IMS y con mejor calidad que en el entorno móvil 3G.

Y si bien, IMS se ha desarrollado en una primera instancia, con un enfoque de despliegue dentro del dominio de un solo tipo de operador, la meta es entregar servicios multimedia no solamente a través de un dominio determinado sino que la comunicación sea de extremo a extremo a través de la interconexión en la frontera de los dominios de los distintos operadores como paso previo y necesario para llegar a la tan sonada convergencia de las redes fija y móvil. Pero para que esto sea viable, entre muchos otros aspectos, la arquitectura IMS debe garantizar servicios transparentes y fiables a través de las fronteras y mientras su funcionalidad se define bien, se desarrolla y se estandariza, se debe prever la temprana interacción entre dos o más dominios IMS.

4.2.1 SERVICIOS COMBINACIONALES IMS CS [36], [60]

El despliegue de la arquitectura IMS en el entorno móvil, puede tomar un mediano tiempo, en el cual debe convivir con las redes GSM/GPRS/EDGE/WCDMA existentes. Durante este periodo de convivencia, surgirán servicios de valor agregado que deben adecuarse a la tecnología disponible. Por ejemplo, las portadoras radio de paquetes existentes no permiten aún el intercambio de medios conversacionales de forma eficiente, se soportarían entonces a través del dominio CS por un tiempo, que puede resultar relativamente largo, para trabajar conjuntamente con el dominio IMS de la red 3G.

En este escenario, se hace imprescindible contar con mecanismos para la provisión de servicios que puedan interactuar con ambos dominios de manera simultánea y eficaz, para no dilatar el tiempo que conlleva el establecimiento de los servicios de tiempo real, como las llamadas de voz, además se proyecta que la implementación de estos mecanismos soporten inversiones recientes en otros sistemas.

La versión 7 de IMS 3GPP, se enfoca a cubrir aspectos que abarcan las llamadas de emergencia, mejoramiento del sistema para accesos de banda ancha fija al IMS, telefonía multimedia y la combinación de portadoras en el dominio CS con redes IMS, esta última propuesta es más conocida como “servicios combinacionales IMS CS” (CSICS, *Circuit Switched IMS Combinational Services*).

Los servicios combinacionales utilizan de forma simultánea dos tipos de portadoras para proporcionar servicios multimedia al usuario; de esta manera, es posible establecer una o más sesiones IMS adicionales a una llamada cursada por el dominio CS (o viceversa). La llamada CS y la sesión IMS son establecidas entre los mismos participantes que percibirán el servicio como uno sólo, la idea de esto se aprecia en la figura 4.3. Estos servicios combinacionales habilitan el intercambio bidireccional de datos PS dentro del contexto de una sesión IMS y pueden ser ofertados a través de GERAN (*GSM/EDGE Radio Access Network*) y UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*), el usuario solo necesita conocer una dirección para establecer el servicio combinado. Es importante anotar que la arquitectura CSICS define el interfuncionamiento sólo dentro de la PLMN o entre dos PLMNs

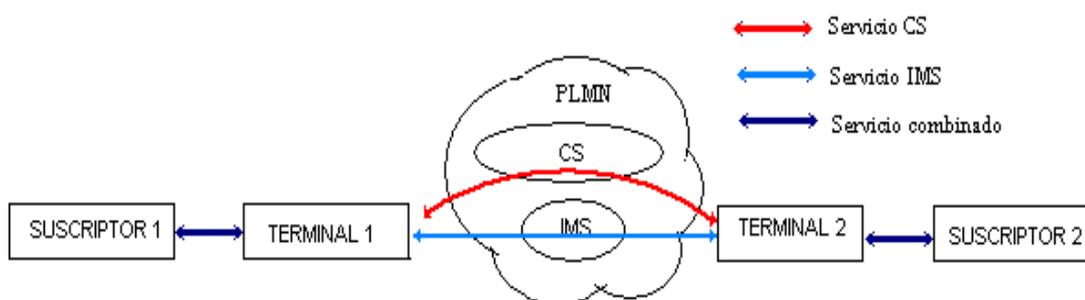


Fig.4.3 Concepto de servicios combinacionales [36].

Un ejemplo simple del servicio combinacional, es el establecimiento de video combinado con una sesión conversacional, en la que la parte de voz utiliza el dominio de los circuitos y la parte de video es provista como un servicio basado en IMS (ver figura 4.4).

Lo que se quiere lograr a través de los servicios combinacionales es asignar los recursos óptimos y necesarios para proporcionar el servicio de voz con la QoS necesaria. El CSICS es en la práctica un conjunto de servicios que permiten enriquecer una llamada.

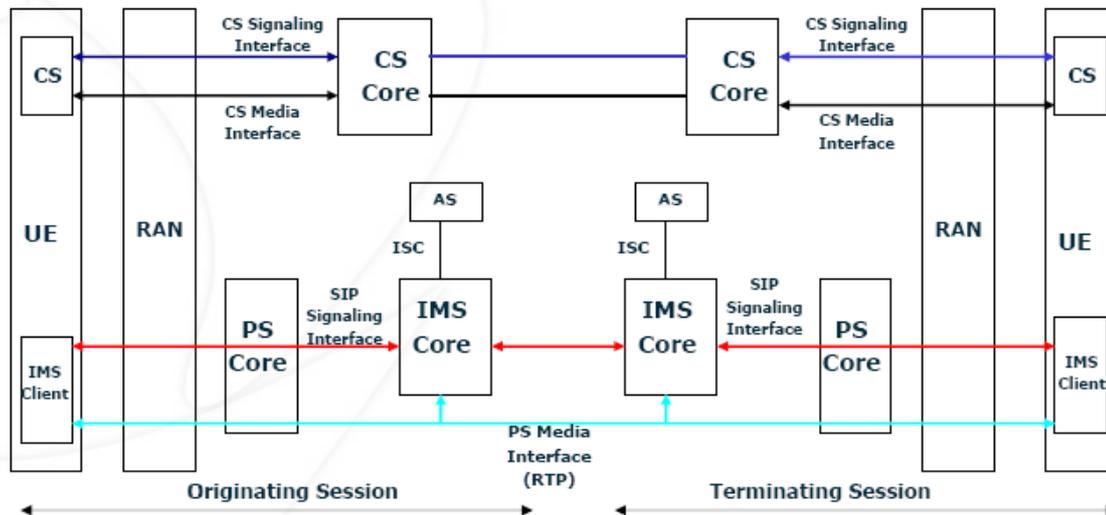


Fig. 4.4 Arquitectura de Servicios Combinacionales [60].

Estos servicios están siendo estandarizados por el 3GPP, que está estudiando distintas aproximaciones para su implementación que permitan el intercambio de datos (video, texto, imágenes) entre usuarios en el transcurso de una llamada de voz, que también soportará la interoperabilidad entre redes de diferentes operadores e itinerancia.

Un servidor de aplicación (CSI AS) puede ser incluido en la arquitectura para cuando el UE origen usa IMS y el UE destino usa CS, este CSI AS debe soportar el procedimiento para la división, modificación, combinación y liberación de la sesión multimedia.

Cuando uno de los usuarios participantes termina la llamada CS de un servicio combinacional, la sesión IMS puede continuar. Cuando uno de los usuarios participantes termina la sesión IMS de un servicio combinacional, la llamada CS puede continuar. Cuando el usuario A envía la media a un usuario B,

el usuario B puede aceptar o rechazar la media (se necesita la confirmación de la parte destino) y viceversa.

Los servicios combinacionales deben ser necesariamente soportados por la red y por el terminal. En ese sentido, se requiere que el terminal CSISC soporte la conexión CS y PS simultáneamente⁴⁶ y además que soporte el intercambio de las siguientes capacidades entre los dos terminales:

- Intercambio de la capacidad de radio.
- Intercambio de capacidad del terminal.
- Intercambio del número E.164 (para enrutar la llamada CS).
- Adicionamiento de sesiones IMS a una llamada CS establecida.
- Adicionamiento de una llamada CS a una sesión IMS establecida.

La voz transferida a través del dominio CS es conveniente ya que el nivel de servicio de voz, será igual a una llamada regular CS y además porque la transferencia de la voz a través del dominio CS, libera capacidad de la conexión de paquetes de datos (conveniente cuando la red de acceso tiene un ancho de banda bastante bajo para servicios de tiempo real).

4.2.2 SERVICIOS IMS COMUNES EN ENTORNOS FIJO Y MÓVIL

Los servicios que permite desarrollar la arquitectura IMS tienen un enorme potencial. Con ellos, se puede brindar una mejoría de la percepción del usuario, tanto en la forma actual de comunicación como con la disponibilidad de nuevos servicios que ofrecen accesos a contenidos y entretenimiento.

⁴⁶ En GERAN esta característica de los terminales es llamada Dual Transfer Mode (DTM) y en UTRAN, multiRAB.

Una de las características más importantes en IMS será la introducción de servicios interactivos como son: juegos, servicios de mensajería instantánea y compartición de archivos incluyendo contenidos en diferentes medios (imágenes, vídeo, audio o una combinación de los mismos). Otro servicio que se potenciará, es el relacionado con la compartición de contenidos durante una comunicación de voz, la que se “enriquece” al adicionarle datos de valor agregado (como la transferencia de imágenes o video clips) sin interrupciones durante dicha comunicación, consiguiendo compartir de forma instantánea una fotografía o un vídeo mientras se está manteniendo una llamada tradicional de voz.

Para beneficiarse del universo de posibles servicios, los operadores de móvil y los de fija, previamente han de identificar los servicios efectivamente comunes o equivalentes entre sí a lo largo del despliegue y madurez de sus respectivas redes IP con plataformas IMS, como se representa en la figura 4.5, que permita proveer dichos servicios a través de ambos dominios o entornos.

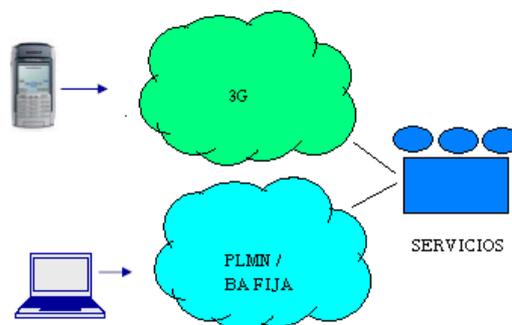


Fig. 4.5 Acceso a servicios comunes entre las redes fija y móvil.

Debido a las características de los servicios, de las tecnologías de acceso en modo paquete y de la disponibilidad de terminales 3G y NGN, el plan de desarrollo y despliegue de servicios IMS, no será necesariamente igual en ambos entornos. Éste se dará a través de un periodo de tiempo, en base a las características de los terminales y tecnologías de acceso 3G y NGN. Este periodo de tiempo, que puede ser relativamente largo, es especialmente importante, puesto que durante el mismo, debe consolidarse el éxito comercial de los servicios desplegados sobre dicha arquitectura para garantizar la financiación de

estos despliegues, éxito, que no puede alcanzarse sin garantizar una calidad óptima en la interconexión, que refuerce la percepción de los usuarios que acceden desde las diferentes redes y que empuje a los operadores a decidirse a migrar a un entorno completamente IMS.

Se estima que los servicios de tiempo no real (servicios como la simulación de la mensajería instantánea con IMS, presencia, etc.), comparativamente tendrán fases cercanas de despliegue en ambos entornos. Mientras que los servicios de tiempo real, como la voz enriquecida con otros elementos, tendrán etapas de consolidación que resultarán distantes, pues en el entorno fijo lo hará en una primera fase de despliegue de la arquitectura IMS, mientras que en el móvil, lo hará en las últimas etapas, debido a que el transporte vía radio aún es deficiente para garantizar un nivel de calidad de servicio adecuado en el entorno móvil, por lo cual, se espera que permanezcan en el dominio de los circuitos en los años próximos, excepto los servicios como el *Push over Cellular* (PoC), con requisitos menos restrictivos que los del tipo conversacional, que ofrecen un atractivo enorme en el entorno móvil.

4.3 ARQUITECTURA DE INTERCONEXIÓN FIJO- MÓVIL [29], [45], [55], [56]

Es importante idear una metodología para una tarea tan grande como la de interconectar los dominios fijo y móvil, como para cursar una sesión conversacional, a la cual se le añaden componentes multimedia por ejemplo.

Un aspecto a considerarse es que, el tratamiento de la voz será diferente en ambos entornos. En la NGN TISPAN, el servicio de voz enriquecida se desarrolla como una sesión en la que se reservan recursos para el servicio conversacional y los elementos multimedia que enriquecen la sesión (video, imágenes, texto, etc.), todos estos componentes se intercambian utilizando portadores de conmutación de paquetes, sin la interacción de ninguna entidad de circuitos.

La propuesta de utilizar los servicios combinacionales para la sesión de voz enriquecida⁴⁷, donde los servicios conversacionales (voz, video) son transportados a través del dominio de circuitos y los restantes componentes a través del dominio de paquetes, donde la QoS es menos restrictiva con clases de servicio *streaming*, interactivo o *background*, puede resultar acertada, teniendo en cuenta que en este escenario, IMS tendrá el control exclusivo de la sesión, mientras ésta dure.

Por otro lado, es ventajoso que los elementos involucrados en la interconexión, I-BGF e I-BCF, se encuentran claramente definidos en la NGN y considerados en 3GPP. En este sentido, se analiza a continuación, una posible arquitectura que soportaría la interconexión de ambos dominios, ya que se considera que la plataforma IMS, posee los atributos suficientes para ello. Es así que, dicha solución, debe considerar los requerimientos y conceptos previos, derivados de los requerimientos de los sistemas, identificación de las funciones importantes de la plataforma IMS que guían a una arquitectura funcional. Es necesario también, analizar las capacidades, comportamiento y diferencias de las funciones IMS en ambos entornos y comparar los protocolos usados para soportar las capacidades y comportamientos de las redes.

4.3.1 MODELOS DE INTERCONEXIÓN [20], [56]

En un posible escenario de interconexión fijo- móvil, ambas redes se constituyen en dominios IMS diferentes, así pueden llegar a considerarse dos modelos principales que son alternativos y complementarios al mismo tiempo, éstos son el “modelo *peer to peer*” y el “modelo *Hub*”.

Se considera que cada uno de estos modelos evolucionará conjuntamente con el desarrollo y despliegue de la arquitectura IMS. La introducción de cada uno de estos modelos probablemente sea a tiempo secuencial, es sumamente seguro,

47 Los servicios combinacionales IMS proporcionan medios a una estación móvil para combinar una llamada de voz CS con servicios IMS entre los mismos dos usuarios. La motivación es introducir la telefonía multimedia, sin requerir una actualización inmediata de radio para soportar VoIP.

como antesala a la convergencia total de las redes, que el modelo *peer to peer* preceda al modelo *Hub* debido a sus requisitos técnicos menos complicados.

A.- Modelo “*peer to peer*”

Se trata de dominios IMS diferentes, que se interconectan entre las capas de control a través de *gateways* de borde, ver figura 4.6. Los usuarios pueden realizar itinerancia y disponer de servicios según los acuerdos entre operadores.

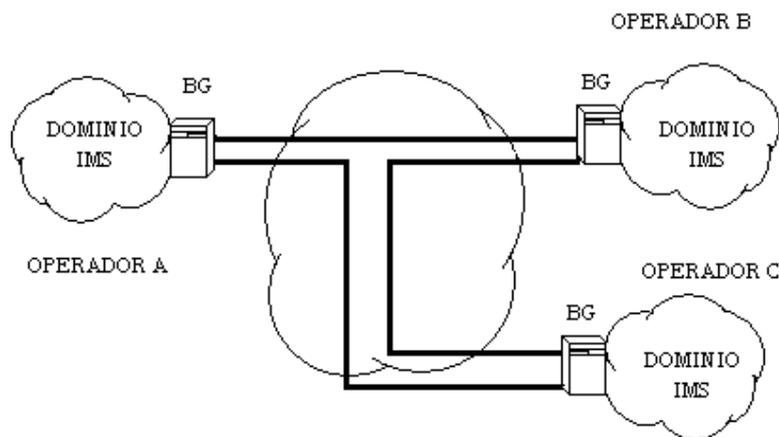


Fig. 4.6 Esquema del modelo peer to peer de interconexión [56].

b.- Modelo “*Hub*”

En el cual existe una plataforma final común en torno a un único plano de control IMS, tal como se ve en la figura 4.7, existiendo unidad tanto en usuarios como en servicios con un operador único, sin distinción de acceso para maximizar las sinergias y la oferta de algunos servicios convergentes a futuro. Este modelo en particular puede resultar interesante para operadores que cuentan tanto con redes móviles como fijas.

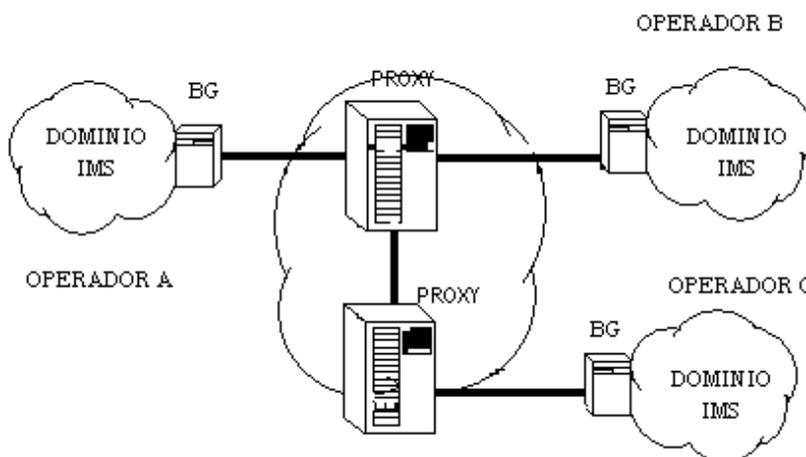


Fig. 4.7 Esquema del modelo Hub, donde existe una plataforma de control común [56].

De las dos aproximaciones para interconexión IMS, el modelo *peer to peer*, es el que probablemente sea el primero en ser desplegado. Una de las razones pudiera ser el pequeño número de partes interactuando en los escenarios iniciales de interconexión que aparecerán a nivel local o regional y solo después de algún tiempo, la interoperabilidad internacional.

