



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA TELEMÁTICA

TESIS DOCTORAL

**CONFIGURACIÓN DE TRANSPORTE MULTICAST IP CON
CALIDAD DE SERVICIO EN ARQUITECTURAS DE RED
CON PLANO DE CONTROL IMS**

Autor: Iván Vidal Fernández
Ingeniero de Telecomunicación

Director: Ignacio Soto Campos
Doctor Ingeniero de Telecomunicación

Director: Francisco Valera Pintor
Doctor Ingeniero de Telecomunicación

Leganes, Abril de 2008

CONFIGURACIÓN DE TRANSPORTE MULTICAST IP CON CALIDAD DE SERVICIO EN ARQUITECTURAS DE RED CON PLANO DE CONTROL IMS

Autor: Iván Vidal Fernández

Director: Prof. Dr. Ignacio Soto Campos

Director: Prof. Dr. Francisco Valera Pintor

Tribunal nombrado por el Mgfco. y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Carlos III de Madrid, el día ___ de _____ de _____.

Firma del tribunal calificador:

Firma:

Presidente:

Vocal:

Vocal:

Vocal:

Secretario:

Calificación:

Leganés, ___ de _____ de _____.

Para Mar, a miña doce Mar...

*“En los momentos de crisis, sólo la imaginación
es más importante que el conocimiento”*
– **Albert Einstein**

*“El secreto para progresar es empezar, el secreto
para empezar es dividir las tareas complejas y
abrumadoras en pequeñas tareas realizables y
luego empezar por la primera”*
– **Mark Twain**

*“La inspiración existe, pero tiene que encontrarte
trabajando”*
– **Pablo Picasso**

Agradecimientos

En primer lugar, y ante todo, a Mary. Tú más que nadie sabes lo que me ha costado llegar hasta aquí. Por mucho que lo intente, nunca podré encontrar las palabras apropiadas para agradecerte todo lo que haces por mí, día a día. Sin duda, esta Tesis es tan tuya como mía. Sólo puedo decirte que tú me haces feliz, y que yo no necesito nada más. Gracias por estar ahí, siempre a mi lado

A mis padres, Paco y Rosa. Por vuestro apoyo constante, sin fisuras. Vosotros sois los que más me animasteis a empezar esta Tesis, y ahora que he llegado hasta aquí no puedo más que daros las gracias. Gracias por vuestro ánimo, que siempre me hace ir hacia delante, no importa lo difícil que sea el reto. Gracias por vuestros consejos, que siempre han sido una guía en mi vida. Gracias por quererme como me queréis...

A Ignacio, Paco y Jaime. Gracias por darme la oportunidad de haber trabajado con vosotros en la temática de esta Tesis Doctoral. Sin duda, con vosotros he aprendido realmente qué es la Investigación, y lo gratificante que resulta el trabajo bien hecho. Muchas gracias por “empujarme” cuando más lo he necesitado (lo cual ha sido a menudo), por escuchar siempre mis puntos de vista y por orientarme en todo momento en la dirección apropiada. En especial, muchas gracias por vuestra infinita paciencia, sobre todo en este último tramo que sin duda ha sido cuesta arriba.

A Luis y Berto, porque con vosotros la amistad es incondicional, para siempre. Gracias por estar a mi lado siempre que os necesito, en cualquier momento, en cualquier lugar.

A Juan y Marta, por todos los buenos momentos que hemos vivido juntos (y los que están por venir). Sin duda, esta Tesis también tiene una parte de vosotros. Os echamos de menos

A Richi, Isaac, Carlos Jesús, Isaías, Pablo y Manolo. Con vosotros he descubierto que los amigos de verdad no sólo se encuentran cuando eres niño. Muchas gracias a todos por vuestro ánimo, por vuestro interés y por vuestra ayuda cuando más me ha hecho falta. Aquí tenéis un amigo con el que podéis contar siempre que lo necesitéis.

Al equipo MUSE: David, Joserra y Pinedo. Muchas gracias por vuestro esfuerzo y por vuestro trabajo, que sin duda han contribuido a los resultados obtenidos al término de esta Tesis Doctoral.

A los miembros del Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad Carlos III de Madrid, por un ambiente de trabajo inmejorable en el que he podido desarrollar el contenido de estas páginas. En especial, muchas gracias a Albert, Alberto, Arturo, Antonio de la Oliva, Carmen, David, Iria, José Félix, Marcelo, María, Norberto y Pablo Basanta.

Resumen

El proceso de estandarización de la tecnología UMTS como estándar global 3G ha resultado en el desarrollo del Subsistema Multimedia IP (*IP Multimedia Subsystem, IMS*). IMS es una arquitectura de control, basada en el protocolo IP, que proporciona un conjunto de funcionalidades que resultan esenciales en la provisión de los servicios multimedia de valor añadido con requisitos de QoS que están previstos en el futuro de las redes móviles de tercera generación. Así, por un lado, IMS provee al usuario con medios para acceder a un amplio rango de servicios implementados mediante Servidores de Aplicación. Por otro lado, las funcionalidades de control de sesión en IMS permiten establecer sesiones multimedia entre Equipos de Usuario (*User Equipment, UE*), sobre las cuales es posible proporcionar nuevos servicios *peer-to-peer* basados en el intercambio directo de información entre las partes participantes en el servicio. En este contexto, muchos de los servicios que actualmente están siendo considerados en el futuro de las redes 3G son de naturaleza multiusuario, en los que varios usuarios participan en la ejecución del servicio, de modo que la información debe ser intercambiada entre múltiples UEs. Ejemplos de tales servicios son el servicio de Conferencia o el servicio *Push-to-talk*.