4.3.2 ESCENARIO DE INTERCONEXIÓN FIJO- MÓVIL

Para el análisis del escenario de interconexión fijo- móvil, donde cada sistema implementa una plataforma IMS, se ha considerado un modelo *peer to peer* considerando que los dominios CS e IMS aún interactuarán por un tiempo en el entorno móvil, que puede resultar relativamente largo, hasta adoptar el modelo All IP que propugna la tecnología 3G inalámbrica y por lo tanto se recurre al concepto de Servicios Combinacionales. En este sentido se asume las siguientes características en las redes:

Una red 3GPP que cuenta con un acceso UTRAN usando el protocolo IPv6 en una red evolucionada de transporte GPRS con dominios de paquetes y circuitos interfundiendo con la utilización de los Servicios Combinacionales CS-IMS, donde el control de la sesión reside en los componentes y funciones de un subsistema IMS 3GPP; y por otra parte,

Una red NGN TISPAN, con una red de acceso de tecnología xDSL, que usa el protocolo IPv4 en una red de transporte NGN IP y un subsistema IMS NGN para la gestión y control de la sesión.

Como se nota, ambos sistemas cuentan con un subsistema de control IMS, donde las entidades SIP y funciones del módulo CSCF gestionan la señalización del establecimiento de las sesiones, el esquema se representa en la figura 4.8. Los requerimientos de versiones IP pueden no necesariamente ser diferentes en ambas redes (pueden emplearse IPv6 para 3GPP e IPv6 o IPv4 para NGN TISPAN), en este caso particular, se escoge IPv4 para observar el comportamiento de los nodos de interconexión.

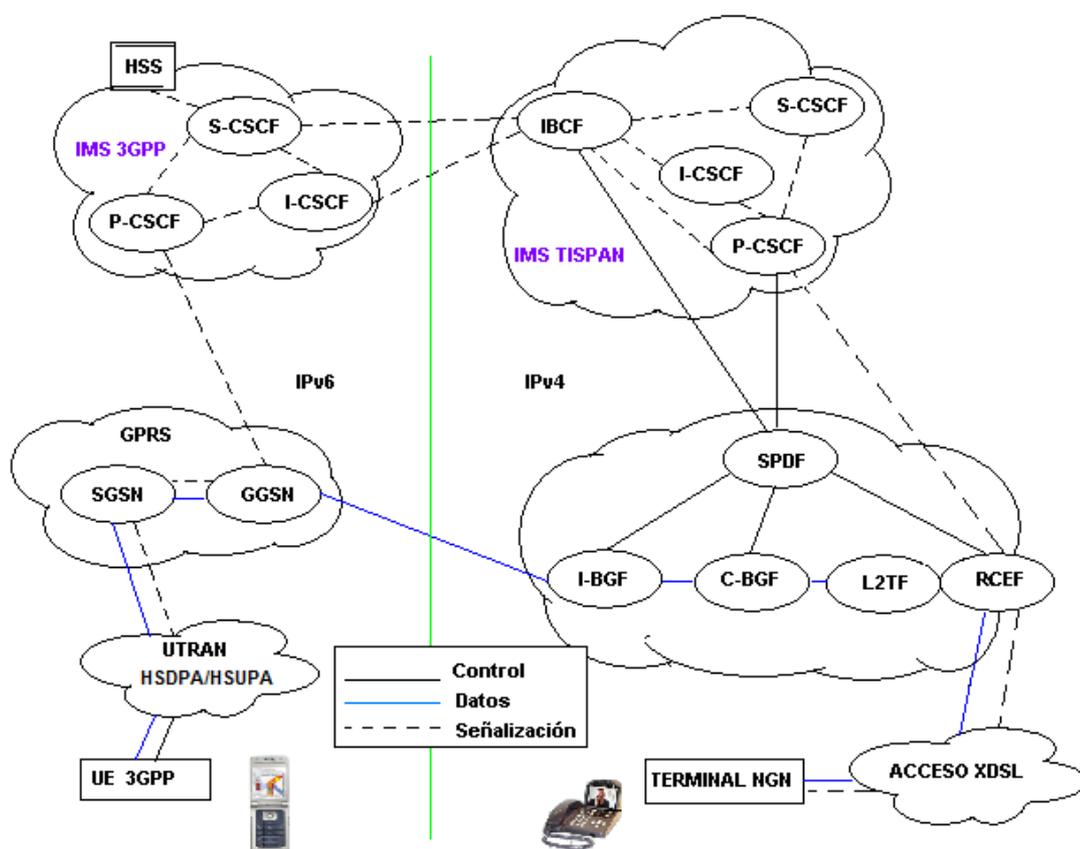


Fig. 4.8 Esquema de las redes interconectadas fija y móvil a nivel de control IMS [55].

Hay que mencionar también que en la red fija, el uso de mecanismos de precondiciones⁴⁸ para medios de tiempo real, es opcional ya que no se considera necesaria la reserva de recursos en la banda ancha fija y se asume que el desempeño de los UEs NGN les permite soportar mecanismos de precondiciones; pero en la red 3GPP, los mecanismos de precondición, establecidas por medio del perfil SIP, si son necesarias para reservar recursos y garantizar la QoS. De tal manera que, si el terminal NGN fuera el originante y debiera soportar mecanismos de precondiciones, mediante el requerimiento SIP INVITE, alertaría al UE 3GPP sobre una sesión entrante y le informaría que cuenta con los recursos y la QoS necesaria para continuar la sesión de tiempo real, y si por el contrario, fuese el destinatario, a través de los modos SIP PRACK o UPDATE, indicaría el soporte de mecanismos de precondición. Si la petición inicial INVITE se recibiera en el UE 3GPP, éste verificaría si requiere reservar recursos locales en base a los requerimientos de la aplicación, capacidades de la red de acceso actual, configuración local, etc. Con esto se garantizaría una comunicación exitosa, sin mensajes de conexión fallida entre los terminales de ambas redes.

En el lado 3G, los datos llegan al nodo B, encargado de recoger las señales emitidas por los terminales, y pasan al RNC para ser procesadas (estos dos componentes es lo que se denomina UTRAN). Luego los datos pasan al núcleo de la red, conformado por conmutadores que encaminarán los datos por los diferentes dominios, según vayan a uno o a otro seguirán un camino pasando por el MSC (*Mobile Switching Centre*), o por el SGSN (*Serving GPRS Support Node*) y GGSN (*Gateway GPRS Support Node*).

En la arquitectura NGN, el módulo RACS, ubicado en el subsistema de transporte, realiza el control de admisión y reserva de recursos. Antes de admitir el tráfico a, o desde un usuario individual, el RACS verifica tres cosas: el perfil del usuario almacenado en el NASS, cualquier política específica del operador, y la disponibilidad de recursos (ej. el ancho de banda suscrito o disponible). RACS

48 Los mecanismos de precondición están definidos en el RFC 3312 (October 2002): "Integration of resource management and Session Initiation Protocol (SIP)" y RFC 4032 (March 2005): "Update to the Session Initiation Protocol (SIP) Preconditions Framework".

esencialmente proporciona control de transporte basado en políticas para proveer medios a los servicios de valor agregado y así obtener recursos de red necesarios para ofrecer servicios al usuario final.

Se consideran además dos elementos importantes en la red NGN para aplicar los mecanismos necesarios en la interconexión: el I-BGF, en el plano de transporte y el I-BCF en el plano de control, que son utilizados para realizar la conversión entre direcciones IP de distinta versión que pudieran provenir de otros dominios fuera de la red del operador NGN IMS. La entidad I-BCF se constituye en un mediador en el intercambio de señalización de las entidades IMS de NGN con las entidades de IMS de 3G.

Para el presente caso, la señalización SIP que llega al dominio NGN TISPAN y que contiene direcciones IPv6 del terminal perteneciente al dominio 3GPP, es intervenida por el I-BCF que reemplaza dichas direcciones que figuran en el cuerpo SDP (descripción de los medios) por direcciones IPv4, que apuntan al I-BGF, el mismo que las reenvía al siguiente nodo de IMS NGN. En cuanto a la señalización SIP que proviene del dominio NGN TISPAN, las direcciones IPv4 del terminal NGN son reemplazadas por el I-BCF con direcciones IPv6 que apuntan a la I-BGF, y las envía al dominio 3GPP. Estos dos nodos en particular, garantizan la interconexión transparente con redes externas, pero además realizan funciones de protección como ocultación de la topología, firewall, y extremo DiffServ.

En el plano de transporte, cuando los medios empiecen a ser intercambiados, los medios IPv4 del terminal NGN se dirigen a la I-BGF, que los transforma en paquetes IPv6 para entregárselos al terminal 3GPP y viceversa. Para los terminales, el intercambio de medios es transparente, pues creará que lo está haciendo con otro terminal y no con los nodos de interconexión de la red de destino.

Cualquiera de las dos redes puede ser la de origen o la de destino en la sesión interoperador, sin que ello tenga relevancia en la interconexión de las

redes, que ocurre en el plano de transporte y de control. Para el análisis subsiguiente, se considera que la sesión se inicia en la red móvil 3G.

Como se había anticipado, en el lado de 3GPP, la sesión de voz enriquecida hace uso de elementos de la red CS y de IMS a la vez, es decir, una sesión combinacional, mientras que en lado NGN, el terminal sólo emplea portadoras de paquetes sin intervención de elementos de circuitos. Hay que tener presente que las especificaciones de servicios combinacionales en 3GPP, contemplan varias aproximaciones y escenarios de comunicación directa entre terminales que prestan simultáneamente servicios combinacionales pero no con aquellos que no disponen de estas características, es decir terminales enteramente IMS. En vista de esto, se considera necesaria la gestión de un servidor de aplicaciones AS CSI, que presta el servicio combinacional al separar o combinar los flujos de información para distintos equipos de usuario que hacen uso de dominios CS e IMS indistintamente. El AS CSI, se comunicará entonces con el terminal 3GPP vía circuitos y vía IMS para indicar los medios a intercambiar y establecer una portadora de circuitos con el terminal a través de la MGCF respectivamente. Cuando se establece la portadora de circuitos y se reservan los restantes recursos IP, se continúa con el establecimiento de la sesión (método UPDATE).

El AS CSI también establece un diálogo con el terminal NGN a través del método INVITE, en el cuerpo SDP se indican los parámetros para la voz junto con los restantes medios que solicitó el terminal 3GPP. La MGW interviene en el intercambio de voz de ambos terminales, convirtiendo la voz sobre circuitos a VoIP y viceversa.

4.3.2.1 Establecimiento de la sesión

El primer paso entonces, involucra al terminal móvil ubicado en la red UMTS, el encendido y la selección de una celda apropiada. Una vez hecha la adquisición del sistema, el móvil puede ser considerado que está listo para el establecimiento de una sesión de datos. El usuario entonces decide marcar al destino en la red NGN e iniciar una sesión conversacional enriquecida con elementos multimedia.

Lo que sigue ahora, es establecer una conexión de datos para el transporte de la señalización SIP y los servicios propiamente dichos. La conexión de datos debe ser completada en dos pasos usando las secuencias de mensajes de activación del contexto PDP (*Packet Data Protocol*). La activación de un contexto PDP asigna una dirección IP al terminal móvil y crea una asociación, para esta dirección IP, entre el SGSN y el GGSN. La conectividad IP es proporcionada y controlada por estos dos nodos, que permiten que los mensajes de señalización entre el terminal móvil y el P-CSCF sean transmitidos adecuadamente a través del GGSN.

Con la activación del contexto PDP, el terminal móvil está habilitado para identificar el P-CSCF para el registro con la red 3GPP (previamente el terminal móvil no conoce la dirección IP del P-CSCF para iniciar el registro, requisito indispensable para iniciar la sesión multimedia). El terminal móvil 3GPP actúa como un cliente SIP y envía un requerimiento de registro a la red local a través del P-CSCF. El HSS, en base del perfil del suscriptor y las limitaciones del operador, notifica al terminal que está permitido su registro en la red y le otorga autorización. Una vez autorizado, un S-CSCF apropiado es asignado, al cual le es enviado el perfil del suscriptor.

4.3.2.2 Mensajes de señalización

Después de la activación del contexto de PDP y el registro, el UE está listo para establecer la sesión. Los mensajes de señalización pueden ser resumidos en cuatro categorías:

- 1) Invitación a la sesión, en la que la parte que quiere iniciar una sesión, está invitando a la otra parte a que entre en la misma.
- 2) Reservación de recursos, en la cual los recursos necesarios son reservados para uso de tonos y anuncios así como para el establecimiento de portadores entre las dos partes.

- 3) Oferta de sesión, que empieza con la alerta de sesión entrante (ringring) a la parte destino y la información de esta alerta a la parte que quiere iniciar la sesión.
- 4) Y finalmente, Conexión de la Sesión en la que la parte destino contesta la llamada.

Así, un mensaje SIP INVITE, en el cual se incluyen las precondiciones de QoS dentro del Protocolo de Descripción de Sesión (SDP) para la fase de negociación de los extremos, es enviado desde el UE originante al P-CSCF respectivo (en la red visitada o local) y remitido al S-CSCF asignado, vía I-CSCF, y finalmente a la red de destino, esto se cumple dentro del proceso de intercambio de las características de los medios.

Cuando el I-BCF recibe el requerimiento INVITE, reemplaza las direcciones IPv6 del mensaje SIP/SDP por direcciones IPv4 que apuntan a la I-BGF y remite el requerimiento al I-CSCF de la NGN. Al recibir la respuesta "*183 Session Progress*", el I-BCF reemplaza las direcciones IPv4 del mensaje proveniente del lado NGN por direcciones IPv6 que apuntan al I-BGF, y realiza el reenvío de la señalización al dominio 3GPP (eliminando antes las cabeceras que contengan información sensible). En la señalización siguiente, el I-BCF repite el mismo procedimiento, ver figura 4.9.

La red determina y reserva los recursos necesarios para soportar la sesión. Una vez los recursos son reservados, el UE originante recibe un mensaje que le indica que el otro extremo está recibiendo un tono de llamada entrante, cuando el usuario levanta el auricular o acepta la llamada, una confirmación de establecimiento de sesión (SIP OK) y reconocimiento (SIP ACK) es intercambiada entre los puntos originante y destinatario.

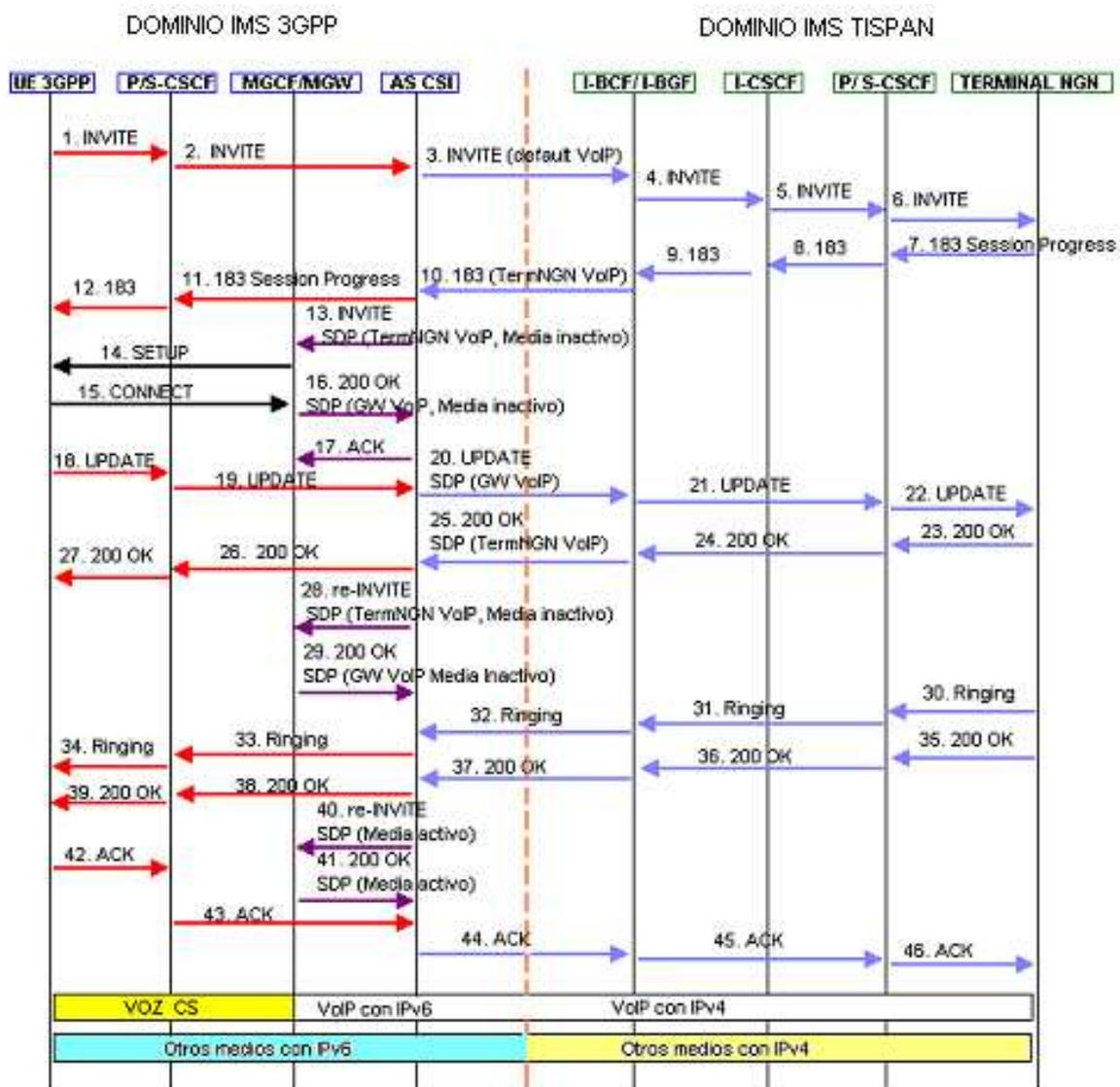


Fig.4.9 Intercambio de flujos de señalización en el establecimiento de la sesión [55].

Una vez terminado este proceso, cualquiera de los terminales puede empezar el flujo de información y la sesión estará en progreso. Cuando comienza el intercambio de medios, el terminal 3GPP envía los flujos a la dirección IP de la I-BGF, la cual transforma los paquetes IPv4 en paquetes IPv6 y los reenvía al terminal NGN y viceversa. En el caso de la voz, la MGW recibe la voz por los circuitos del terminal 3GPP, la convierte en VoIP con IPv6 y la envía a la I-BGF y viceversa.

4.4 CONSIDERACIONES FINALES [21], [27], [52], [58]

4.4.1 LIMITACIONES DE IMS

IMS se orienta a constituirse en un estándar para la convergencia entre las diferentes tecnologías de redes existentes, es una plataforma pensada para facilitar el proceso, creación e implementación de servicios multimedia que se pueden entregar a través de las redes IP y por supuesto los servicios de la telefonía tradicional (móvil y fija).