Por otro lado, el continuo desarrollo y despliegue de nuevos accesos de banda ancha, posibilita la entrega de nuevos servicios de valor añadido al usuario, lo que finalmente permite atraer la atención del usuario y sostener de este modo el continuo crecimiento de Internet. A este respecto, el desarrollo de especificaciones para una Red de Internet de Próxima Generación permitirá desarrollar nuevas infraestructuras con capacidades y características que soporten la apropiada provisión de los servicios multimedia del futuro sobre las distintas redes de acceso fijas y móviles disponibles. Así, entre las iniciativas más importantes en el campo de las Redes de Próxima Generación (*Next Generation Network, NGN*), adquiere especial relevancia la propuesta por el grupo TISPAN de ETSI, que trabaja en el desarrollo de especificaciones para una Red de Próxima Generación basada en IMS.

Bajo las consideraciones presentadas, el principal objetivo de esta Tesis Doctoral ha consistido en el desarrollo de una plataforma general que, mediante la extensión de las funcionalidades de control de sesión presentes en IMS, soporte la provisión de servicios multiusuario en redes NGN con este plano de control. Asimismo, en la solución presentada, la eficiencia en el uso de los recursos de portadora se ha garantizado mediante el empleo de servicios de transporte *multicast* a nivel de red en la transmisión de la información de usuario. Por otro lado, se presentarán soluciones que permitan cubrir las carencias presentes en la primera versión de especificaciones de la NGN de TISPAN con respecto a los mecanismos de provisión de calidad de servicio. Finalmente, se realizará una validación de las soluciones presentadas mediante la implementación de las mismas.

Abstract

The standardization process of the UMTS technology as a 3G global standard, has resulted in the development of the IP Multimedia Subsystem (**IMS**). IMS is a control architecture, based on the IP protocol, that provides a set of functionalities that are essential in the provision of the value-added multimedia services with QoS requirements that are envisioned in the future of 3G mobile networks. On one hand, IMS provides the user with means to access a wide range of services, implemented by means of Application Servers. On the other hand, the session control functionalities in IMS allow to establish multimedia sessions between User Equipments (UEs), making possible to provide new peer-to-peer services based on the direct exchange of media between the parties that participate in the service. In this context, many of the services that are currently being considered in the future of 3G networks are multiparty in nature, where several users participate in the execution of the service, so that media is exchanged between multiple UEs. Examples of that services are the Conference service or the Push-to-talk service.

On the other hand, the continuous development and deployment of new wideband access technologies enables the delivery of new value-added services to the user, which allows to appeal the user attention and to sustain the constant evolution of Internet. In this respect, the development of specifications for a Next Generation Internet network will introduce new infrastructures with features and capabilities to support the future multimedia services over the different fixed and mobile access networks. One of the most relevant initiatives in the field of Next Generation Networks (**NGN**), is the one proposed by the ETSI TISPAN group, that is currently working in the development of specifications for an IMS based Next Generation Network.

Taking into account the previous considerations, the main objective of this PhD thesis has consisted of developing a generic platform that, by extending the IMS session control functionalities, supports the provision of multiparty services in NGN networks with this control plane. In addition, in the presented solution, the efficiency regarding the utilization of bearer resources has been assured by using network level multicast delivery services to transmit the media. On the other hand, solutions will be presented to cover the open issues in the first release of specifications of TISPAN NGN with respect to QoS provisioning. Finally, an experimental validation of the proposed solutions based on implementation will be presented.

Índice general

1. Introducción	1
I Estado del arte	5
2. El Subsistema Multimedia IP	7
2.1. Introducción	7
2.2. IMS y los procedimientos de estandarización	8
2.3. Protocolos en IMS	10
2.4. Arquitectura de IMS	10
2.4.1. Principales entidades funcionales	12
2.4.2. Principales puntos de referencia	15
2.5. Funcionalidades de control de políticas	15
2.5.1. Entidades funcionales en PCC	16
2.5.2. Interacción entre el P-CSCF y la funcionalidad PCC	18
2.6. Servicios multiusuario	19
2.7. El Servicio <i>Broadcast/Multicast</i> Multimedia	21
2.7.1. Fases del servicio MBMS	22
2.7.2. Provisión del servicio portador	24
2.7.3. Servicios multiusuario	26
2.8. Conclusiones	27
3. La Red de Próxima Generación de TISPAN	29
3.1. Introducción	29
3.2. Arquitectura de la NGN	30
3.2.1. El nivel de transporte	30
3.2.2. El nivel de servicio	31
3.3. Procedimientos de provisión de QoS	32
3.4. Procedimientos de control de la sesión	34
3.5. Conclusiones	35
4. La pasarela residencial de MUSE	37
4.1. Introducción	37
4.2. Provisión de QoS en MUSE	38
4.3. Arquitectura básica de la pasarela residencial	38

4.3.1.	El nivel de datos	38
4.3.2.	Nivel de aplicación	40
4.3.3.	Interacción entre niveles	41
4.4.	Conclusiones	42
 II Configuración de transporte multicast IP con QoS en arquitecturas de red con plano de control IMS		43
 5. Control de sesión multiusuario		45
5.1.	Introducción	45
5.2.	Establecimiento de sesión	45
5.2.1.	Encaminamiento de la señalización SIP	46
5.2.2.	Procedimientos específicos de SIP en el MAS	53
5.2.3.	Negociación de la descripción de la sesión	59
5.2.4.	Configuración del transporte <i>multicast</i> IP con QoS	69
5.2.5.	Proceso de alerta del usuario destino	78
5.2.6.	Conclusión del establecimiento de sesión	79
5.2.7.	Notificación del estado de la sesión	79
5.2.8.	Grupos predefinidos	83
5.3.	Cancelación del establecimiento de sesión	84
5.3.1.	Procedimientos específicos de SIP en el MAS	87
5.4.	Liberación de sesión	87
5.5.	Consideraciones sobre la red de acceso	89
5.6.	Conclusiones	90
 6. Extensiones a la solución NGN de TISPAN		93
6.1.	Introducción	93
6.2.	Extensiones relacionadas con QoS	94
6.3.	Arquitectura de QoS en la pasarela residencial	96
6.4.	Configuración automática de la QoS	100
6.4.1.	Obtención de la información de servicio	102
6.4.2.	Obtención del conjunto de operaciones de configuración	105
6.4.3.	Activación y desactivación de reglas de flujo	107
6.5.	Procedimientos de control de sesión	108
6.5.1.	Establecimiento de sesión	108
6.5.2.	Cancelación del establecimiento de sesión	112
6.5.3.	Liberación de sesión	113
6.6.	Procedimientos de NAT traversal	116
6.6.1.	Pasarela a nivel de aplicación	116
6.6.2.	STUN	117
6.6.3.	Consideraciones de uso	118
6.7.	Conclusiones	119