Pero, a pesar de que IMS genera tal expectativa en cuanto a la convergencia tecnológica y de servicios, actualmente es un modelo complejo y costoso. Las implicaciones inherentes a su implantación, atenúan en cierta medida los enormes beneficios de su uso y por ahora se orientara a formar una plataforma de prueba a gran escala para servir a una amplia gama de tecnologías de cuya interoperabilidad aún no se tiene certidumbre. Es decir, aún existe preocupación por su desempeño en general y por la integración de las aplicaciones y tecnologías en una misma plataforma de servicio.

Es patente en el mercado, la disponibilidad de varias soluciones IMS basadas en estandarizaciones que no están totalmente finalizadas en términos de una estandarización. Es bastante riesgoso el lanzar soluciones IMS y que luego éstas deban ser alteradas una vez que se complete el proceso de estandarización para garantizar la interoperabilidad entre fabricantes. Lo más peligroso para IMS quizá pudiera ser que no se logre una aceptación en el mercado mundial por lo menos parecida a otras tecnologías dentro de la telefonía fija o móvil, como por ejemplo Wi-Fi o WiMax. Por ello la implantación de IMS puede de hecho, ser una estrategia que conlleve un alto nivel de riesgo.

La adopción de IMS a corto y mediano plazo, dependerá de qué tan rápido y urgente sea, por parte de los operadores, iniciar un proceso de generación de nuevos réditos a través de la creación y entrega de servicios multimedia y de la propia madurez que alcance la plataforma. Se puede considerar entonces, que su

plena adopción es una posibilidad a largo plazo, de tal forma que para iniciar su implantación, bastará por el momento con ubicar una capa de control en las infraestructuras actuales además de un eficiente mecanismo de facturación que permita comenzar a cobrar las primeras integraciones de servicios.

Otra cuestión importante que se puede notar es que los organismos que generan las especificaciones de NGN e IMS, llevan un ritmo mucho más acelerado del que pueden aceptar los operadores y fabricantes de equipo para su implantación o creación, pero van más lento que la evolución tecnológica y la generación de nuevos modelos de negocios. Lo cual da la idea, de que esta plataforma tecnológica, todavía se encuentra fuera de un verdadero proceso de estandarización.

4.4.2 DESAFÍOS PARA LAS NUEVAS REGULACIONES

Actualmente el mundo de las telecomunicaciones está conformado por una amplia variedad de redes. La mayoría de estas redes son altamente especializadas y diseñadas para proveer un servicio específico, por ello se les denomina como “redes integradas verticalmente”, es así que, cada red dispone de sus propios sistemas de gestión adaptados a las características y la problemática inherente a cada tecnología cuyos servicios de telecomunicaciones a grandes rasgos se agrupaban en cuatro grupos definidos y sujetos a regulaciones específicas, como es el caso de la telefonía fija, telefonía móvil, transmisión de datos y radiodifusión.

Pero la evolución de la infraestructura de las redes, servicios e inclusive las relaciones comerciales, impulsada por la creciente demanda de los usuarios de servicios de nueva generación, requerirá ser soportada sobre redes a las que los usuarios accederán desde terminales de naturaleza distinta (móvil, PDA, TV, PC, NGN, etc.), donde los servicios, incluida la voz, deberán implementarse de manera transparente, sencilla y eficiente en costos. Dentro de este escenario de renovación de redes y nuevas tecnologías, la interconexión es un paso previo y necesario para llegar a la convergencia que necesita contar con un marco

regulatorio adecuado, el mismo que será clave para asegurar la accesibilidad de todos los usuarios, así como para facilitar la apertura inmediata de los mercados a nuevos operadores y favorecer el despliegue de infraestructuras.

El modelo IMS propone una arquitectura con una capa de control y una capa de aplicaciones comunes e independientes del tipo de acceso que utilice el cliente, ya sea esta fija o móvil, lo que da una pauta para facilitar la integración o convergencia de ambas redes bajo la figura de una red única, lo que representaría una gran ventaja para los operadores integrados, y que implica que la explotación de esta red convergente debería ser también única.

Diferentes cuerpos de regulación y estandarización, europeos en especial, están trabajando para asegurar que las comunicaciones basadas en IP cubran diferentes (a veces contrarias) necesidades de los varios miembros de la comunidad global de las telecomunicaciones. Problemas específicos que están siendo, o necesitarán ser dirigidas incluyen: la obligación de servicio universal, plan de numeración, portabilidad numérica, la fiabilidad y calidad de servicio, servicios de emergencia, seguridad de los datos e interceptación legal.

En lo que respecta a temas como *roaming* e interconexión entre varios dominios IMS, se prevé que siga un modelo similar a las etapas que ha seguido GSM. En una primera fase, debido al número pequeño de operadores móviles que tendrían un dominio IMS totalmente funcional, la interoperabilidad entre ellos, se lograría a través de acuerdos bilaterales basados en las relaciones comerciales directas. Pero esto presenta dificultades, por ejemplo, ¿se dejará al libre albedrío y acuerdo entre operadores la posibilidad de que un usuario suscrito a un servicio de Banda Ancha con un operador, pueda obtener servicios IP por parte de otro operador? ¿Se establecerá una regulación que obligue a un operador el abrir su red de Banda Ancha a otros operadores para servicios IP, a cambio de un pago determinado?⁴⁹

49 Maximiliano Auer *NGN Solutions Architect Manager FSD-RSC LatinAmerica ALCATEL/México 2006.*

En la Unión Europea, por ejemplo, se deja el desarrollo de los acuerdos de interconexión sujeto a la negociación entre las partes; cualquier operador de redes o proveedor de servicios tiene el derecho y la obligación de interconectar sus redes, cuando otro operador se lo solicite⁵⁰.

Por lo anotado, la problemática es también tarifaria además de técnica u operativa, porque la regulación debe definir el modelo de entrada al mercado de los nuevos operadores. Los distintos precios de interconexión, muestran la relación inseparable entre tarifas de interconexión, desequilibrio tarifario del operador establecido, beneficio para los usuarios y estímulos para desplegar redes de acceso. El precio de interconexión que un operador paga a otro por utilizar alguno de sus tramos de red o sus servicios de interconexión, es un coste añadido a los propios del operador, a incluir en el cálculo del precio final que paga el usuario por sus llamadas.

En tal sentido, existen diferentes tendencias al respecto de cómo deben ser regulados los servicios IP, que evidentemente son más complejos que los servicios de telefonía tradicional, que incluirán video, presencia, mensajería instantánea, etc. De manera especial, es la VoIP la que trae la mayor cantidad de interrogantes para la regulación; se entiende en general que este servicio es agnóstico de la posición geográfica, por lo que no aplican tarifas de larga distancia. Una opción que toma forma a nivel internacional, plantea regular el servicio, más que la tecnología subyacente para brindar el mismo. Por otro lado, algunos países (sobretudo en Europa) ven a este servicio como un posible reemplazo del servicio telefónico tradicional, y por lo tanto se encuentran trabajando en regulaciones similares a las existentes. En los países que se contemplen un reemplazo de la telefonía tradicional, se requiere garantizar la calidad del servicio. El modelo IMS permite asegurar una adecuada calidad de voz a lo largo de la red NGN/IP.

50 Directiva 97/33/CE de 30 de junio de 1997 sobre interconexión.

Se conoce también, que en otros países, la tendencia es que no exista una profunda regulación de estos servicios (como por ejemplo Australia) y se establece que el servicio tradicional de voz que cumpla totalmente con la regulación actual debe estar disponible como tal, en caso de que el usuario así lo requiera, siendo los servicios IMS una opción alternativa para el usuario final. Esta tendencia involucra una doble inversión para los operadores, que deben mantener ambos servicios.

En cuanto se refiere a nuestro país, en donde la telefonía fija, que alcanza una densidad telefónica promedio de apenas 4 teléfonos por cada 100 habitantes⁵¹, ha sido manejada mayoritariamente por el Estado a través de las operadoras Andinatel S.A., Pacifictel S.A. y ETAPA, empresa Municipal que presta servicio dentro de la Ciudad de Cuenca, se contemplan planes estratégicos para la implantación de Redes de Nueva Generación. Por ejemplo, Andinatel ejecutaría proyectos en el 2008, utilizando tecnologías NGN, para mejorar las comunicaciones en la Región Norte con un plan piloto en Quito. Por otro lado, Pacifictel S.A realizó una convocatoria a mitad del año (se recibieron dos ofertas de empresas: ZTE y Huawei Technologies), para la adquisición del equipamiento para la implementación de una Red de Próxima Generación, lo que le permitiría a Pacifictel renovar su plataforma tecnológica que irá desplazando a la plataforma tradicional que dispone.

En resumen, el modelo IMS contempla y resuelve los problemas de interconexión desde un punto de vista técnico, llegando a permitir, inclusive, que el operador que provee servicios de VoIP pueda indicarle al operador que provee el acceso de banda ancha que le asigne más recursos a un usuario, en forma temporal, mientras dura su llamada, asegurando así una óptima calidad de voz. Las interfaces abiertas para que esta comunicación entre redes funcione correctamente se encuentran perfectamente definidas. Pero, ¿cuáles de estas interfaces resultaran obligatorias desde un punto de vista regulatorio para un operador y cuáles optativas?

51 Fuente: Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

Esta breve visión, meramente establece algunas consideraciones de una futura regulación que debe partir de una coyuntura entre los organismos de normalización pues no se debe iniciar desde concepciones distintas. Aún queda mucho por andar, sobre todo en lo concerniente a la regulación del servicio enriquecido de Voz sobre IP.

CAPÍTULO 5

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En este trabajo se ha tratado la evolución de las redes de telecomunicación y cómo el despliegue de las redes de nueva generación se ha ido incrementando, entre otras causas porque a los operadores, éstas les posibilita el ofertar servicios diferenciados a sus clientes. En el análisis presentado, se ha tenido en cuenta el papel jugado por la arquitectura IMS en estas redes.

Al hablar de una arquitectura IMS que no es exclusiva de un entorno en particular, el tema del *roaming* o itinerancia (interconexión entre redes diferentes), es dable también entre redes fijas y móviles a través de dicha arquitectura.

Se prevé que en primera instancia de despliegue, se presenten divergencias entre el IMS en 3G y el IMS en NGN, lo cual hace recomendable y necesaria a la vez, una estrategia técnica y comercial de los operadores, para garantizar la interconexión de los servicios comunes en ambos entornos, esto contribuirá a la expansión de la población de usuarios interconectados en el nuevo mundo IP multimedia.

De acuerdo a las características consideradas en el posible escenario de interconexión de las redes fijas y móviles a través de la plataforma IMS, el soporte de precondiciones en los terminales NGN debe ser tratado en los organismos de estandarización en los casos en que se establezca una comunicación con terminales remotos 3G IMS para evitar establecimientos de sesión fallidas y la consecuente pérdida de tiempo en la renegociación de recursos. El terminal NGN, debería soportar mecanismos de precondición, aún cuando no necesite una reserva de recursos. Este requerimiento debe ser estandarizado para hacer viable la interconexión de los entornos 3G y NGN.

IMS se presenta como una solución que cubrirá los retos de la convergencia de redes y servicios, ya que es agnóstica al tipo de acceso usado, tal como se contempla en la versión 7 de 3GPP. En todo caso, se estima que con cualquier solución, se logrará un cierto nivel de convergencia pero que no alcanzará un 100%. Habrá siempre algunas variaciones en cada tipo de red influyendo sobre los requisitos particulares de los dominios de red. Lo más probable es que la convergencia permitirá un sistema con variaciones menores en el servicio a usuarios de ambos entornos, fijo y móvil.

La implementación de la arquitectura IMS dentro de la evolución de la red fija va a permitir eliminar las redes paralelas (de datos, de telefonía, etc.), lo que implica la reducción de la cantidad de equipos y costos operativos por su mantención, además minimiza los costos de desarrollo y el tiempo de lanzamiento de los servicios al mercado, por cuanto reutiliza los elementos de control comunes a todos ellos; estos factores van a constituir ventajas competitivas para aquellos operadores que adopten este enfoque y que además posean tanto infraestructura de red fija como móvil. Por ejemplo, la posible integración de Andinatel S.A., Pacifictel S.A. y Telecsa S.A. en una sola empresa de telecomunicaciones, puede acoger esta solución dentro de su infraestructura y paralelamente optimizar las redes de fibra óptica tendidas en el país para maximizar su uso, alcanzando un importante desarrollo tecnológico que le permitiría atraer y consolidar un mayor número de clientes conforme a la demanda de servicios y las tendencias tecnológicas, lo que le permitiría al Estado, bajo el control del ente regulador, cumplir con su obligación de garantizar el servicio universal, cubriendo todos los sectores de la sociedad y el país.

Para los operadores móviles, la evolución esperada a mediano plazo es la inversión paralela en dominios CS para suministrar voz de modo optimizado e IMS para nuevos servicios (concepto de Servicios Combinacionales), y la sustitución completa del dominio CS por IMS, es esperada todavía como una evolución a largo plazo.

Si bien, la experiencia y situación de los países más avanzados en cuanto a implementación y regulación de las redes de nueva generación no es trasladable directamente, es una referencia para empezar a estudiar la situación en los países a nivel regional, aún a pesar de que en general no tienen el grado de desarrollo de competencia de aplicaciones y servicios de los países más avanzados en el sector.

IMS impulsará el desarrollo de una fuerte competencia en los accesos, aplicaciones y contenidos lo que impulsará la implantación de la llamada “banda más ancha” o “broaderband”.

IMS como tecnología, arquitectura y concepto, representa una gran oportunidad para los diferentes actores que intervienen en su advenimiento, sin embargo su éxito dependerá en que se convierta en una red que alcance la suficiente aceptación de operadores y usuarios en cuanto a generación y consumo de servicios respectivamente. De no lograrlo simplemente se convertirá en “más de lo mismo”. Quienes se comprometen con el éxito de IMS, en buena parte serán los operadores, responsables de abrir la red, y los fabricantes, responsables de respetar la estandarización.

5.2 RECOMENDACIONES

Ya que en el trabajo desarrollado, se ha tenido en cuenta documentos de las versiones disponibles 5, 6 y 7 de 3GPP y versión 1 de NGN/TISPAN, se recomienda realizar una evaluación futura con las próximas versiones que permitan complementar y extender el análisis hecho.

La creación de servicios de valor agregado, es esencial, para que mejore la percepción del usuario y que le inciten a cambiarse de las actuales redes de telecomunicaciones a la nueva red convergente. Hay que tener en cuenta que el usuario no migrará de una tecnología a otra si no se le ofrece un servicio de valor agregado tangible, con lo que el desarrollo de este tipo de aplicaciones es

absolutamente fundamental y podría ser un campo de investigación y desarrollo a tenerse en cuenta en un futuro.

Se hará necesario un cambio sustancial en el marco legal de las telecomunicaciones con la elaboración y aprobación de reglamentos que contemplen la implementación de nuevos escenarios que traen consigo las Redes de Nueva Generación, en especial el tema de interconexión empleando la arquitectura IMS, por lo cual es recomendable realizar un seguimiento al tema de regulación a nivel regional que sirva como referente para futuras consideraciones en el tema regulatorio.

Actualmente existen diferentes soluciones pre IMS (ERICSSON, ALCATEL, SIEMENS, CISCO, NORTEL, etc.) que podrían considerarse para las migraciones de las redes, especialmente de la PSTN, lo que constituiría un análisis de diseño en trabajos posteriores.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Sistemas de Telecomunicación: Tema 1: Historia de las telecomunicaciones;
<http://www.uv.es/hertz/hertz/Docencia/teoria/Historia.pdf>
- [2] Las Telecomunicaciones Modernas; Federico Kuhlmann R. Antonio Alonso C.
http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/149/htm/sec_3.htm
<http://cursosgratis.emagister.com>
- [3] Breve Historia de las Telecomunicaciones; Ing. José Joskowicz; Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería; Universidad de la República; Agosto 2006; Versión 2.
- [4] <http://www.monografias.com/trabajos17/medios-de-transmision/medios-de-transmision.htm>
- [5] Técnico en Telecomunicaciones; Cultural S.A, Madrid, España; Edición 2002; Tomo 1.
- [6] Guía del primer año CCNA 1 y 2; Tercera Edición; Cisco Systems, Inc. Cisco Networking Academy Program.
- [7] Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios; Redes de Datos; 2º Ing. Telecomunicación; Curso 2007/08; Isabel Román Martínez.
http://trajano.us.es/~isabel/publicaciones/ARSS/0708/05_07_08
- [8] El ABC de las Telecomunicaciones; Evelio Martínez Martínez; Diciembre del 2002.
http://eveliux.com/mx/index.php?option=com_content&task=view&id=118&Itemid=59

[9] Las telecomunicaciones de Nueva Generación; Informe de Telefónica I+D; José Antonio Adell, José Enriquez Gabeiras, Carmen de Hita Álvarez.

http://www.telefonica.es/sociedaddelainformacion/html/publicaciones_nueva_gener.shtml

[10] Redes de Acceso de Banda Ancha: Arquitectura, Prestaciones, Servicios y Evolución; Julio Berrocal, Enrique Vázquez; 2003.

www.donkeyisland.net/clase/ing%20redes/docs/librotaba28_1_de_3

[11] http://es.wikipedia.org/wiki/Bucle_local_inal%C3%A1mbrico

[12] Curso de Redes y Comunicaciones I; Módulo: Comunicaciones Inalámbricas.

<http://emagister.com/comunicaciones/inalambricas/cursos/1048245.htm>

[13] Arquitectura de Redes, Sistemas y servicios; La Red Telefónica Conmutada; 2º Ing. Telecomunicación. Curso 2006/07; Isabel Román Martínez.

<http://trajano.us.es/~isabel/publicaciones/ARSS/0607/Tema3-06-07>

[14] WiMAX: más rápido, más lejos, más móvil; Marta Comín; Expansión; 28/01/05.

www.ii.uam.es/~ferreiro/sistel2007/anexos/temas_adicionales/Trabajos%20prospeccion/Convergencia%20F-M

[15] Medios no confinados; Corporación Universidad Libre; VI semestre; 2004 – 10 – 12; Cali – Valle.

[16] Comunicaciones Móviles; monografías.com.

<http://www.monografias.com/especiales/comunicamov/>

[17] Redes Celulares: Pasado, Presente, y Futuro; Lourens O Walters y PS Kritzinger.

<http://www.acm.org/crossroads/espanol/xrds7-2/cellular.html>

[18] Evolución A La Tercera Generación; Alexander Zawadzki; MOTOROLA: – Perú.

http://www.osiptel.gob.pe/OsiptelDocs/GCC/NOTICIAS_PUBLICACIONES/PUBLICACIONES/FILES/inalm/inalm16.pdf

[19] Overview of UMTS; Telecommunication Software and Multimedia Laboratory Helsinki University of Technology

http://www.tml.tkk.fi/Opinnot/T-109.551/2003/kalvot/UMTS_Tech-Paper.pdf

[20] Las Telecomunicaciones y la Movilidad en la Sociedad de la Información; publicación Telefónica I+D; 2005.

[21] Redes de Próxima Generación; Trabajo Final Postgrado; Carlos Fratini.

www.itba.edu.ar/capis/epg-tesis-y-tf/fratini-tfe

[22] Telecomunicaciones, El Camino Hacia La Convergencia; Gadi Slamovitz; Universidad ORT Uruguay - 30 de Noviembre de 2006.

gslamovitz@ceres-uy.org

[23] Convergencia fijo – móvil; Trabajo de prospección; Sistemas de Telecomunicación; Jesús Marcos Zamarreño, Sergio Orzáez Sánchez; 4º Ing. Telecomunicación / Grupo A13.

www.ii.uam.es/~ferreiro/sistel2007/anexos/temas_adicionales/Trabajos%20prospeccion/Convergencia%20F/M

[24] Aplicaciones innovadoras en el entorno IMS/TISPAN; Raquel Pérez Leal, Pilar Cid Fernández; Alcatel

http://telecomid.webs.upv.es/anteriores/2006/trabajosdefinitivos2006/Programa_archivos/pdf/132.pdf

[25] HSDPA/HSUPA, MIMO, OFDM; José María García Santafé, Miriam Gozalo Macías; Marta Fernández Camba

[26] Carpeta Técnica: Redes De Próxima Generación, Visión General De Normas; Comité Consultivo Permanente I: Normalización De Telecomunicaciones; Organización de los Estados Americanos; CITEL, Comisión Interamericana de Telecomunicaciones, septiembre 2006.

<http://www.citel.oas.org>

[27] IP Multimedia Subsystem; Reportaje de Tele-semana Plus; septiembre 2007

[28] <http://portal.etsi.org/tispan>

[29] 3GPP TS 23.228 V6.6.0 (2004-06); IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2 (Release 6).

[30] www.umtsworld.com/technology/qos.htm

[31] El nuevo sistema multimedia conocido como IMS que adoptarán las redes UMTS; Luis Miralles Pechuán

www.uv.es/montanan/redes/trabajos/IMS.ppt

[32] Introduction to IMS: Standards, protocols, architecture and functions of the IP Multimedia Subsystem; Dan Leih, Dave Halliday; Motorola Inc.; 2006

[33] Protocolos en Aplicaciones Multimediales: RTP, SDP, SIP; Pablo Naveas Farías, Universidad Técnica Federico Santa María.

[34] IP Multimedia Subsystem: Principios y Arquitectura; Simón Znaty, Jean-Louis Dauphin, Roland Geldwerth; EFORT; <http://www.efort.com>

[35] IMS Implications for SIP; Jonathan Cumming; Data Connection (DCL); Copy right © 2005 Data Connection Limited

[36] 3GPP TS 22.279 V7.1.0 (2005-12); 3rd Generation Partnership Project;

Technical Specification Group Services and Systems Aspects; Combined Circuit Switched (CS) and IP Multimedia Subsystem (IMS) sessions; Stage 1
(Release 7)

[37] ETSI TR 124 930 V7.3.0 (2008-01); Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Signalling flows for the session setup in the IP Multimedia core network Subsystem (IMS) based on Session Initiation Protocol (SIP) and Session Description Protocol (SDP); Stage 3
(3GPP TR 24.930 version 7.3.0 Release 7)

[38] ETSI TS 182 012 V1.1.1 (2006-04); *Technical Specification* Telecommunications and Internet Converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); IMS-based PSTN/ISDN Emulation Subsystem; Functional architecture

[39] Technical Specification Group Services and System Aspects TSGS#25(04)0496; IMS NGN Standards Process ; August 25, 2004

[40] Consideraciones de seguridad en la convergencia de redes móviles y fijas; Sergio González-Miranda, Tomás Robles, Luis Angel Galindo, Fermín Galán Márquez

[41] ETSI ES 282 001 V1.1.1 (2005-08); Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); NGN Functional Architecture Release 1

[42] IMS-Enabled Access Networks, Enabling network-independent access to personalized services; Bala Thekkedath; comCopyright © 2006 UTStarcom, Inc.

[43] ETSI ES 282 004 V1.1.1 (2006-06); Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); NGN Functional Architecture; Network Attachment Sub-System (NASS).

[44] ETSI ES 282 003 V1.1.1 (2006-06) ; Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); Resource and Admission Control Sub-system (RACS); Functional Architecture

[45] ETSI ES 282 007 V1.1.1 (2006-06); Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); IP Multimedia Subsystem (IMS); Functional architecture

[46] ETSI TR 182 022 V2.0.0 (2007-12); Telecommunications and Internet Converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); Architectures for QoS handling

[47] ETSI TR 180 001 V1.1.1 (2006-03); Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); NGN Release 1; Release definition

[48] Propuesta para la extensión extremo a extremo de la calidad de servicio en redes de cuarta generación; Iván Vidal, Jaime García, Francisco Valera, Ignacio Soto, Arturo Azcorra; Universidad Carlos III de Madrid; Departamento de Ingeniería Telemática.

[49] ETSI TS 182 012 V1.1.1 (2006-04); Telecommunications and Internet Converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); IMS-based PSTN/ISDN Emulation Subsystem; Functional architecture.

[50] Fixed mobile convergence - some considerations; Azfar Aslam; Lucent Technologies NS UK, University College London.

[51] IP Multimedia Subsystem Solution; white paper de ITALTEL; 2005

[52] Fixed-Mobile Convergence: Understanding the marriage of wireless and wireline technologies; 3GAmericas; Julio 2007

[53] Convergence: An outlook on device, service network and technology trends; 3G Americas; Julio 2005

[54] Fixed Mobile Convergence (FMC) Based on IMS; SIEMENS; V1.0; 04/2006

[55] Comunicaciones de telefónica I+D; número 37; Diciembre 2005

[56] IMS Interworking; BORIS V. KALAGLARSKI, EMILIO DI GERONIMO; Master of Science Thesis Stockholm, Sweden 2007

[57] IMS: Application enabler and UMTS/HSPA growth catalyst; 3G Americas; Julio 2006

[58] Redes públicas de nueva generación; Patricio M. Anaguano; Proyecto final de Especialidad en Gestión de la Telecomunicaciones; Instituto Tecnológico de Buenos Aires; Escuela de Postgrado; Argentina; 2007.

[59] 3GPP TS 23.981 Interworking Aspects and Migration Scenarios for IPv4-Based IMS Implementations

[60] Combining Circuit and Packet Based Services in Converging Networks; Sauli Österman; Helsinki University of Technology Department of Electrical and Communications Engineering; 2006

GLOSARIO

AAA	Authorization Authentication and Accounting
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
ALG	Application Layer Gateway
AN	Access Network
AS	Application Server
BG	Boarder Gateway
BGCF	Breakout Gateway Control Function
BICC	Bearer Independent Call Control
BSC	Base Station Controller
CAMEL	Customized Application for Mobile services Enhanced Logic
CEPT	Conference of European Posts and Communications
COPS	Common Open Policy Service
CS domain	Circuit Switched domain (GSM/UMTS)
CSCF	Call Session Control Function
DiffServ	Differentiated services
DNS	Domain Name Server
DoS	Denial-of-service
ENUM	Telephone Number Mapping
ESP	Encapsulating Security Payload
ETSI	European Telecommunications Standard Institute
FMC	Fixed Mobile Convergence
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile
GW	Gateway
HFC	Hybrid Fiber Coaxial
HLR	Home Location Register
HSS	Home Subscriber Server
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
I-BCF	Interconnect Border Control Function

I-BGF	Interconnect Border Gateway Function
I-CSCF	Interrogating CSCF
IETF	Internet Engineering Task
IMS	IP Multimedia Subsystem (defined by 3GPP)
IN	Intelligent Network
IP	Internet Protocol
ISBC	Interconnect Session Border Controller
ISC	IMS Service Control (reference point between S-SCF and AS)
ISIM	IP Multimedia Services Identity Module
ISM	IMS Subscriber Module
ISUP	ISDN User Part
ITU	International Telecommunication Union
IWF	Inter-Working Function
MGCF	Media Gateway Control Function
MGW	Media Gateway
MMS	Multimedia Messaging Service
MRF	Media Resource Function
MRFC	Media Resource Function Controller
MRFP	Media Resource Function Processor
MSC	Mobile-services Switching Centre
MSRP	Message Session Relay Protocol
NAI	Network Access Identifier
NAT	Network Address Translator
NGN	Next Generation Networks (defined by ETSI TISPAN)
OSA	Open Service Access
P-CSCF	Proxy-CSCF
PDP	Policy Decision Point
PLMN	Public Land Mobile Network
PS domain	Packet Switched domain (GSM/UMTS)
PSTN	Public switched telephone network
QoS	Quality of Service
RADIUS	Remote authentication dial-in user service
RNC	Radio Network Controller

RTCP	Real Time Control Protocol
RTP	Real Time transport Protocol
SBC	Session Border Control
SBG	Session Border Gateway
S-CSCF	Serving CSCF
SDP	Session Description Protocol
SGC	Session Gateway Controller
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIM	Subscriber Identity Module (GSM)
SIP	Session Initiation Protocol
SIP-AS	SIP Application Server
SLA	Service Level Agreement
SLF	Subscription Locator Function
SMS	Short Message Service
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SPDF	Service Policy Decision Function
SSF	Service Switching Function
THIG	Topology Hiding Inter-network Gateway
TISPAN	Telecoms & Internet converged Services
TrGW	Transition Gateway
UA	User Agent
UAC	User Agent Client
UAS	User Agent Server
UDP	User Datagram Protocol
UE	User equipment
UICC	Universal Integrated Circuit Card
URI	Uniform Resource Identifier
URL	Universal Resource Locator
USIM	UMTS Subscriber Identity Module
VLR	Visitor Location Register
WiFi	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless local area network

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO A

ORGANIZACIONES NORMALIZADORAS DE LAS REDES DE NUEVA GENERACIÓN

UIT

A principios de 2002, la UIT empezó a trabajar con las normas NGN. A partir de entonces, se han organizado varios talleres sobre NGN a fin de tratar de asuntos que afectan tanto a la UIT como a otras organizaciones normalizadoras. Dos años después, la UIT estableció un grupo temático FGNGN (*Focus Group on Next Generation Networks*) para trabajar en relación con redes fijas y móviles, así como la calidad del servicio en DSL, la autenticación, seguridad y señalización. Actualmente, varias comisiones de estudio del UIT-T, tales como la 2, 11, 13 y 19, se ocupan de trabajos de normalización, mientras que la comisión 13 trata concretamente relativo a NGN.

Recientemente, el FGNGN ha finalizado sus tareas relativas a la primera serie de normas para NGN. Esta especificación, conocida como NGN Versión 1, consiste en un marco global de servicios, capacidades y funciones de redes que constituyen una NGN, como se describe en la Y.2001. La próxima fase de dichas tareas, denominada NGN-GSI (*Global Standards Initiative: Iniciativa de normas mundiales*), se concentrará en los protocolos detallados que son necesarios para ofrecer la amplia gama de servicios previstos de las NGN.

ETSI

El ETSI contempla las cuestiones de normalización de las NGN desde 2001. El comité técnico TISPAN (*The Telecoms & Internet converged Services & Protocols for Advanced Networks*) está a cargo de todos los aspectos de la normalización para redes convergentes actuales y futuras, incluido el Protocolo de

Transmisión de la Voz por Internet (VoIP) y las NGN. El TISPAN eligió el IMS GPP3 versión 6 para que sea la base del servicio SIP en las redes fijas.

ATIS

La ATIS ha producido un marco de NGN con requisitos de alto nivel y principios rectores. La primera parte de dicho marco se refiere a las definiciones requeridas y la arquitectura de las NGN para que las nuevas redes se conecten sin interrupciones con los sistemas de comunicaciones. La segunda parte documenta las fases y prioridades de las capacidades de las redes para que las NGN y sus servicios de introduzcan de manera coherente.

La ATIS ha colaborado con el UIT-T, TISPAN y 3GPP para formular una perspectiva general coherente de las NGN. La ATIS favorece la arquitectura IMS, y la considera la tecnología apropiada para respaldar nuevos servicios de valor añadido.

IETF

El Grupo de Tareas sobre Ingeniería de Internet (Internet Engineering Task Force: IETF) no trabaja con las NGN como tema individual, pero sus grupos de trabajo tienen la responsabilidad de formular o extender los protocolos existentes para cumplir requisitos tales como los convenidos para las NGN en otros organismos normalizadores. Algunas de las actividades de normalización realizadas por el IETF respecto de las NGN son el SIP (*Session Initiation Protocol*: protocolo de iniciación de sesiones), el MEGACO (Media Gateway Control: protocolo de control de pasarelas de medios), la SIPPING (*Session Initiation Proposal Investigation*: investigación de propuesta de iniciación de sesiones), el NSIS (*Next Steps in Signaling*: próximos pasos en la señalización), el IPv6, la MPLS (*Multiprotocol Label Switching*: conmutación por etiquetas multiprotocolo), la ENUM (*Telephone Number Mapping*: correspondencia de números telefónicos), etc.

ANEXO B

Network Working Group
Request for Comments: 3312
Category: Standards Track

G. Camarillo, Ed.
Ericsson
W. Marshall, Ed.
AT&T
J. Rosenberg
dynamicsoft
October 2002

Integration of Resource Management and Session Initiation Protocol (SIP)

Status of this Memo

This document specifies an Internet standards track protocol for the Internet community, and requests discussion and suggestions for improvements. Please refer to the current edition of the "Internet Official Protocol Standards" (STD 1) for the standardization state and status of this protocol. Distribution of this memo is unlimited.

Copyright Notice

Copyright (C) The Internet Society (2002). All Rights Reserved.

Abstract

This document defines a generic framework for preconditions, which are extensible through IANA registration. This document also discusses how network quality of service can be made a precondition for establishment of sessions initiated by the Session Initiation Protocol (SIP). These preconditions require that the participant reserve network resources before continuing with the session. We do not define new quality of service reservation mechanisms; these preconditions simply require a participant to use existing resource reservation mechanisms before beginning the session.

Table of Contents

1 Introduction	2
2 Terminology	3
3 Overview	3
4 SDP parameters	4
5 Usage of preconditions with offer/answer	7
5.1 Generating an offer	8
5.1.1 SDP encoding	9
5.2 Generating an Answer	10
6 Suspending and Resuming Session Establishment	11
7 Status Confirmation	12
8 Refusing an offer	13

8.1 Rejecting a Media Stream	14
9 Unknown Precondition Type	15
10 Multiple Preconditions per Media Stream	15
11 Option Tag for Preconditions	16
12 Indicating Capabilities	16
13 Examples	16
13.1 End-to-end Status Type	17
13.2 Segmented Status Type	21
13.3 Offer in a SIP response	23
14 Security Considerations	26
15 IANA Considerations	26
16 Notice Regarding Intellectual Property Rights	27
17 References	27
18 Contributors	28
19 Acknowledgments	28
20 Authors' Addresses	29
21 Full Copyright Statement	30

1 Introduction

Some architectures require that at session establishment time, once the callee has been alerted, the chances of a session establishment failure are minimum. One source of failure is the inability to reserve network resources for a session. In order to minimize "ghost rings", it is necessary to reserve network resources for the session before the callee is alerted. However, the reservation of network resources frequently requires learning the IP address, port, and session parameters from the callee. This information is obtained as a result of the initial offer/answer exchange carried in SIP. This exchange normally causes the "phone to ring", thus introducing a chicken-and-egg problem: resources cannot be reserved without performing an initial offer/answer exchange, and the initial offer/answer exchange can't be done without performing resource reservation.

The solution is to introduce the concept of a precondition. A precondition is a set of constraints about the session which are introduced in the offer. The recipient of the offer generates an answer, but does not alert the user or otherwise proceed with session establishment. That only occurs when the preconditions are met. This can be known through a local event (such as a confirmation of a resource reservation), or through a new offer sent by the caller.

This document deals with sessions that use SIP [1] as a signalling protocol and SDP [2] to describe the parameters of the session.

We have chosen to include the quality of service preconditions in the SDP description rather than in the SIP header because preconditions are stream specific.

2 Terminology

The key words "MUST", "MUST NOT", "REQUIRED", "SHALL", "SHALL NOT", "SHOULD", "SHOULD NOT", "RECOMMENDED", "MAY", and "OPTIONAL" in this document are to be interpreted as described in BCP 14, RFC 2119 [3].

3 Overview

In order to ensure that session establishment does not take place until certain preconditions are met, we distinguish between two different state variables that affect a particular media stream: current status and desired status. This document defines the quality of service status.

The desired status consists of a threshold for the current status. Session establishment stops until the current status reaches or surpasses this threshold. Once this threshold is reached or surpassed, session establishment resumes.

For example, the following values for current and desired status would not allow session establishment to resume:

```
current status = resources reserved in the send direction
desired status = resources reserved in both (sendrecv) directions
```

On the other hand, the values of the example below would make session establishment resume:

```
current status = resources reserved in both (sendrecv) directions
desired status = resources reserved in the send direction
```

These two state variables define a certain piece of state of a media stream the same way the direction attribute or the codecs in use define other pieces of state. Consequently, we treat these two new variables in the same way as other SDP media attributes are treated in the offer/answer model used by SIP [4]: they are exchanged between two user agents using an offer and an answer in order to have a shared view of the status of the session.

Figure 1 shows a typical message exchange between two SIP user agents using preconditions. A includes quality of service preconditions in the SDP of the initial INVITE. A does not want B to be alerted until there are network resources reserved in both directions (sendrecv) end-to-end. B agrees to reserve network resources for this session before alerting the callee. B will handle resource reservation in the B->A direction, but needs A to handle the A->B direction. To indicate so, B returns a 183 (Session Progress) response to A asking A to start resource reservation and to confirm to B as soon as the A->B direction is ready for the session. A and B both start resource reservation. B finishes reserving resources in the B->A direction, but does not alert the user yet, because network resources in both

directions are needed. When A finishes reserving resources in the A->B direction, it sends an UPDATE [5] to B. B returns a 200 (OK) response for the UPDATE, indicating that all the preconditions for the session have been met. At this point in time, B starts alerting the user, and session establishment completes normally.