7. Escenarios de pruebas	121
7.1. Introducción	121
7.2. Validación experimental del servidor de aplicación multiusuario	121
7.3. Validación de la arquitectura de QoS de la pasarela residencial	124
7.4. Conclusiones	126
8. Conclusiones	127
8.1. Conclusiones	127
8.2. Líneas futuras	128
III Apéndice	131
A. Estado de la sesión multimedia multiusuario	133
A.1. Elemento de información <conference-info>	133
A.2. Elemento de información <users>	134
A.3. Elemento de información <endpoint>	135
A.4. Elemento de información <media>	136
A.5. Esquema XML	136
Acrónimos	141
Bibliografía	145

Índice de figuras

2.1. Arquitectura simplificada de IMS	11
2.2. Control de políticas en la funcionalidad PCC	17
2.3. Arquitectura de referencia del servicio portador MBMS	22
2.4. Fases en la provisión del servicio MBMS	23
2.5. Provisión del servicio portador MBMS en modo <i>multicast</i>	25
3.1. Arquitectura funcional de la NGN de TISPAN	31
3.2. Relación entre el RACS y los elementos de la red de transporte	34
4.1. Arquitectura básica de la pasarela residencial	39
5.1. Establecimiento de sesión IMS multiusuario, lado iniciador	47
5.2. Establecimiento de sesión IMS multiusuario, lado destino	48
5.3. Arquitectura funcional de un B2BUA	54
5.4. Proceso de negociación de la descripción de la sesión	60
5.5. Cancelación del establecimiento de la sesión en el UE iniciador	85
5.6. Rechazo del establecimiento de la sesión en el UE destino	86
5.7. Casos de abandono y terminación de la sesión multimedia multiusuario	88
6.1. Arquitectura de la pasarela residencial	95
6.2. Arquitectura de QoS de la pasarela residencial	96
6.3. Procedimientos de establecimiento de sesión en el RGW	109
6.4. Cancelación del establecimiento de la sesión	114
6.5. Liberación de la sesión	115
6.6. Arquitectura de la solución basada en STUN	118
7.1. Aplicación de vídeo streaming	122
7.2. Tráfico de señalización SIP intercambiado entre el UE iniciador y el MAS	123
7.3. Tráfico de señalización SIP intercambiado entre el MAS y un UE destino	124
7.4. Escenario de red para validar la pasarela residencial	125
A.1. Estructura de los elementos de información	134

Capítulo 1

Introducción

El nuevo paradigma de comunicación ofrecido por las redes celulares de Tercera Generación (3G) ha introducido en el mercado nuevas infraestructuras de acceso inalámbricas de banda ancha, así como terminales móviles de usuario de elevadas prestaciones. En este nuevo contexto, el protocolo IP juega un papel fundamental, soportando el transporte de las comunicaciones de datos en las que participa el terminal móvil, el cual obtiene acceso a Internet a través del dominio de conmutación de paquetes de la red 3G. Así, el usuario puede acceder a cualquier servicio de Internet, del mismo modo que lo haría cualquier otro usuario con un acceso fijo de banda ancha (ej. ADSL). Ejemplos de tales servicios son la navegación Web, el correo electrónico o las aplicaciones relacionadas con la descarga de contenidos. De este modo, el dominio de conmutación de paquetes de las redes 3G posibilita la convergencia entre Internet y el mundo celular.

Por otro lado, el nuevo paradigma introduce la posibilidad de establecer una comunicación IP directa entre dispositivos móviles. Éste es un ingrediente clave, ya presente en las redes de Internet, que abrirá nuevos horizontes en el desarrollo de aplicaciones y de servicios en el dominio de comunicación móvil. Un nuevo modelo de aplicaciones *peer-to-peer*, que permiten la compartición de recursos entre los usuarios del servicio, podrá ser introducido en el mundo celular, proporcionando valor añadido a los servicios hasta ahora ofrecidos por el operador al usuario final. El desarrollo de nuevos servicios, a su vez, permitirá atraer a nuevos usuarios, lo que garantizará el futuro y la evolución de las redes de comunicaciones móviles 3G.

En este contexto, el proceso de especificación de la tecnología UMTS como estándar global 3G, realizado a nivel mundial por el 3GPP, ha resultado en el desarrollo del Subsistema Multimedia IP (*IP Multimedia Subsystem*, **IMS**). IMS es una arquitectura de control, basada en el protocolo IP, que proporciona un conjunto de funcionalidades esenciales en la provisión de los servicios multimedia de valor añadido con requisitos de QoS que están previstos en el futuro de UMTS. Un valor añadido que ofrece esta nueva arquitectura, es que proporciona a los usuarios acceso a los servicios que tradicionalmente han sido ofrecidos en las redes de conmutación de circuitos (ej. llamadas de voz) a través del dominio de paquetes de UMTS. De este modo, IMS permite integrar los servicios ofrecidos en el dominio de circuitos y en el de paquetes, los cuales pueden ser finalmente entregados al usuario mediante

un mecanismo común basado en el protocolo IP.

Por otro lado, varios de los servicios que están siendo actualmente desarrollados para redes UMTS involucran el intercambio de información entre varios usuarios, en un acuerdo *peer-to-peer*. Ejemplos bien conocidos de estos servicios multiusuario son el servicio *Push-to-talk* o el servicio de Conferencia. Sin embargo, las especificaciones desarrolladas hasta la fecha por el 3GPP para estos servicios no proporcionan un mecanismo general que soporte la negociación de los mismos, siendo las soluciones presentadas específicas para cada servicio desarrollado. Por otro lado, en dichas especificaciones se considera un esquema de transporte de la información de usuario basado en *unicast*, en el que típicamente la información se envía a un nodo central donde es replicada para cada usuario participante en el servicio. Esta solución, como veremos a lo largo del presente documento, presenta problemas de eficiencia relacionados con el uso de recursos de portadora en las redes de transporte.