4 SDP parameters

We define the following media level SDP attributes:

```

current-status      = "a=curr:" precondition-type
                      SP status-type SP direction-tag
desired-status      = "a=des:" precondition-type
                      SP strength-tag SP status-type
                      SP direction-tag
confirm-status      = "a=conf:" precondition-type
                      SP status-type SP direction-tag
precondition-type   = "qos" | token
strength-tag        = ("mandatory" | "optional" | "none"
                      | "failure" | "unknown")
status-type         = ("e2e" | "local" | "remote")
direction-tag       = ("none" | "send" | "recv" | "sendrecv")

```

Current status: The current status attribute carries the current status of network resources for a particular media stream.

Desired status: The desired status attribute carries the preconditions for a particular media stream. When the direction-tag of the current status attribute, with a given precondition-type/status-type for a particular stream is equal to (or better than) the direction-tag of the desired status attribute with the same precondition-type/status-type, for that stream, then the preconditions are considered to be met for that stream.

Confirmation status: The confirmation status attribute carries threshold conditions for a media stream. When the status of network resources reach these conditions, the peer user agent will send an update of the session description containing an updated current status attribute for this particular media stream.

Precondition type: This document defines quality of service preconditions. Extensions may define other types of preconditions.

Strength tag: The strength-tag indicates whether or not the callee can be alerted, in case the network fails to meet the preconditions.

Status type: We define two types of status: end-to-end and

segmented. The end-to-end status reflects the status of the end-to-end reservation of resources. The segmented status reflects the status of the access network reservations of both user agents. The end-to-end status corresponds to the tag "e2e", defined above and the segmented status to the tags "local" and "remote". End-to-end status is useful when end-to-end resource reservation mechanisms are available. The segmented status is useful when one or both UAs perform resource reservations on their respective access networks.

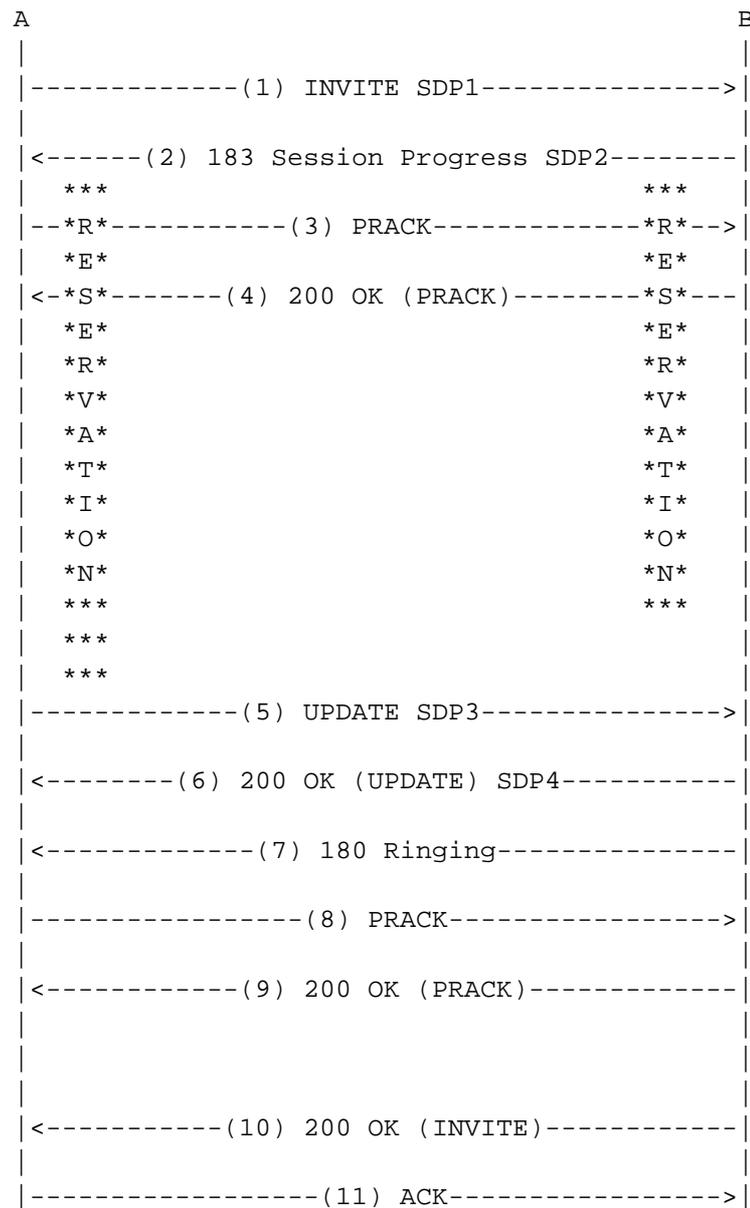


Figure 1: Basic session establishment using preconditions

Direction tag: The direction-tag indicates the direction in which a particular attribute (current, desired or confirmation status) is applicable to.

The values of the tags "send", "recv", "local" and "remote" represent the point of view of the entity generating the SDP description. In an offer, "send" is the direction offerer->answerer and "local" is the offerer's access network. In an answer, "send" is the direction answerer->offerer and "local" is the answerer's access network.

The following example shows these new SDP attributes in two media lines of a session description:

```
m=audio 20000 RTP/AVP 0
a=curr:qos e2e send
a=des:qos optional e2e send
a=des:qos mandatory e2e recv
m=audio 20002 RTP/AVP 0
a=curr:qos local sendrecv
a=curr:qos remote none
a=des:qos optional local sendrecv
a=des:qos mandatory remote sendrecv
```

5 Usage of preconditions with offer/answer

Parameter negotiation in SIP is carried out using the offer/answer model described in [4]. The idea behind this model is to provide a shared view of the session parameters for both user agents once the answer has been received by the offerer. This section describes which values our new SDP attributes can take in an answer, depending on their value in the offer.

To achieve a shared view of the status of a media stream, we define a model that consists of three tables: both user agents implement a local status table, and each offer/answer exchange has a transaction status table associated to it. The offerer generates a transaction status table, identical to its local status table, and sends it to the answerer in the offer. The answerer uses the information of this transaction status table to update its local status table. The answerer also updates the transaction status table fields that were out of date and returns this table to the offerer in the answer. The offerer can then update its local status table with the information received in the answer. After this offer/answer exchange, the local status tables of both user agents are synchronised. They now have a common view of the status of the media stream. Sessions that involve several media streams implement these tables per media stream. Note, however, that this is a model of user agent behavior, not of software. An implementation is free to take any approach that replicates the external behavior this model defines.

5.1 Generating an offer

Both user agents MUST maintain a local precondition status, which is referred to as a "local status table". Tables 1 and 2 show the format of these tables for both the end-to-end and the segmented status types. For the end-to-end status type, the table contains two

rows; one for each direction (i.e., send and recv). A value of "yes" in the "Current" field indicates the successful reservation of that resource in the corresponding direction. "No" indicates that resources have not been reserved yet. The "Desired Strength" field indicates the strength of the preconditions in the corresponding direction. The table for the segmented status type contains four rows: both directions in the local access network and in the peer's access network. The meaning of the fields is the same as in the end-to-end case.

Before generating an offer, the offerer MUST build a transaction status table with the current and the desired status, for each media stream. The different values of the strength-tag for the desired status attribute have the following semantics:

- o None: no resource reservation is needed.
- o Optional: the user agents SHOULD try to provide resource reservation, but the session can continue regardless of whether or not this provision is possible.
- o Mandatory: the user agents MUST provide resource reservation. Otherwise, session establishment MUST NOT continue.

The offerer then decides whether it is going to use the end-to-end status type or the segmented status type. If the status type of the media line will be end-to-end, the user agent generates records with the desired status and the current status for each direction (send and recv) independently, as shown in table 1:

Direction	Current	Desired Strength
send	no	mandatory
recv	no	mandatory

Table 1: Table for the end-to-end status type

If the status type of the media line will be segmented, the user agent generates records with the desired status and the current status for each direction (send and recv) and each segment (local and remote) independently, as shown in table 2:

Direction	Current	Desired Strength
local send	no	none
local recv	no	none
remote send	no	optional
remote recv	no	none

Table 2: Table for the segmented status type

At the time of sending the offer, the offerer's local status table and the transaction status table contain the same values.

With the transaction status table, the user agent MUST generate the current-status and the desired status lines, following the syntax of Section 4 and the rules described below in Section 5.1.1.

5.1.1 SDP encoding

For the end-to-end status type, the user agent MUST generate one current status line with the tag "e2e" for the media stream. If the strength-tags for both directions are equal (e.g., both "mandatory") in the transaction status table, the user agent MUST add one desired status line with the tag "sendrecv". If both tags are different, the user agent MUST include two desired status lines, one with the tag "send" and the other with the tag "recv".

The semantics of two lines with the same strength-tag, one with a "send" tag and the other with a "recv" tag, is the same as one "sendrecv" line. However, in order to achieve a more compact encoding, we have chosen to make the latter format mandatory.

For the segmented status type, the user agent MUST generate two current status lines: one with the tag "local" and the other with the tag "remote". The user agent MUST add one or two desired status lines per segment (i.e., local and remote). If, for a particular segment (local or remote), the tags for both directions in the transaction status table are equal (e.g., both "mandatory"), the user agent MUST add one desired status line with the tag "sendrecv". If both tags are different, the user agent MUST include two desired status lines, one with the tag "send" and the other with the tag "recv".

Note that the rules above apply to the desired strength-tag "none" as well. This way, a user agent that supports quality of service but does not intend to use them, adds desired status lines with the strength-tag "none". Since this tag can be upgraded in the answer, as described in Section 5.2, the answerer can request quality of service reservation without a need of another offer/answer exchange.

The example below shows the SDP corresponding to tables 1 and 2.

```
m=audio 20000 RTP/AVP 0
a=curr:qos e2e none
a=des:qos mandatory e2e sendrecv
m=audio 20002 RTP/AVP 0
a=curr:qos local none
a=curr:qos remote none
a=des:qos optional remote send
a=des:qos none remote recv
a=des:qos none local sendrecv
```

5.2 Generating an Answer

When the answerer receives the offer, it recreates the transaction status table using the SDP attributes contained in the offer. The answerer updates both its local status and the transaction status table following the rules below:

Desired Strength: We define an absolute ordering for the strength-tags: "none", "optional" and "mandatory". "Mandatory" is the tag with the highest grade and "none" the tag with the lowest grade. An answerer MAY upgrade the desired strength in any entry of the transaction status table, but it MUST NOT downgrade it. Therefore, it is OK to upgrade a row from "none" to "optional", from "none" to "mandatory", or from "optional" to "mandatory", but not the other way around.

Current Status: For every row, the value of the "Current" field in the transaction status table, and in the local status table of the answerer, have to be compared. Table 3 shows the four possible combinations. If both fields have the same value (two first rows of table 3), nothing needs to be updated. If the "Current" field of the transaction status table is "Yes", and the field of the local status table is "No" (third row of table 3), the latter MUST be set to "Yes". If the "Current" field of the transaction status table is "No", and the field of the local status table is "Yes" (forth row of table 3), the answerer needs to check if it has local information (e.g., a confirmation of a resource reservation has been received) about that particular current status. If it does, the "Current" field of the transaction status table is set to "Yes". If the answerer does not have local information about that current status, the "Current" field of the local status table MUST be set to "No".

Transac. status table	Local status table	New values transac./local
no	no	no/no
yes	yes	yes/yes
yes	no	yes/yes
no	yes	depends on local info

Table 3: Possible values for the "Current" fields

Once both tables have been updated, an answer MUST be generated following the rules described in Section 5.1.1, taking into account that "send", "recv", "local" and "remote" tags have to be inverted in the answer, as shown in table 4.

Offer	Answer
send	recv
recv	send
local	remote
remote	local

Table 4: Values of tags in offers and answers

At the time the answer is sent, the transaction status table and the answerer's local status table contain the same values. Therefore, this answer contains the shared view of the status of the media line in the current-status attribute and the negotiated strength and direction-tags in the desired-status attribute.

If the resource reservation mechanism used requires participation of both user agents, the answerer SHOULD start resource reservation after having sent the answer and the offerer SHOULD start resource reservation as soon as the answer is received. If participation of the peer user agent is not needed (e.g., segmented status type), the offerer MAY start resource reservation before sending the offer and the answerer MAY start it before sending the answer.

The status of the resource reservation of a media line can change between two consecutive offer/answer exchanges. Therefore, both user agents MUST keep their local status tables up to date, using local information throughout the duration of the session.

6 Suspending and Resuming Session Establishment

A user agent server that receives an offer with preconditions SHOULD NOT alert the user until all the mandatory preconditions are met; session establishment is suspended until that moment (e.g., a PSTN gateway reserves resources without sending signalling to the PSTN.)

A user agent server may receive an INVITE request with no offer in it. In this case, following normal procedures defined in [1] and [5], the user agent server will provide an offer in a reliable lxx response. The user agent client will send the answer in another SIP request (i.e., the PRACK for the lxx). If the offer and the answer contain preconditions, the user agent server SHOULD NOT alert the user until all the mandatory preconditions in the answer are met.

Note that in this case, a user agent server providing an initial offer with preconditions, a 180 (Ringing) response with preconditions will never be sent, since the user agent server cannot alert the user until all the preconditions are met.

A UAS that is not capable of unilaterally meeting all of the mandatory preconditions MUST include a confirm-status attribute in the SDP (offer or answer) that it sends (see Section 7). Further, the SDP (offer or answer) that contains this confirm-status attribute

MUST be sent as soon as allowed by the SIP offer/answer rules.

While session establishment is suspended, user agents SHOULD not send any data over any media stream. In the case of RTP [6], neither RTP nor RTCP packets are sent.

A user agent server knows that all the preconditions are met for a media line when its local status table has a value of "yes" in all the rows whose strength-tag is "mandatory". When the preconditions of all the media lines of the session are met, session establishment SHOULD resume.

For an initial INVITE, suspending and resuming session establishment is very intuitive. The callee will not be alerted until all the mandatory preconditions are met. However, offers containing preconditions sent in the middle of an ongoing session need further explanation. Both user agents SHOULD continue using the old session parameters until all the mandatory preconditions are met. At that moment, the user agents can begin using the new session parameters. Section 13 contains an example of this situation.

7 Status Confirmation

The confirm-status attribute MAY be used in both offers and answers. This attribute represents a threshold for the resource reservation. When this threshold is reached or surpassed, the user agent MUST send an offer to the peer user agent, reflecting the new current status of the media line as soon as allowed by the SIP offer/answer rules. If this threshold is crossed again (e.g., the network stops providing resources for the media stream), the user agent MUST send a new offer as well, as soon as allowed by the SIP offer/answer rules.

If a peer has requested confirmation on a particular stream, an agent MUST mark that stream with a flag in its local status table. When all the rows with this flag have a "Current" value of "yes", the user agent MUST send a new offer to the peer. This offer will contain the current status of resource reservation in the current-status attributes. Later, if any of the rows with this flag transition to "No", a new offer MUST be sent as well.

Confirmation attributes are not negotiated. The answerer uses the value of the confirm-status attribute in the offer, and the offerer uses the value of this attribute in the answer.

For example, if a user agent receives an SDP description with the following attributes:

```
m=audio 20002 RTP/AVP 0
a=curr:qos local none
a=curr:qos remote none
a=des:qos mandatory local sendrecv
```

```
a=des:qos mandatory remote sendrecv
a=conf:qos remote sendrecv
```

It will send an offer as soon as it reserves resources in its access network ("remote" tag in the received message) for both directions (sendrecv).

8 Refusing an offer

We define a new SIP status code:

```
Server-Error = "580" ;Precondition Failure
```

When a UAS, acting as an answerer, cannot or is not willing to meet the preconditions in the offer, it SHOULD reject the offer by returning a 580 (Precondition-Failure) response.

Using the 580 (Precondition Failure) status code to refuse an offer is useful when the offer comes in an INVITE or in an UPDATE request. However, SIP does not provide a means to refuse offers that arrive in a response (1xx or 2xx) to an INVITE. If a UAC generates an initial INVITE without an offer and receives an offer in a 1xx or 2xx response which is not acceptable, it SHOULD respond to this offer with a correctly formed answer and immediately send a CANCEL or a BYE.

If the offer comes in a 1xx or 2xx response to a re-INVITE, A would not have a way to reject it without terminating the session at the same time. The same recommendation given in Section 15.2 of [1] applies here:

"The UAS MUST ensure that the session description overlaps with its previous session description in media formats, transports, other parameters that require support from the peer. This is to avoid the need for the peer to reject the session description. If, however, it is unacceptable to A, A SHOULD generate an answer with a valid session description, and then send a BYE to terminate the session."

580 (Precondition Failure) responses and BYE and CANCEL requests, indicating failure to meet certain preconditions, SHOULD contain an SDP description, indicating which desired status triggered the failure. Note that this SDP description is not an offer or an answer, since it does not lead to the establishment of a session. The format of such a description is based on the last SDP (an offer or an answer) received from the remote UA.

For each "m=" line in the last SDP description received, there MUST be a corresponding "m=" line in the SDP description indicating failure. This SDP description MUST contain exactly the same number of "m=" lines as the last SDP description received. The port number

of every "m=" line MUST be set to zero, but the connection address is arbitrary.

The desired status line corresponding to the precondition that triggered the failure MUST use the "failure" strength-tag, as shown in the example below:

```
m=audio 20000 RTP/AVP 0
a=des:qos failure e2e send
```

8.1 Rejecting a Media Stream

In the offer/answer model, when an answerer wishes to reject a media stream, it sets its port to zero. The presence of preconditions does not change this behaviour; streams are still rejected by setting their port to zero.

Both the offerer and the answerer MUST ignore all the preconditions that affect a stream with its port set to zero. They are not taken into consideration to decide whether or not session establishment can resume.

9 Unknown Precondition Type

This document defines the "qos" tag for quality of service preconditions. New precondition-types defined in the future will have new associated tags. A UA that receives an unknown precondition-type, with a "mandatory" strength-tag in an offer, MUST refuse the offer unless the only unknown mandatory preconditions have the "local" tag. In this case, the UA does not need to be involved in order to meet the preconditions. The UA will ask for confirmation of the preconditions and, when the confirmation arrives, it will resume session establishment.

A UA refusing an offer follows the rules described in section 8, but instead of the tag "failure", it uses the tag "unknown", as shown in the example below:

```
m=audio 20000 RTP/AVP 0
a=des:foo unknown e2e send
```

10 Multiple Preconditions per Media Stream

A media stream MAY contain multiple preconditions. Different preconditions MAY have the same precondition-type and different status-types (e.g., end to end and segmented quality of service preconditions) or different precondition-types (this document only defines the "qos" precondition type, but extensions may define more precondition-types in the future).