Asimismo, la gran aceptación a nivel mundial que ha adquirido Internet en los últimos años, ha propiciado el desarrollo y posterior despliegue de nuevas infraestructuras de red que proporcionan al usuario un acceso de banda ancha prácticamente a nivel global. En este contexto, es posible introducir nuevos servicios multimedia de gran atractivo para el usuario que soporten el continuo desarrollo de las tecnologías de banda ancha, mediante la captación de nuevos clientes. Sin embargo, dichos servicios requieren cierta calidad en la provisión de los mismos, y aunque actualmente existen varias propuestas desarrolladas para proporcionar QoS a nivel IP, ninguna de ellas se utiliza en la práctica para proporcionar QoS real extremo a extremo. A este respecto, el desarrollo de especificaciones para una Red de Internet de Próxima Generación permitirá desarrollar nuevas infraestructuras con capacidades y características que soporten la apropiada provisión de los servicios multimedia del futuro.

Así, hoy en día existen varias iniciativas en el campo de las Redes de Próxima Generación (*Next Generation Network*, **NGN**). Entre éstas, es de especial relevancia la propuesta por el grupo TISPAN de ETSI, que trabaja en el desarrollo de especificaciones para una Red de Próxima Generación basada en la arquitectura del Subsistema Multimedia IP. Como resultado de este trabajo, la primera versión de especificaciones para la NGN de TISPAN ha sido formalmente publicada. Sin embargo, en esta primera versión existen aspectos todavía no cubiertos que son de especial relevancia en la proporción de servicios, principalmente relacionados con los mecanismos de provisión de calidad de servicio y con las funcionalidades de control de la sesión. Estos aspectos deberán ser cubiertos para garantizar una solución general que soporte la adecuada provisión de la próxima generación de servicios multimedia.

Este trabajo se estructura en tres partes. La parte I contiene una revisión del estado del arte referente a IMS y a la Red de Próxima Generación de TISPAN. En concreto, en el capítulo 2 se describe el Subsistema Multimedia IP, según ha sido especificado por el 3GPP. Asimismo, se introduce el concepto de los servicios multiusuario, analizándose las principales carencias presentes en las especificaciones del 3GPP con respecto a la provisión de los mismos. Finalmente, se presenta la solución que ha sido desarrollada por el 3GPP para la provisión de servicios basados en tecnologías de entrega multicast a nivel de red. Igualmente, se indican una serie de consideraciones generales con respecto al uso de esta

solución en el soporte de los servicios multiusuario. En el capítulo 3 se introduce la Red de Próxima Generación de TISPAN, y se describen los principales aspectos no cubiertos con respecto a los mecanismos de provisión de QoS. En el capítulo 4 se presenta la arquitectura básica de una pasarela residencial desarrollada en el ámbito del proyecto europeo MUSE. Esta pasarela, como veremos en sucesivos apartados, permitirá extender la solución de QoS presentada en las especificaciones de TISPAN.

La parte II contiene las principales contribuciones propuestas en esta Tesis Doctoral. En concreto, en el capítulo 5 se proponen un conjunto de extensiones a los procedimientos de control de sesión en IMS, con el objeto de soportar el establecimiento y la liberación de sesiones multimedia involucrando a múltiples usuarios. Estas sesiones multimedia se basan en el uso de tecnologías de entrega *multicast* a nivel de red para la entrega de la información en el plano de usuario. De este modo, se proporciona una base que permite implementar servicios multimedia multiusuario en redes IMS, resolviendo la problemática indicada en el capítulo 2 para esta clase de servicios. El capítulo 6 presenta una propuesta que permite extender la soluciones de QoS presentadas en la primera versión de especificaciones de la NGN de TISPAN, tratando los aspectos no cubiertos en dichas especificaciones que se han identificado en el capítulo 3 relacionados con la provisión de QoS en el entorno residencial del usuario final. El capítulo 7 describe los procedimientos que han permitido validar las soluciones presentadas en los dos capítulos anteriores. Finalmente, el capítulo 8 concluye esta Tesis Doctoral, describiendo las principales aportaciones obtenidas al término de la misma, así como las líneas de trabajo futuras. En este capítulo se indica el listado de publicaciones en el que se incluyen las aportaciones mencionadas.

La parte III contiene el apéndice A. Este apéndice recoge el conjunto de elementos de información que permiten describir una sesión multimedia multiusuario, y que se incluyen en los mensajes de notificación que se envían a los participantes en la misma.

Parte I

Estado del arte

Capítulo 2

El Subsistema Multimedia IP

2.1. Introducción

El desarrollo de las nuevas redes celulares de Tercera Generación (3G) introduce en el mercado nuevas infraestructuras de acceso inalámbricas de banda ancha y terminales mejorados. Estos componentes soportarán la próxima generación de servicios multimedia previstos para el futuro.

En este contexto, el proceso de estandarización de la tecnología 3G UMTS, realizado a nivel mundial por el 3GPP (*Third Generation Partnership Project*), ha resultado en el desarrollo del Subsistema Multimedia IP (*IP Multimedia Subsystem*, IMS). IMS es una arquitectura de control basada en el protocolo IP que fue inicialmente diseñada con el propósito de soportar funcionalidades esenciales en los mecanismos de provisión de servicios en entornos UMTS. En este sentido, uno de los principales valores añadidos que proporciona esta nueva arquitectura, es que permite entregar al usuario los servicios que tradicionalmente han sido ofrecidos por los operadores de las redes de conmutación de circuitos a través del dominio de paquetes de UMTS. En la versión actual (versión 3GPP R8), no obstante, se están considerando otras redes de acceso con conectividad IP distintas de la ofrecida por UMTS.

Además, IMS soporta funcionalidades relacionadas con el control de sesiones multimedia, mediante el uso del protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*), sobre las cuales se construyen los diferentes servicios ofrecidos al usuario. Estas funcionalidades permiten la negociación de los diferentes parámetros que describen la sesión como paso previo a la transmisión de la información de usuario. Ejemplos de tales parámetros son las direcciones IP y puertos involucrados en el intercambio de información, el tipo de información multimedia que se desea transmitir y/o recibir (ej. audio o vídeo) y los parámetros de calidad que se requieren para garantizar la correcta recepción del servicio. Con respecto a este último apartado, IMS provee a los equipos de usuario con medios para indicar y negociar los requisitos de calidad asociados con el servicio, proporcionando al mismo tiempo soporte al operador para autorizar y controlar el uso de los recursos de portadora que son necesarios en las redes de transporte para la transmisión de la información de usuario relacionada con el mismo. De este modo, la arquitectura IMS permite proporcionar calidad de servicio extremo a extremo

en la entrega del servicio al usuario final, garantizando la calidad de la experiencia percibida por éste.

Por otro lado, las funcionalidades de control de la sesión proporcionan un mecanismo estándar que permite sincronizar a los usuarios participantes en la misma para la provisión del servicio. Ésta es una característica presente en los servicios que típicamente se han ofrecido en las redes de conmutación de circuitos (ej. llamadas de voz), y que sin embargo no existe en las redes conmutación de paquetes, en las que en la práctica no se utiliza un mecanismo común para la sincronización de los usuarios en las aplicaciones que requieren la interacción entre éstos (ej. aplicaciones VoIP).

Por otro lado, como veremos a continuación, IMS define una serie de interfaces estándar para los desarrolladores de servicios, proporcionando de este modo un mecanismo sencillo que habilita al operador para proveer acceso al usuario a un amplio rango de servicios de distintos proveedores.

Finalmente, la arquitectura IMS proporciona otras funcionalidades que son igualmente necesarias en los procedimientos de provisión de servicios, tales como el registro de los usuarios, el soporte de *roaming* y la provisión de mecanismos flexibles de facturación en beneficio del operador.

En este capítulo se proporciona un breve resumen sobre el Subsistema Multimedia IP, haciendo especial énfasis en los detalles relacionados con la arquitectura, con los procedimientos de control de sesión y con los mecanismos de provisión de calidad de servicio. Asimismo, el capítulo introduce un nuevo conjunto de servicios en el entorno de comunicaciones móviles 3G que involucran el intercambio de información entre múltiples usuarios (esto es, los servicios multiusuario). La provisión de estos servicios a través de la infraestructura proporcionada por IMS constituirá el principal objetivo en el desarrollo de esta Tesis Doctoral. En esta línea, se revisa la solución actualmente propuesta por el 3GPP para la provisión de servicios al usuario basados en tecnologías de entrega *multicast* a nivel de red en entornos UMTS. Finalmente, el capítulo termina con un resumen de las principales conclusiones obtenidas tras el desarrollo de los conceptos expresados en el mismo.

2.2. IMS y los procedimientos de estandarización

A mediados de 1980 la Unión Internacional de Telecomunicaciones (*International Telecommunication Union*, ITU) [Int08a] introduce la familia de especificaciones IMT-2000 (*International Mobile Telecommunications-2000*) como estándar global para redes celulares 3G. Tras más de 10 años de trabajo, las especificaciones técnicas desarrolladas son finalmente aprobadas en el año 2000. IMT-2000 define un estándar flexible, soportando cinco interfaces radio basadas en tres tecnologías de acceso distintas: FDMA (*Frequency Division Multiple Access*), TDMA (*Time Division Multiple Access*) y CDMA (*Code Division Multiple Access*).

Dichas interfaces radio son las siguientes:

- IMT-DS (*Direct Spread*), también conocido como WCDMA (*Wideband Code Divi-*

sion Multiple Access) o UTRA FDD (*Frequency Division Duplexing*).

- IMT-MC (*Multi Carrier*), también conocido como CDMA2000.
- IMT-TC (*Time Code*), que comprende UTRA TDD (*Time Division Duplexing*) y TD-SCDMA (*Time Division Synchronous Code Division Multiple Access*).
- IMT-SC (*Single Carrier*), llamado UWC-136, más conocido como EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*).
- IMT-FT (*Frequency Time*), también conocido como DECT (*Digital Extended Cordless Telephone*).

IMT-2000 es el resultado del trabajo colaborativo entre numerosas entidades internas del ITU, tales como el ITU-T (*ITU-Telecommunication Standardisation Sector*) y el ITU-R (*ITU-Radiocommunication Sector*), y externas al mismo, entre las que adquieren especial relevancia el 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) y el 3GPP2 (*Third Generation Partnership Project 2*).

El 3GPP [Thi08a] nace en 1998, como un acuerdo de colaboración entre diferentes cuerpos de estandarización, con el objetivo de desarrollar especificaciones e informes técnicos que permitiesen estandarizar un sistema celular 3G evolucionado a partir de la tecnología GSM. Dicho estándar se conoce con el nombre de *Universal Mobile Telecommunications System* (UMTS). El 3GPP agrupa las diferentes especificaciones producidas en versiones. En concreto, la primera versión de especificaciones de 3GPP es la versión 99 (3GPP R99). En esta versión, se propone una nueva red de acceso radio basada en la interfaz WCDMA, esto es, la UTRAN (Red de Acceso Radio Terrestre Universal). La siguiente versión debería haber sido la 3GPP R00. Sin embargo, debido a los múltiples cambios propuestos en dicha versión, el contenido de ésta se dividió en dos nuevas versiones, la 3GPP R4 y la 3GPP R5, siendo en esta última en la que aparecen las primeras especificaciones relacionadas con IMS. Actualmente, la versión 3GPP R6 es considerada estable, mientras que el trabajo en las versiones 3GPP R7 y 3GPP R8 continúa en fase de desarrollo.