All the preconditions for a media stream MUST be met in order to resume session establishment. The following example shows a session

description that uses both end-to-end and segmented status-types for a media stream.

```
m=audio 20000 RTP/AVP 0
a=curr:qos local none
a=curr:qos remote none
a=des:qos mandatory local sendrecv
a=des:qos mandatory remote sendrecv
a=curr:qos e2e none
a=des:qos optional e2e sendrecv
```

11 Option Tag for Preconditions

We define the option tag "precondition" for use in the Require and Supported header fields. An offerer MUST include this tag in the Require header field if the offer contains one or more "mandatory" strength-tags. If all the strength-tags in the description are "optional" or "none", the offerer MUST include this tag in either a Supported header field or in a Require header field. It is, however, RECOMMENDED that the Supported header field be used in this case. The lack of preconditions in the answer would indicate that the answerer did not support this extension.

The mapping of offers and answers to SIP requests and responses is performed following the rules given in [5]. Therefore, a user agent including preconditions in the SDP MUST support the PRACK and UPDATE methods. Consequently, it MUST include the "100rel" [7] tag in the Supported header field and SHOULD include an Allow header field with the "UPDATE" tag [5].

12 Indicating Capabilities

The offer/answer model [4] describes the format of a session description to indicate capabilities. This format is used in responses to OPTIONS requests. A UA that supports preconditions SHOULD add desired status lines indicating the precondition-types supported for each media stream. These lines MUST have the "none" strength-tag, as shown in the example below:

```
m=audio 0 RTP/AVP 0
a=rtpmap:0 PCMU/8000
a=des:foo none e2e sendrecv
a=des:qos none local sendrecv
```

Note that when this document was published, the precondition-type "foo" has not been registered. It is used here in the session description above to provide an example with multiple precondition-types.

A UA that supports this framework SHOULD add a "precondition" tag to the Supported header field of its responses to OPTIONS requests.

13 Examples

The following examples cover both status types; end-to-end and segmented.

13.1 End-to-end Status Type

The call flow of Figure 2 shows a basic session establishment using the end-to-end status type. The SDP descriptions of this example are shown below:

SDP1: A includes end-to-end quality of service preconditions in the initial offer.

```
m=audio 20000 RTP/AVP 0
c=IN IP4 192.0.2.1
a=curr:qos e2e none
a=des:qos mandatory e2e sendrecv
```

SDP2: Since B uses RSVP, it can know when resources in its "send" direction are available, because it will receive RESV messages from the network. However, it does not know the status of the reservations in the other direction. B requests confirmation for resource reservations in its "recv" direction to the peer user agent A in its answer.

```
m=audio 30000 RTP/AVP 0
c=IN IP4 192.0.2.4
a=curr:qos e2e none
a=des:qos mandatory e2e sendrecv
a=conf:qos e2e recv
```

After having sent the answer, B starts reserving network resources for the media stream. When A receives this answer (2), it starts performing resource reservation as well. Both UAs use RSVP, so A sends PATH messages towards B and B sends PATH messages towards A.

As time passes, B receives RESV messages confirming the reservation. However, B waits until resources in the other direction are reserved as well, since it did not receive any confirmation and the preconditions still have not been met.

SDP3: When A receives RESV messages, it sends an updated offer (5) to B:

```
m=audio 20000 RTP/AVP 0
c=IN IP4 192.0.2.1
a=curr:qos e2e send
a=des:qos mandatory e2e sendrecv
```

SDP4: B responds with an answer (6) which contains the current status of the resource reservation (i.e., sendrecv):

```
m=audio 30000 RTP/AVP 0
c=IN IP4 192.0.2.4
a=curr:qos e2e sendrecv
a=des:qos mandatory e2e sendrecv
```

At this point in time, session establishment resumes and B returns a 180 (Ringing) response (7).

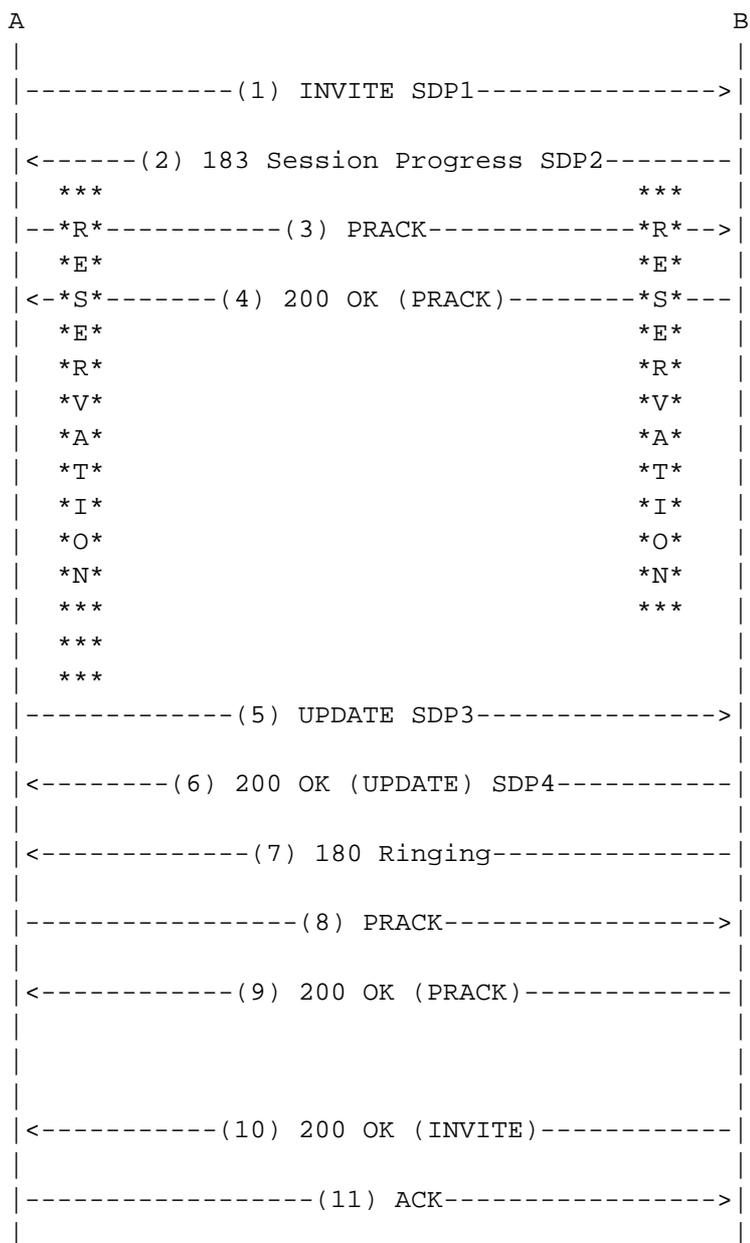


Figure 2: Example using the end-to-end status type

Let's assume, that in the middle of the session, A wishes to change the IP address where it is receiving media. Figure 3 shows this scenario.

SDP1: A includes an offer in a re-INVITE (1). A continues to receive media on the old IP address (192.0.2.1), but is ready to receive media on the new one as well (192.0.2.2):

```
m=audio 20000 RTP/AVP 0
c=IN IP4 192.0.2.2
a=curr:qos e2e none
a=des:qos mandatory e2e sendrecv
```

SDP2: B includes a "conf" attribute in its answer. B continues sending media to the old remote IP address (192.0.2.1)

```
m=audio 30000 RTP/AVP 0
c=IN IP4 192.0.2.4
a=curr:qos e2e none
a=des:qos mandatory e2e sendrecv
a=conf:qos e2e recv
```

SDP3: When A receives RESV messages it sends an updated offer (5) to B:

```
m=audio 20000 RTP/AVP 0
c=IN IP4 192.0.2.2
a=curr:qos e2e send
a=des:qos mandatory e2e sendrecv
```

SDP4: B responds with an answer (6), indicating that the preconditions have been met (current status "sendrecv"). It is now that B begins sending media to the new remote IP address (192.0.2.2).

A	B
-----(1) INVITE SDP1----->	
<-----(2) 183 Session Progress SDP2-----	
***	***
--*R*----->	
E	*E*
<----->	
S----->	
E	*E*
R	*R*
V	*V*
A	*A*
T	*T*
I	*I*
O	*O*
N	*N*

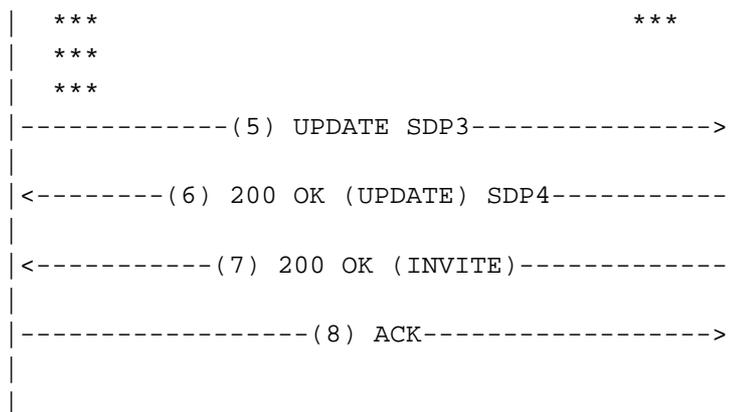


Figure 3: Session modification with preconditions

```

m=audio 30000 RTP/AVP 0
c=IN IP4 192.0.2.4
a=curr:qos e2e sendrecv
a=des:qos mandatory e2e sendrecv

```

13.2 Segmented Status Type

The call flow of Figure 4 shows a basic session establishment using the segmented status type. The SDP descriptions of this example are shown below:

SDP1: A includes local and remote QoS preconditions in the initial offer. Before sending the initial offer, A reserves resources in its access network. This is indicated in the local current status of the SDP below:

```

m=audio 20000 RTP/AVP 0 8
c=IN IP4 192.0.2.1
a=curr:qos local sendrecv
a=curr:qos remote none
a=des:qos mandatory local sendrecv
a=des:qos mandatory remote sendrecv

```

SDP2: B reserves resources in its access network and, since all the preconditions are met, returns an answer in a 180 (Ringing) response (3).

```

m=audio 30000 RTP/AVP 0 8
c=IN IP4 192.0.2.4
a=curr:qos local sendrecv
a=curr:qos remote sendrecv
a=des:qos mandatory local sendrecv
a=des:qos mandatory remote sendrecv

```

Let's assume that after receiving this response, A decides that it wants to use only PCM u-law (payload 0), as opposed to both PCM u-law

and A-law (payload 8). It would send an UPDATE to B, possibly before receiving the 200 (OK) for the INVITE (5). The SDP would look like:

```
m=audio 20000 RTP/AVP 0
c=IN IP4 192.0.2.1
a=curr:qos local sendrecv
a=curr:qos remote sendrecv
a=des:qos mandatory local sendrecv
a=des:qos mandatory remote sendrecv
```

B would generate an answer for this offer and place it in the 200 (OK) for the UPDATE.

Note that this last offer/answer to reduce the number of supported codecs may arrive to the user agent server after the 200 (OK) response has been generated. This would mean that the session is established before A has reduced the number of supported codecs. To avoid this situation, the user agent client could wait for the first answer from the user agent before setting its local current status to "sendrecv".

13.3 Offer in a SIP response

The call flow of Figure 5 shows a basic session establishment where the initial offer appears in a reliable lxx response. This example uses the end-to-end status type. The SDP descriptions of this example are shown below:

The first INVITE (1) does not contain a session description. Therefore, the initial offer is sent by B in a reliable 183 (Session Progress) response.

SDP1: B includes end-to-end quality of service preconditions in the initial offer. Since B uses RSVP, it can know when resources in its "send" direction are available, because it will receive RESV messages from the network. However, it does not know the status of the reservations in the other direction. B requests confirmation for resource reservations in its "recv" direction, to the peer user agent A, in its answer.

```
m=audio 30000 RTP/AVP 0
c=IN IP4 192.0.2.4
a=curr:qos e2e none
a=des:qos mandatory e2e sendrecv
a=conf:qos e2e recv
```

SDP2: A includes its answer in the PRACK for the 183 (Session Progress) response.

```
m=audio 20000 RTP/AVP 0
c=IN IP4 192.0.2.1
a=curr:qos e2e none
```

a=des:qos mandatory e2e sendrecv

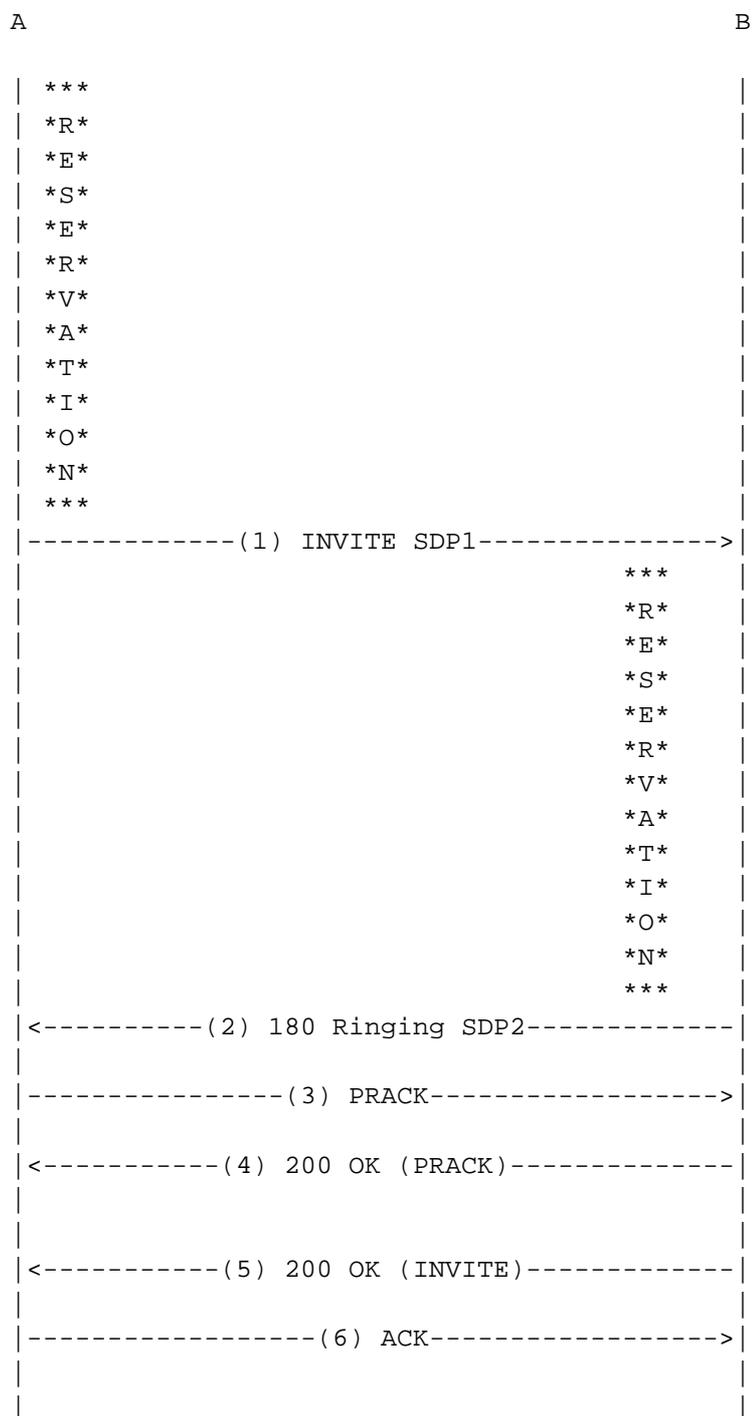


Figure 4: Example using the segmented status type

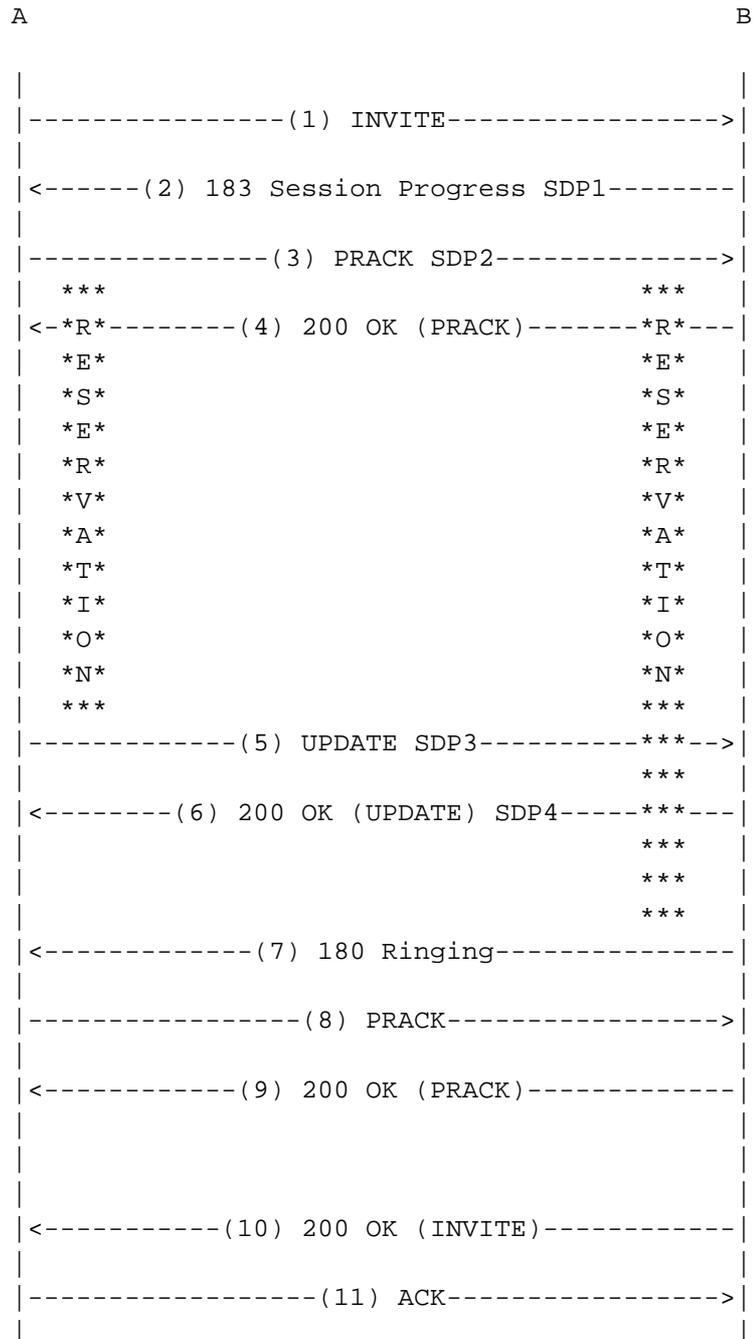


Figure 5: Example of an initial offer in a lxx response

After having sent the answer, A starts reserving network resources for the media stream. When B receives this answer (3), it starts performing resource reservation as well. Both UAs use RSVP, so A sends PATH messages towards B and B sends PATH messages towards A.