De manera análoga a 3GPP, el 3GPP2 [Thi08b] se forma con el objetivo de estandarizar un sistema de comunicaciones móviles 3G a partir de las redes celulares norteamericanas y asiáticas basadas en los estándares ANSI (*American National Standards Institute*). Asimismo, 3GPP2 también trabaja en la especificación de su propio Subsistema Multimedia IP, partiendo de la base proporcionada por las especificaciones de IMS contenidas en la versión R5 del 3GPP. En cualquier caso, tanto en 3GPP como en 3GPP2, una consideración de diseño fundamental es que los protocolos involucrados en IMS deben obligatoriamente ser protocolos de Internet, los cuales son desarrollados por el *Internet Engineering Task Force* (IETF) [Int08b]. Por consiguiente, 3GPP y 3GPP2 mantienen un acuerdo de colaboración con el IETF para garantizar que los protocolos de Internet desarrollados son adecuados para su uso en la arquitectura de IMS.

Finalmente, la OMA (*Open Mobile Alliance*) juega también un papel importante en los procesos futuros de estandarización relacionados con IMS, centrándose en el apartado de desarrollo de los servicios que podrán ser proporcionados sobre la arquitectura de IMS.

2.3. Protocolos en IMS

Según se ha indicado en el apartado anterior, en el desarrollo de especificaciones para IMS se presenta el objetivo claro de utilizar protocolos estándar de Internet, los cuales han sido tradicionalmente desarrollados por el IETF. De este modo, se mantiene la compatibilidad con las tecnologías utilizadas en las redes de paquetes actuales, reduciéndose también el tiempo empleado en los procesos de estandarización y de desarrollo.

Un hecho determinante que sin duda ha influido en el diseño de la arquitectura del Subsistema Multimedia IP ha sido la elección del Protocolo de Iniciación de Sesión (*Session Initiation Protocol*, **SIP**) [RSC⁺02] para implementar las funcionalidades relacionadas con el control de sesiones multimedia. SIP es un protocolo de nivel de aplicación que permite establecer, mantener y liberar sesiones multimedia sobre redes basadas en el protocolo IP. Estas sesiones multimedia, proporcionan la base sobre la cual se proveen en IMS los servicios que son accesibles al usuario. De este modo, SIP es el protocolo clave en IMS que habilita a los usuarios para acceder a los distintos servicios multimedia ofrecidos por el operador.

Adicionalmente, en el proceso de establecimiento de sesiones multimedia otros dos protocolos adquieren especial relevancia: el protocolo de Descripción de Sesión (*Session Description Protocol*, **SDP**) [HJP06] y el modelo **Oferta/Respuesta** de SDP [RS02a]. SDP permite describir sesiones multimedia, mientras que el modelo Oferta/Respuesta de SDP permite a los participantes en una sesión llegar a un acuerdo sobre los distintos parámetros que la caracterizan. De este modo, SIP, SDP y el modelo Oferta/Respuesta de SDP soportan el establecimiento de la sesión multimedia con los parámetros negociados por los participantes en la misma.

Por otro lado, **Diameter** es el protocolo utilizado en IMS en los procesos de autenticación, autorización y facturación. Diameter consiste en un protocolo base [CLG⁺03], cuya funcionalidad se extiende mediante Aplicaciones de Diameter. Dichas aplicaciones permiten particularizar el protocolo en función de la finalidad para la que se desea utilizar. IMS utiliza el protocolo Diameter en varias interfaces, si bien no todas las interfaces utilizan la misma Aplicación de Diameter.

Finalmente, los protocolos **RTP** (*Real-time Transport Protocol*) y **RTCP** (*RTP Control Protocol*) se utilizan para transmitir información de usuario en tiempo real, ej. audio o vídeo. En [SCFJ03] se detalla la especificación de ambos protocolos.

2.4. Arquitectura de IMS

En esta sección se proporciona una breve descripción de la arquitectura del Subsistema Multimedia IP, de acuerdo con las especificaciones contenidas en la versión R8 del 3GPP [3rd08c].

La figura 2.1 presenta una versión simplificada de la arquitectura de IMS, en la que se ha considerado la red de acceso con conectividad IP de UMTS. Según se observa en la fi-

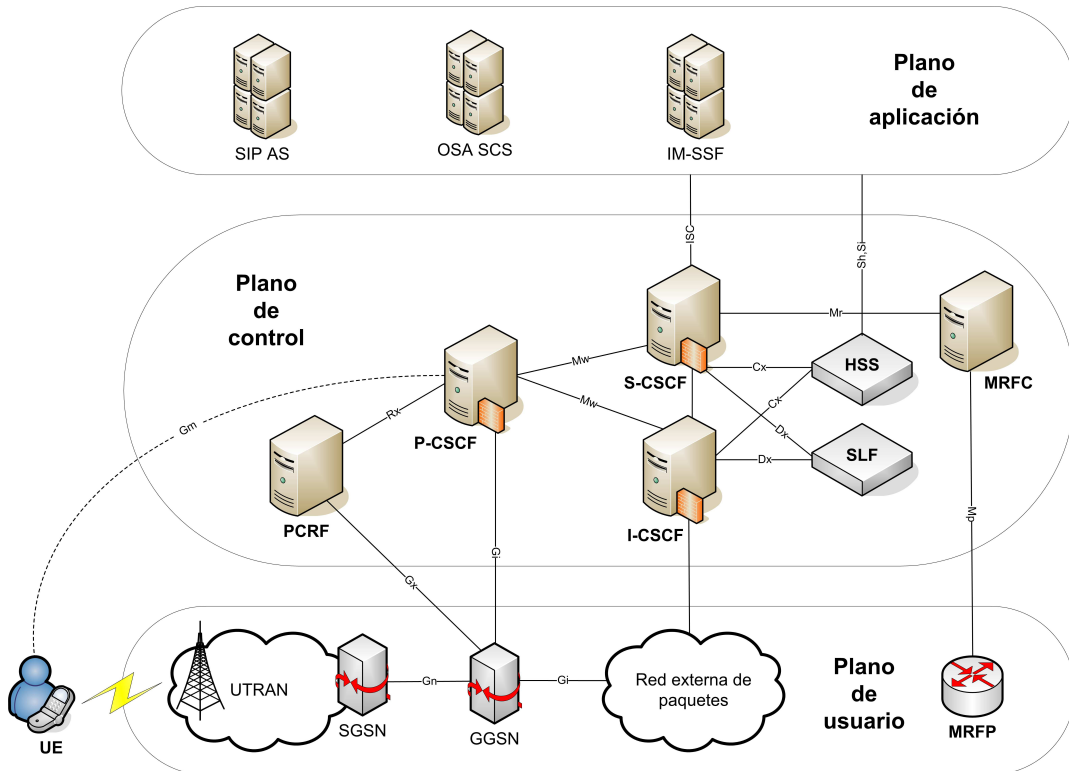


Figura 2.1: Arquitectura simplificada de IMS

gura, dicha arquitectura se estructura en dos planos o niveles: el plano de usuario y el plano de control. Por encima del plano de control se soporta un plano de aplicación en el que se proporcionan servicios, aunque dicho plano no se considera parte constituyente de la arquitectura de IMS. Esta organización por niveles permite separar las funciones relacionadas con el transporte de la información de usuario, que son típicamente dependientes de la tecnologías empleadas en las redes de transporte, del resto de funciones realizadas en el plano de control, tales como las relacionadas con el control de la sesión o con los mecanismos de autorización y de control de la calidad de servicio. Asimismo, se posibilita la introducción de nuevas tecnologías de transporte en el plano de usuario, sin que por ello cambie el servicio ofrecido por el plano de control a las distintas aplicaciones.

Por otro lado, en cada nivel la funcionalidad se organiza en un conjunto de **entidades funcionales**, separadas mediante una serie de interfaces o **puntos de referencia**. El estándar, no obstante, no obliga a implementar cada entidad funcional en un único nodo de red, pudiendo el implementador combinar varias entidades funcionales en un único nodo de red o incluso dividir la implementación de una entidad funcional en varios nodos de red.

2.4.1. Principales entidades funcionales

A continuación se describen las principales entidades funcionales que conforman el Subsistema Multimedia IP, y cuyo conocimiento es necesario en la comprensión de los conceptos descritos en el resto de este documento. Entre éstas, son especialmente relevantes los CSCFs (*Call Session Control Functions*). Éstas son las entidades funcionales que soportan en IMS el procesamiento de la señalización SIP. Según se indica a continuación, existen tres tipos de CSCFs: el *Proxy-CSCF*, el *Serving-CSCF* y el *Interrogating-CSCF*.

El P-CSCF

El *Proxy-Call Session Control Function* (P-CSCF) es el punto de acceso de los terminales de usuario al plano de control de la arquitectura IMS. Así, todos los mensajes de señalización SIP con origen o destino en el Equipo de Usuario (*User Equipment, UE*) deben pasar obligatoriamente por el P-CSCF. El P-CSCF se asigna al terminal durante el procedimiento de registro, y no cambia mientras el terminal se encuentre registrado. Entre las funciones realizadas por el P-CSCF podemos citar las siguientes:

- El P-CSCF realiza las funciones de un servidor proxy SIP, según se especifican en [RSC⁺02], validando cada solicitud SIP recibida y encaminándola hacia el destino apropiado (hacia el terminal de usuario o la red IMS). Esta funcionalidad es necesaria en los procesos de registro del usuario y de control de la sesión.
- El P-CSCF actúa como un *User Agent* (UA), según se define en [RSC⁺02], con el propósito de liberar las sesiones establecidas bajo condiciones anormales, como por ejemplo por la pérdida de las portadoras de transporte establecidas para la sesión en el plano de usuario.
- Generación de registros de datos de facturación (*Charging Data Record, CDR*).
- Establecer una asociación de seguridad IPsec (*Internet Protocol Security*) con el equipo de usuario, con el objeto de proveer protección de integridad de la señalización SIP.
- El P-CSCF incluye un compresor/descompresor de mensajes SIP, basado en los RFCs [PBC⁺03], [GMBO⁺03] y [Cam03]. Los mecanismos de compresión permiten reducir el tiempo de transmisión de los mensajes SIP, dado que dichos mensajes pueden ser relativamente largos debido a que SIP es un protocolo basado en texto.
- Aplicación de las políticas establecidas por el operador. El P-CSCF puede examinar el contenido de la carga SDP contenida en una solicitud SIP. Si dicha carga contiene tipos de información o codecs no permitidos por el operador, el P-CSCF puede rechazar la solicitud.
- Interactuar con el *Policy and Charging Rules Function* (PCRF), proporcionando a éste la información de servicio que es necesaria para el desempeño de sus funciones.

Una red IMS habitualmente incluye un cierto número de P-CSCFs, por cuestiones de escalabilidad y de redundancia. Del mismo modo, cada P-CSCF puede dar servicio a varios terminales de usuario, dependiendo de su capacidad.

El HSS y el SLF

El HSS (*Home Subscriber Server*) es el principal centro de almacenamiento de la información relacionada con los usuarios en IMS. Dicha información incluye, entre otros parámetros, datos relacionados con el procedimiento de registro del usuario (por ejemplo, información específica del usuario sobre las capacidades que requiere para el S-CSCF que le es asignado por la red), la dirección del S-CSCF asignado al usuario e información relacionada con el perfil del usuario (por ejemplo, los servicios a los que éste se encuentra suscrito).

La red del operador puede contener varios HSSs. En tal caso, es necesario algún mecanismo que permita obtener la dirección del HSS que mantiene la información relacionada con un usuario específico. Con este propósito, el SLF (*Subscription Locator Function*) es una base de datos que permite resolver la identidad de un usuario en su HSS correspondiente.