SDP3: When A receives RESV messages, it sends an updated offer (5) to B:

```

m=audio 20000 RTP/AVP 0
c=IN IP4 192.0.2.1
a=curr:qos e2e send
a=des:qos mandatory e2e sendrecv

```

SDP4: B responds with an answer (6) which contains the current status of the resource reservation (i.e., recv):

```

m=audio 30000 RTP/AVP 0
c=IN IP4 192.0.2.4
a=curr:qos e2e recv
a=des:qos mandatory e2e sendrecv

```

As time passes, B receives RESV messages confirming the reservation. At this point in time, session establishment resumes and B returns a 180 (Ringing) response (7).

14 Security Considerations

An entity in the middle of two user agents establishing a session may add desired-status attributes making session establishment impossible. It could also modify the content of the current-status parameters so that the session is established without meeting the preconditions. Integrity protection can be used to avoid these attacks.

An entity performing resource reservations upon reception of unauthenticated requests carrying preconditions can be an easy target for a denial of service attack. Requests with preconditions SHOULD be authenticated.

15 IANA Considerations

This document defines three media level SDP attributes: desired-status, current-status and conf-status. Their format is defined in Section 4.

This document defines a framework for using preconditions with SIP. Precondition-types to be used with this framework are registered by the IANA when they are published in standards track RFCs. The IANA Considerations section of the RFC MUST include the following information, which appears in the IANA registry along with the RFC number of the publication.

- o Name of the precondition-type. The name MAY be of any length, but SHOULD be no more than ten characters long.
- o Descriptive text that describes the extension.

The only entry in the registry for the time being is:

Precondition-Type	Reference	Description
-----	-----	-----
qos	RFC 3312	Quality of Service preconditions

This document also defines a new SIP status code (580). Its default reason phrase (Precondition Failure) is defined in section 8.

This document defines a SIP option tag (precondition) in section 11.

16 Notice Regarding Intellectual Property Rights

The IETF has been notified of intellectual property rights claimed in regard to some or all of the specification contained in this document. For more information consult the online list of claimed rights.

17 References

- [1] Rosenberg, J., Schulzrinne, H., Camarillo, G., Johnston, A., Peterson, J., Sparks, R., Handley, M. and E. Schooler, "SIP: Session Initiation Protocol", RFC 3261, June 2002.
- [2] Handley, M. and V. Jacobson, "SDP: Session Description Protocol", RFC 2327, April 1998.
- [3] Bradner, S., "Key words for use in RFCs to Indicate Requirement Levels", BCP 14, RFC 2119, March 1997.
- [4] Rosenberg, J. and H. Schulzrinne, "An Offer/Answer Model with Session Description Protocol (SDP)", RFC 3264, June 2002.
- [5] Rosenberg, J., "The Session Initiation Protocol (SIP) UPDATE Method," RFC 3311, September 2002.
- [6] Schulzrinne, S., Casner, S., Frederick, R. and V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications", RFC 1889, January 1996.
- [7] Rosenberg, J. and H. Schulzrinne, "Reliability of Provisional Responses in Session Initiation Protocol (SIP)", RFC 3262, June 2002.
- [8] C. Kalmanek, W. Marshall, P. Mishra, D. Nortz, and K. K. Ramakrishnan, "DOSA: an architecture for providing robust IP telephony service," in Proceedings of the Conference on Computer Communications (IEEE Infocom), (Tel Aviv, Israel), Mar. 2000.

18 Contributors

The following persons contributed and were co-authors on earlier versions of this spec:

K. K. Ramakrishnan (TeraOptic Networks), Ed Miller (Terayon), Glenn Russell (CableLabs), Burcak Beser (Pacific Broadband Communications), Mike Mannette (3Com), Kurt Steinbrenner (3Com), Dave Oran (Cisco), Flemming Andreasen (Cisco), Michael Ramalho (Cisco), John Pickens (Com21), Poornima Lalwaney (Nokia), Jon Fellows (Copper Mountain Networks), Doc Evans (D. R. Evans)

Consulting), Keith Kelly (NetSpeak), Adam Roach (dynamicsoft), Dean Willis (dynamicsoft), Steve Donovan (dynamicsoft), Henning Schulzrinne (Columbia University).

This "manyfolks" document is the culmination of over two years of work by many individuals, most are listed here and in the following acknowledgements section. A special note is due to Flemming Andreasen, Burcak Beser, Dave Boardman, Bill Guckel, Chuck Kalmanek, Keith Kelly, Poornima Lalwaney, John Lawser, Bill Marshall, Mike Mannette, Dave Oran, K.K. Ramakrishnan, Michael Ramalho, Adam Roach, Jonathan Rosenberg, and Henning Schulzrinne for spearheading the initial "single INVITE" quality of service preconditions work from previous, non-SIP compatible, "two-stage Invite" proposals. These "two-stage INVITE" proposals had their origins from Distributed Call Signaling work in PacketCable, which, in turn, had architectural elements from AT&T's Distributed Open Systems Architecture (DOSA) work [8].

19 Acknowledgments

The Distributed Call Signaling work in the PacketCable project is the work of a large number of people, representing many different companies. The authors would like to recognize and thank the following for their assistance: John Wheeler, Motorola; David Boardman, Daniel Paul, Arris Interactive; Bill Blum, Jay Strater, Jeff Ollis, Clive Holborow, General Instruments; Doug Newlin, Guido Schuster, Ikhlaq Sidhu, 3Com; Jiri Matousek, Bay Networks; Farzi Khazai, Nortel; John Chapman, Bill Guckel, Cisco; Chuck Kalmanek, Doug Nortz, John Lawser, James Cheng, Tung-Hai Hsiao, Partho Mishra, AT&T; Telcordia Technologies; and Lucent Cable Communications.

20 Authors' Addresses

Gonzalo Camarillo Ericsson
Advanced Signalling Research Lab.
FIN-02420 Jorvas
Finland
EMail: Gonzalo.Camarillo@ericsson.com

Bill Marshall AT&T
Florham Park, NJ 07932
USA
EMail: wtm@research.att.com

Jonathan Rosenberg dynamicsoft
72 Eagle Rock Ave East Hanover, NJ 07936
USA
EMail: jdrosen@dynamicsoft.com

ANEXO C

Network Working Group
 Request for Comments: 3313
 Category: Informational

W. Marshall, Ed.
 AT&T
 January 2003

Private Session Initiation Protocol (SIP) Extensions for Media Authorization

Status of this Memo

This memo provides information for the Internet community. It does not specify an Internet standard of any kind. Distribution of this memo is unlimited.

Copyright Notice

Copyright (C) The Internet Society (2003). All Rights Reserved.

Abstract

This document describes the need for Quality of Service (QoS) and media authorization and defines a Session Initiation Protocol (SIP) extension that can be used to integrate QoS admission control with call signaling and help guard against denial of service attacks. The use of this extension is only applicable in administrative domains, or among federations of administrative domains with previously agreed-upon policies, where both the SIP proxy authorizing the QoS, and the policy control of the underlying network providing the QoS, belong to that administrative domain or federation of domains.

Table of Contents

1. Scope of Applicability.....	2
2. Conventions Used in this Document.....	3
3. Background and Motivation.....	3
4. Overview.....	4
5. Changes to SIP to Support Media Authorization.....	4
5.1 SIP Header Extension.....	5
5.2 SIP Procedures.....	5
5.2.1 User Agent Client (UAC).....	6
5.2.2 User Agent Server (UAS).....	6
5.2.3 Originating Proxy (OP).....	7
5.2.4 Destination Proxy (DP).....	7
6. Examples.....	8
6.1 Requesting Bandwidth via RSVP Messaging.....	8
6.1.1 User Agent Client Side.....	8
6.1.2 User Agent Server Side.....	10
7. Advantages of the Proposed Approach.....	12
8. Security Considerations.....	13

9. IANA Considerations.....	13
10. Notice Regarding Intellectual Property Rights.....	13
11. Normative References.....	14
12. Informative References.....	14
13. Contributors.....	15
14. Acknowledgments.....	15
15. Editor's Address.....	15
16. Full Copyright Statement.....	16

1. Scope of Applicability

This document defines a SIP extension that can be used to integrate QoS admission control with call signaling and help guard against denial of service attacks. The use of this extension is only applicable in administrative domains, or among federations of administrative domains with previously agreed-upon policies, where both the SIP proxy authorizing the QoS, and the policy control of the underlying network providing the QoS, belong to that administrative domain or federation of domains. Furthermore, the mechanism is generally incompatible with end-to-end encryption of message bodies that describe media sessions.

This is in contrast with general Internet principles, which separate data transport from applications. Thus, the solution described in this document is not applicable to the Internet at large. Despite these limitations, there are sufficiently useful specialized deployments that meet the assumptions described above, and can accept the limitations that result, to warrant informational publication of this mechanism. An example deployment would be a closed network, which emulates a traditional circuit switched telephone network. This document specifies a private header, facilitating use in these specialized configurations.

2. Conventions Used in this Document

The key words "MUST", "MUST NOT", "REQUIRED", "SHALL", "SHALL NOT", "SHOULD", "SHOULD NOT", "RECOMMENDED", "MAY", and "OPTIONAL" in this document are to be interpreted as described in RFC 2119 [2].

3. Background and Motivation

Current IP telephony systems assume a perfect world in which there is either an unlimited amount of bandwidth, or network layer Quality of Service (QoS) is provided without any kind of policy control. However, the reality is that end-to-end bandwidth is not unlimited and uncontrolled access to QoS, in general, is unlikely. The primary reason for this is that QoS provides preferential treatment of one flow, at the expense of another. Consequently, it is important to have policy control over whether a given flow should have access to QoS. This will not only enable fairness in general, but can also prevent denial of service attacks.

In this document, we are concerned with providing QoS for media streams established via the Session Initiation Protocol (SIP) [3]. We assume an architecture that integrates call signaling with media authorization, as illustrated in the Figure below. The solid lines (A and B) show interfaces, whereas the dotted line (C) illustrates the QoS enabled media flow:

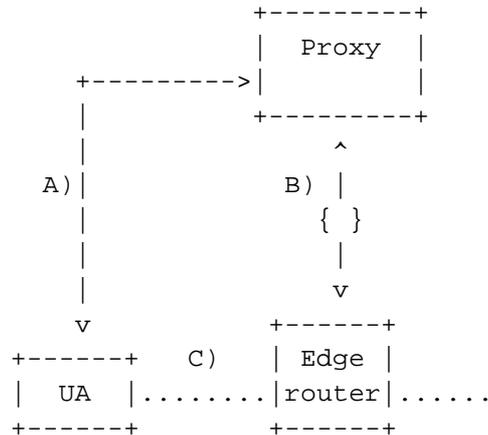


Figure 1 - Basic Architecture

In this architecture, we assume a SIP UA connected to a QoS enabled network with an edge router acting as a Policy Enforcement Point (PEP) [6]. We further assume that a SIP UA that wishes to obtain QoS initiates sessions through a proxy which can interface with the QoS policy control for the data network being used. We will refer to such a proxy as a QoS enabled proxy. We assume that the SIP UA needs to present an authorization token to the network in order to obtain Quality of Service (C). The SIP UA obtains this authorization token via SIP (A) from the QoS enabled proxy by means of an extension SIP header, defined in this document. The proxy, in turn, communicates either directly with the edge router or with a Policy Decision Point (PDP - not shown) [6] in order to obtain a suitable authorization token for the UA.

Examples of access data networks, where such a QoS enabled proxy could be used, include DOCSIS based cable networks and 3rd generation (3G) wireless networks.

4. Overview

A session that needs to obtain QoS for the media streams in accordance with our basic architecture described above goes through the following steps.

The SIP UA sends an INVITE to the QoS enabled proxy, which for each resulting dialog includes one or more media authorization tokens in all unreliable provisional responses (except 100), the first reliable 1xx or 2xx response, and all retransmissions of that reliable

response for the dialog. When the UA requests QoS, it includes the media authorization tokens with the resource reservation.

A SIP UA may also receive an INVITE from its QoS enabled proxy which includes one or more media authorization tokens. In that case, when the UA requests QoS, it includes the media authorization tokens with the resource reservation. The resource reservation mechanism is not part of SIP and is not described within the scope of this document.

5. Changes to SIP to Support Media Authorization

This document defines a private SIP header extension to support a media authorization scheme. In this architecture, a QoS enabled SIP proxy supplies the UA with one or more authorization tokens which are to be used in QoS requests. The extension defined allows network QoS resources to be authorized by the QoS enabled SIP proxy.

5.1 SIP Header Extension

A new P-Media-Authorization general header field is defined. The P-Media-Authorization header field contains one or more media authorization tokens which are to be included in subsequent resource reservations for the media flows associated with the session, that is, passed to an independent resource reservation mechanism, which is not specified here. The media authorization tokens are used for authorizing QoS for the media stream(s). The P-Media-Authorization header field is described by the following ABNF [4]:

```
P-Media-Authorization = "P-Media-Authorization" HCOLON
                        P-Media-Authorization-Token
                        *(COMMA P-Media-Authorization-Token)
```

```
P-Media-Authorization-Token = 1*HEXDIG
```

Table 1 below is an extension of tables 2 and 3 in [3] for the new header field defined here. For informational purposes, this table also includes relevant entries for standards track extension methods published at the time this document was published. The INFO, PRACK, UPDATE, and SUBSCRIBE and NOTIFY methods are defined respectively in [11], [9], [12], and [10].

	Where	proxy	ACK	BYE	CAN	INV	OPT	REG
P-Media-Authorization	R	ad	o	-	-	o	-	-
P-Media-Authorization	2xx	ad	-	-	-	o	-	-
P-Media-Authorization	101-199	ad	-	-	-	o	-	-

	Where	proxy	INF	PRA	UPD	SUB	NOT
P-Media-Authorization	R	ad	-	o	o	-	-
P-Media-Authorization	2xx	ad	-	o	o	-	-

Table 1: Summary of header fields.

The P-Media-Authorization header field can be used only in SIP requests or responses that can carry a SIP offer or answer. This naturally keeps the scope of this header field narrow.

5.2 SIP Procedures

This section defines SIP [3] procedures for usage in media authorization compatible systems, from the point of view of the authorizing QoS.

5.2.1 User Agent Client (UAC)

The initial SIP INVITE message, mid-call messages that result in network QoS resource changes, and mid-call changes in call destination should be authorized. These SIP messages are sent through the QoS enabled proxies to receive this authorization. In order to authorize QoS, the QoS enabled SIP proxy MAY need to inspect message bodies that describe the media streams (e.g., SDP). Hence, it is recommended (as may be appropriate within the applicability scope in Section 1 of this document) that such message bodies not be encrypted end-to-end.

The P-Media-Authorization-Token, which is contained in the P-Media-Authorization header, is included for each dialog in all unreliable provisional responses (except 100), the first reliable 1xx or 2xx response, and all retransmissions of that reliable response for the dialog sent by the QoS enabled SIP proxy to the UAC.

The UAC should use all the P-Media-Authorization-Tokens from the most recent request/response that contained the P-Media-Authorization header when requesting QoS for the associated media stream(s). This applies to both initial and subsequent refresh reservation messages (for example, in an RSVP-based reservation system). A reservation function within the UAC should convert each string of hex digits into binary, and utilize each result as a Policy-Element, as defined in RFC 2750 [5] (excluding Length, but including P-Type which is included in each token). These Policy-Elements would typically contain the authorizing entity and credentials, and be used in an RSVP request for media data stream QoS resources.

5.2.2 User Agent Server (UAS)

The User Agent Server receives the P-Media-Authorization-Token in an INVITE (or other) message from the QoS enabled SIP proxy. If the response contains a message body that describes media streams for which the UA desires QoS, it is recommended (as may be appropriate within the applicability scope in Section 1 of this document) that this message body not be encrypted end-to-end.

The UAS should use all the P-Media-Authorization-Tokens from the most recent request/response that contained the P-Media-Authorization header when requesting QoS for the associated media stream(s). This

applies both to initial and subsequent refresh reservation messages (for example, in an RSVP-based reservation system). A reservation function within the UAS should convert each string of hex digits into binary, and utilize each result as a Policy-Element, as defined in RFC 2750 [5] (excluding Length, but including P-Type which is included in each token). These Policy-Elements would typically contain the authorizing entity and credentials, and be used in an RSVP request for media data stream QoS resources.

5.2.3 Originating Proxy (OP)

When the originating QoS enabled proxy (OP) receives an INVITE (or other) message from the UAC, the proxy authenticates the caller, and verifies that the caller is authorized to receive QoS.

In cooperation with an originating Policy Decision Point (PDP-o), the OP obtains and/or generates one or more media authorization tokens. These contain sufficient information for the UAC to get the authorized QoS for the media streams. Each media authorization token is formatted as a Policy-Element, as defined in RFC 2750 [5] (excluding Length, but including P-Type which is included in each token), and then converted to a string of hex digits to form a P-Media-Authorization-Token. The proxy's resource management function may inspect message bodies that describe the media streams (e.g., SDP), in both requests and responses in order to decide what QoS to authorize.

For each dialog that results from the INVITE (or other) message received from the UAC, the originating proxy must add a P-Media-Authorization header with the P-Media-Authorization-Token in all unreliable provisional responses (except 100), the first reliable 1xx or 2xx response, and all retransmissions of that reliable response the proxy sends to the UAC, if that response may result in network QoS changes. A response with an SDP may result in such changes.

5.2.4 Destination Proxy (DP)

The Destination QoS Enabled Proxy (DP) verifies that the called party is authorized to receive QoS.

In cooperation with a terminating Policy Decision Point (PDP-t), the DP obtains and/or generates a media authorization token that contains sufficient information for the UAS to get the authorized QoS for the media streams. The media authorization token is formatted as a Policy-Element, as defined in RFC 2750 [5] (excluding Length, but including P-Type which is included in each token), and then converted to a string of hex digits to form a P-Media-Authorization-Token. The proxy's resource management function may inspect message bodies that describe the media streams (e.g., SDP), in both requests and responses in order to decide what QoS to authorize.

The Destination Proxy must add the P-Media-Authorization header with the P-Media-Authorization-Token in the INVITE (or other) request that it sends to the UAS if that message may result in network QoS changes. A message with an SDP body may result in such changes.

6. Examples

6.1 Requesting Bandwidth via RSVP Messaging

Below we provide an example of how the P-Media-Authorization header field can be used in conjunction with the Resource Reservation Protocol (RSVP) [7]. The example assumes that an offer arrives in the initial INVITE and an answer arrives in a reliable provisional response [9], which contains an SDP description of the media flow.

6.1.1 User Agent Client Side

Figure 2 presents a high-level overview of a basic call flow with media authorization from the viewpoint of the UAC. Some policy interactions have been omitted for brevity.

When a user goes off-hook and dials a telephone number, the UAC collects the dialed digits and sends the initial (1)INVITE message to the originating SIP proxy.

The originating SIP proxy (OP) authenticates the user/UAC and forwards the (2)INVITE message to the proper SIP proxy.

Assuming the call is not forwarded, the terminating end-point sends a (3)18x response to the initial INVITE via OP. Included in this response is an indication of the negotiated bandwidth requirement for the connection (in the form of an SDP description [8]).

When OP receives the (3)18x, it has sufficient information regarding the end-points, bandwidth and characteristics of the media exchange. It initiates a Policy-Setup message to PDP-o, (4)AuthProfile.

The PDP-o stores the authorized media description in its local store, generates an authorization token that points to this description, and returns the authorization token to the OP, (5)AuthToken.

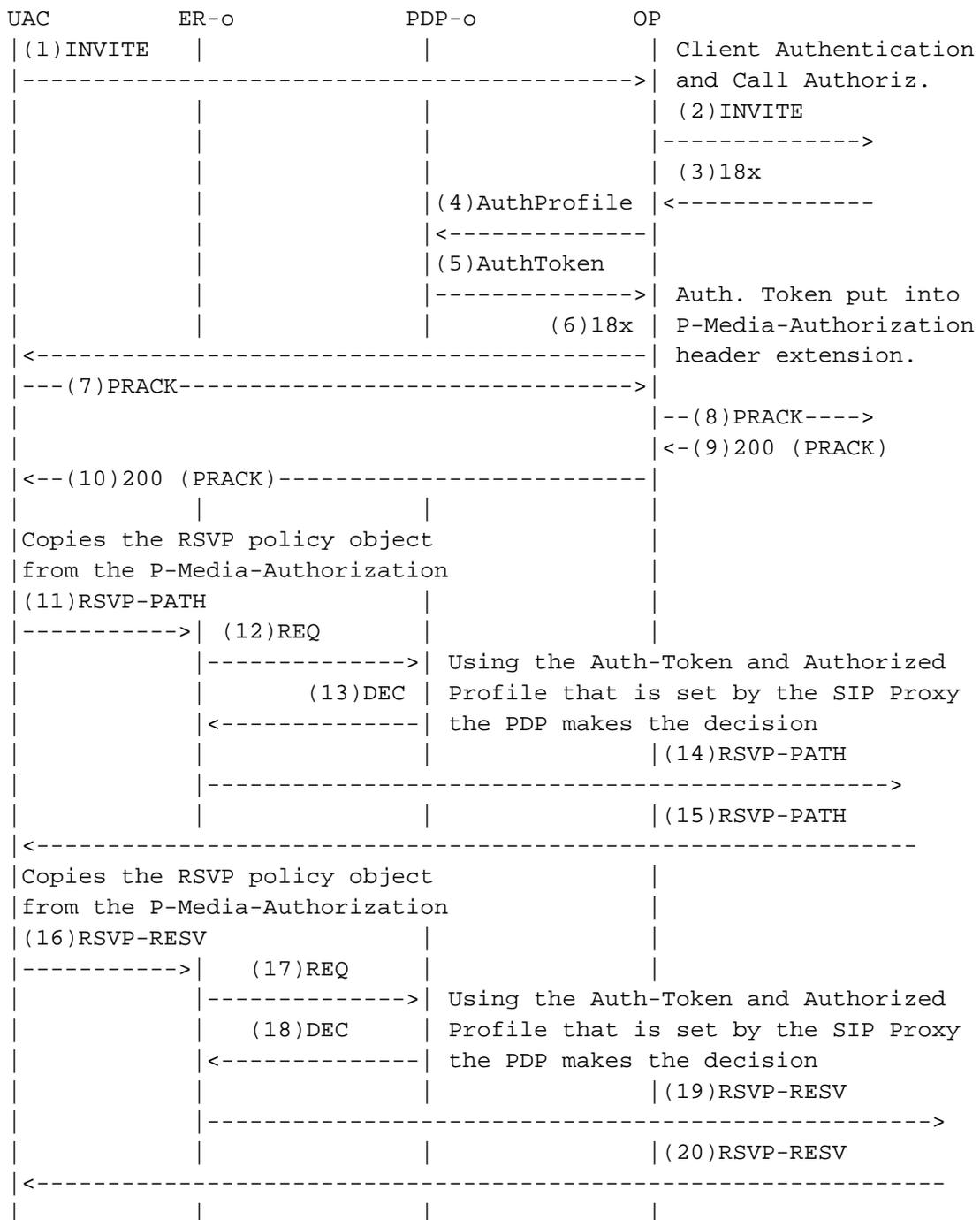


Figure 2 - Media Authorization with RSVP (UAC)

The OP includes the authorization token in the P-Media-Authorization header extension of the (6)18x message.

Upon receipt of the (6)18x message, the UAC stores the media authorization token from the P-Media-Authorization header. Also, the

UAC acknowledges the 18x message by sending a (7)PRACK message, which is responded to with (10) 200.

Before sending any media, the UAC requests QoS by sending an (11)RSVP-PATH message, which includes the previously stored P-Media-Authorization-Token as a Policy-Element.

ER-o, upon receipt of the (11)RSVP-PATH message, checks the authorization through a PDP-o COPS message exchange, (12)REQ. PDP-o checks the authorization using the stored authorized media description that was linked to the authorization token it returned to OP. If authorization is successful, PDP-o returns an "install" Decision, (13)DEC.

ER-o checks the admissibility for the request, and if admission succeeds, it forwards the (14)RSVP-PATH message.

Once UAC receives the (15)RSVP-PATH message from UAS, it sends the (16)RSVP-RESV message to reserve the network resources.

ER-o, upon receiving the (16)RSVP-RESV message checks the authorization through a PDP-o COPS message exchange, (17)REQ. PDP-o checks the authorization using the stored authorized media description that was linked to the authorization token it returned to OP. If authorization is successful, PDP-o returns an "install" Decision, (18)DEC.

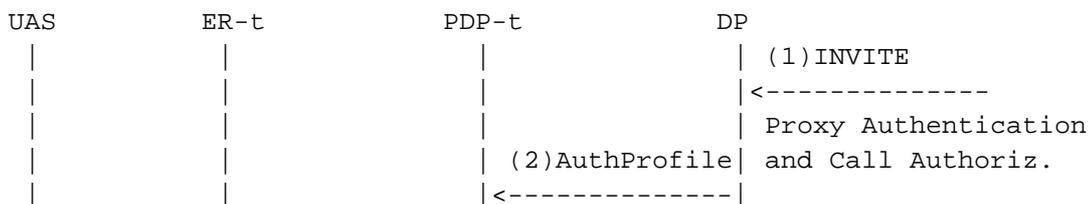
ER-o checks the admissibility for the request, and if admission succeeds, it forwards the (19)RSVP-RESV message.

Upon receiving the (20)RSVP-RESV message, network resources have been reserved in both directions.

6.1.2 User Agent Server Side

Figure 3 presents a high-level overview of a call flow with media authorization from the viewpoint of the UAS. Some policy interactions have been omitted for brevity.

Since the destination SIP proxy (DP) has sufficient information regarding the endpoints, bandwidth, and characteristics of the media exchange, it initiates a Policy-Setup message to the terminating Policy Decision Point (PDP-t) on receipt of the (1)INVITE.



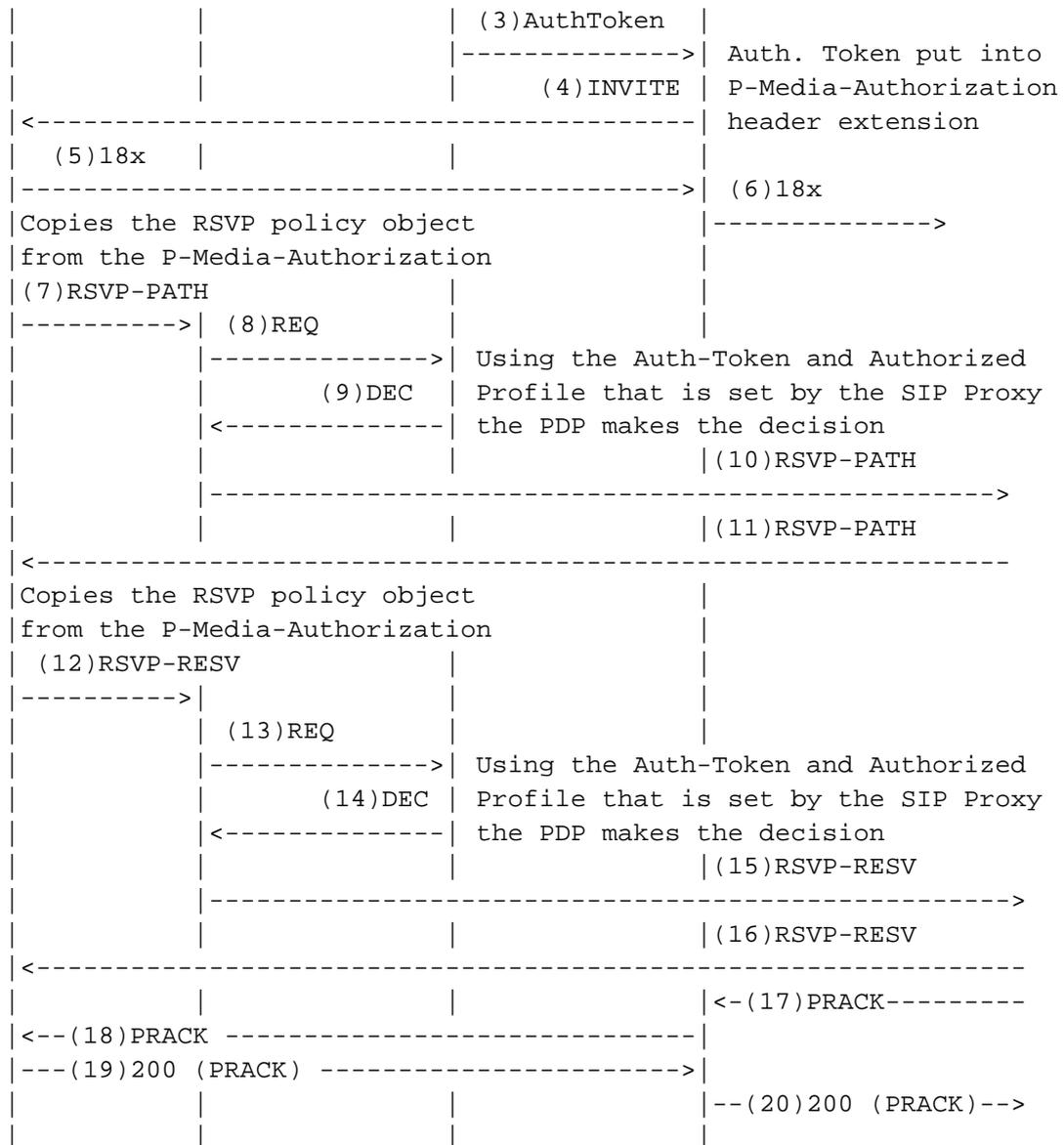


Figure 3 - Media Authorization with RSVP (UAS)

PDP-t stores the authorized media description in its local store, generates an authorization token that points to this description, and returns the authorization token to DP. The token is placed in the (4)INVITE message and forwarded to the UAS.

Assuming that the call is not forwarded, the UAS sends a (5)18x response to the initial INVITE message, which is forwarded back to UAC. At the same time, the UAS sends a (7)RSVP-PATH message which includes the previously stored P-Media-Authorization-Token as a Policy-Element.

ER-t, upon receiving the (7)RSVP-PATH message checks the authorization through a PDP-t COPS message exchange. PDP-t checks the authorization using the stored authorized media description that was linked to the authorization token it returned to DP. If authorization is successful, PDP-t returns an "install" Decision, (9)DEC.

ER-t checks the admissibility for the request, and if admission succeeds, it forwards the (10)RSVP-PATH message.

Once the UAS receives the (11)RSVP-PATH message, it sends the (12)RSVP-RESV message to reserve the network resources.

ER-t, upon reception of the (12)RSVP-RESV message, checks the authorization through a PDP-t COPS message exchange. PDP-t checks the authorization using the stored authorized media description that was linked to the authorization token that it returned to DP. If authorization is successful, PDP-t returns an "install" Decision, (14)DEC.

ER-t checks the admissibility for the request and if admission succeeds, it forwards the (15)RSVP-RESV message.

Upon receiving the (16)RSVP-RESV message, network resources have been reserved in both directions.

For completeness, we show the (17)PRACK message for the (5) 18x response and the resulting (19) 200 response acknowledging the PRACK.

7. Advantages of the Proposed Approach

The use of media authorization makes it possible to control the usage of network resources. In turn, this makes IP Telephony more robust against denial of service attacks and various kinds of service frauds. By using the authorization capability, the number of flows, and the amount of network resources reserved can be controlled, thereby making the IP Telephony system dependable in the presence of scarce resources.

8. Security Considerations

In order to control access to QoS, a QoS enabled proxy should authenticate the UA before providing it with a media authorization token. Both the method and policy associated with such authentication are outside the scope of this document, however it could, for example, be done by using standard SIP authentication mechanisms, as described in [3].

Media authorization tokens sent in the P-Media-Authorization header from a QoS enabled proxy to a UA MUST be protected from eavesdropping and tampering. This can, for example, be done through a mechanism such as IPSec or TLS. However, this will only provide hop-by-hop

security. If there is one or more intermediaries (e.g., proxies), between the UA and the QoS enabled proxy, these intermediaries will have access to the P-Media-Authorization header field value, thereby compromising confidentiality and integrity. This will enable both theft-of-service and denial-of-service attacks against the UA. Consequently, the P-Media-Authorization header field MUST NOT be available to any untrusted intermediary in the clear or without integrity protection. There is currently no mechanism defined in SIP that would satisfy these requirements. Until such a mechanism exists, proxies MUST NOT send P-Media-Authorization headers through untrusted intermediaries, which might reveal or modify the contents of this header. (Note that S/MIME-based encryption in SIP is not available to proxy servers, as proxies are not allowed to add message bodies.)

QoS enabled proxies may need to inspect message bodies describing media streams (e.g., SDP). Consequently, such message bodies should not be encrypted. In turn, this will prevent end-to-end confidentiality of the said message bodies, which lowers the overall security possible.

9. IANA Considerations

This document defines a new private SIP header for media authorization, "P-Media-Authorization". This header has been registered by the IANA in the SIP header registry, using the RFC number of this document as its reference.

10. Notice Regarding Intellectual Property Rights

The IETF has been notified of intellectual property rights claimed in regard to some or all of the specification contained in this document. For more information consult the online list of claimed rights.

11. Normative References

- [1] Bradner, S., "The Internet Standards Process -- Revision 3", BCP 9, RFC 2026, October 1996.
- [2] Bradner, S., "Key words for use in RFCs to Indicate Requirement Levels", BCP 14, RFC 2119, March 1997.
- [3] Rosenberg, J., Schulzrinne, H., Camarillo, G., Johnston, A., Peterson, J., Sparks, R., Handley, M. and E. Schooler, "SIP: Session Initiation Protocol", RFC 3261, June 2002.
- [4] Crocker, D. and P. Overell, "Augmented BNF for Syntax Specifications: ABNF", RFC 2234, November 1997.
- [5] Herzog, S., "RSVP Extensions for Policy Control", RFC 2750, January 2000.

12. Informative References

- [6] Yavatkar, R., Pendarakis, D. and R. Guerin, "A Framework for Policy-based Admission Control", RFC 2753, January 2000.
- [7] Braden, R., Zhang, L., Berson, S., Herzog, S. and S. Jamin, "Resource Reservation Protocol (RSVP) -- Version 1 Functional Specification", RFC 2205, September 1997.
- [8] Handley, M. and V. Jacobson, "SDP: Session Description Protocol", RFC 2327, April 1998.
- [9] Rosenberg, J. and H. Schulzrinne, "Reliability of Provisional Responses in Session Initiation Protocol (SIP)", RFC 3262, June 2002.
- [10] Roach, A. B., "Session Initiation Protocol (SIP)-Specific Event Notification", RFC 3265, June 2002.
- [11] Donovan, S., "The SIP INFO Method", RFC 2976, October 2000.
- [12] Rosenberg, J., "The Session Initiation Protocol (SIP) UPDATE Method", RFC 3311, September 2002.

13. Contributors

The following people contributed significantly and were co-authors on earlier versions of this document:

Bill Marshall (AT&T), K. K. Ramakrishnan (AT&T), Ed Miller (Terayon), Glenn Russell (CableLabs), Burcak Beser (Juniper Networks), Mike Mannette (3Com), Kurt Steinbrenner (3Com), Dave Oran (Cisco), Flemming Andreassen (Cisco), John Pickens (Com21), Poornima Lalwaney (Nokia), Jon Fellows (Copper Mountain Networks), Doc Evans (Arris), and Keith Kelly (NetSpeak).

14. Acknowledgments

The Distributed Call Signaling work in the PacketCable project is the work of a large number of people, representing many different companies. The contributors would like to recognize and thank the following for their assistance: John Wheeler, Motorola; David Boardman, Daniel Paul, Arris Interactive; Bill Blum, Jay Strater, Jeff Ollis, Clive Holborow, Motorola; Doug Newlin, Guido Schuster, Ikhlaq Sidhu, 3Com; Jiri Matousek, Bay Networks; Farzi Khazai, Nortel; John Chapman, Bill Guckel, Michael Ramalho, Cisco; Chuck Kalmanek, Doug Nortz, John Lawser, James Cheng, Tung-Hai Hsiao, Partho Mishra, AT&T; Telcordia Technologies; and Lucent Cable Communications. Dean Willis and Rohan Mahy provided valuable feedback as well.

15. Editor's Address

Bill Marshall
AT&T
Florham Park, NJ 07932

EMail: wtm@research.att.com