El I-CSCF

El I-CSCF (*Interrogating-Call Session Control Function*) es el punto de contacto dentro de la red de un operador para todas las conexiones IMS destinadas a un abonado de dicho operador. Se trata de un servidor proxy SIP localizado en el eje de la red del operador, cuya dirección se encuentra registrada en el Sistema de Nombres de Dominio (*Domain Name System*, DNS). De este modo, si un servidor proxy SIP debe encaminar un mensaje SIP hacia el dominio del operador al que se encuentra abonado el usuario, puede obtener la dirección de un I-CSCF al que encaminar el mensaje previa consulta al DNS. Entre las funcionalidades ofrecidas por el I-CSCF podemos destacar las siguientes:

- Contactar al HSS para de este modo obtener información sobre el S-CSCF que está sirviendo al usuario y poder encaminar hacia éste un mensaje SIP recibido (ej. durante el procedimiento de establecimiento de sesión).
- En caso de que el usuario no tenga S-CSCF asignado, seleccionar un S-CSCF adecuado para servir al usuario basándose en las capacidades de S-CSCF recibidas del HSS. Este procedimiento es necesario durante el proceso de registro, pudiendo serlo también durante el procedimiento de establecimiento de sesión para un usuario destino no registrado.
- Generación de CDRs (*Charging Data Record*).

Una red IMS normalmente incluye un cierto número de I-CSCFs, por motivos de escalabilidad y de redundancia.

El S-CSCF

El S-CSCF (*Serving-Call Session Control Function*) es el nodo principal en el plano de control de IMS. Está siempre localizado en la red hogar del usuario y proporciona funcionalidades de control de sesión y de registro a los usuarios de IMS. Entre las principales funciones del S-CSCF podemos citar las siguientes:

- Gestionar las solicitudes de registro realizadas por el usuario a través de su equipo de usuario (el S-CSCF proporciona la funcionalidad de un *registrar* de SIP, según se especifica en [RSC⁺02]).
- Descargar el perfil del usuario del HSS. Dicho perfil de usuario contiene a su vez un conjunto de perfiles de servicio, que incluyen información relacionada con los servicios a los que se encuentra suscrito el usuario. Esta información permitirá contactar a los AS (explicados a continuación) pertinentes para la correcta ejecución de los servicios.
- Informar al HSS cuando el S-CSCF sea asignado a un usuario durante el proceso de registro (la asignación no cambia mientras el usuario se mantiene registrado).
- Encaminar los mensajes de señalización SIP hacia su destino apropiado (esto es, implementar la funcionalidad de un servidor *proxy* SIP), por ejemplo el P-CSCF (en caso de señalización terminada en equipo de usuario), el I-CSCF (en caso de que el mensaje deba ser enviado hacia el dominio de otro operador) o un servidor en el plano de aplicación (en caso de que sea necesario invocar cierto servicio al que se encuentra suscrito el usuario).
- El S-CSCF puede actuar como un UA. Así, por ejemplo, en escenarios de prepago, cuando el crédito del usuario se agota, el S-CSCF se encarga de generar la señalización SIP apropiada para liberar la sesión multimedia y los recursos asociados con ésta.
- Supervisar los temporizadores de registro y desregistrar a los usuarios tras el vencimiento de los mismos.
- Aplicación de las políticas establecidas por el operador, al igual que el P-CSCF.
- Generación de CDRs (*Charging Data Record*).

Una red IMS normalmente incluye un cierto número de S-CSCFs, por motivos de escalabilidad y de redundancia.

El AS

El Servidor de Aplicación (*Application Server*, AS) es una entidad que provee servicios multimedia de valor añadido al usuario final. El AS puede residir o no en la red hogar del usuario, y proporciona servicios basados en SIP, CAMEL (*Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic*) u OSA (*Open Services Architecture*) sobre el plano de control

de IMS a través de una interfaz común estandarizada. Tres tipos de servidores de aplicación se contemplan en las especificaciones de IMS, todos ellos accesibles a través del S-CSCF:

- El SIP AS. Éste es el servidor principal en el entorno de servicios de IMS. El SIP AS permite proveer servicios basados en SIP al usuario final, tales como los servicios de presencia [3rdc], mensajería [3rd08f] y conferencia [3rd08d].
- El OSA-SCS (*Service Capability Server*). Este servidor es un punto de terminación de la señalización SIP recibida del S-CSCF, proporcionando acceso al entorno de servicios de OSA. Para ello, el OSA SCS tiene acceso a un servidor de aplicación OSA real, mediante una interfaz de aplicación (*Application Programming Interface, API*) [3rda] OSA.
- El IM-SSF (*IP Multimedia-Service Switching Function*). Al igual que el OSA SCS, el IMS SSF es un punto de terminación de la señalización SIP recibida del S-CSCF. Este AS proporciona acceso en IMS al conjunto de servicios CAMEL desarrollados para redes GSM, interactuando con el entorno de servicios de CAMEL mediante un protocolo basado en CAP [3rdi] (*Camel Application Part*).

Así, IMS implementa un mecanismo enormemente flexible en lo referente a la provisión de servicios: por un lado, el operador puede proporcionar acceso al usuario final a una extensa gama de servicios de distintos proveedores, desarrollados sobre la interfaz estándar ISC (*IMS Service Control*); por otro lado, es posible combinar la ejecución de distintos servicios de diferentes proveedores, generando de este modo nuevos servicios de valor añadido para el usuario final.

2.4.2. Principales puntos de referencia

La tabla 2.1 proporciona un listado de los principales puntos de referencia en la arquitectura de IMS, así como sus protocolos asociados. En la tabla se indican, adicionalmente, las entidades funcionales entre las que se establece cada punto de referencia.

2.5. Funcionalidades de control de políticas

Un aspecto clave en el diseño arquitectural del Subsistema Multimedia IP es la separación de las funcionalidades relacionadas con el control y el transporte de la información de usuario en dos planos o niveles independientes. No obstante, dicha independencia no es completa, como veremos a continuación. Cierta interacción entre ambos planos es necesaria para que el operador pueda controlar, entre otras cosas, los recursos de QoS proporcionados a las portadoras de transporte establecidas con el UE, y cuando cada flujo puede comenzar a ser transmitido sobre su portadora correspondiente. Esta interacción entre ambos planos se implementa en IMS mediante la funcionalidad PCC (*Policy and Charging Control*). PCC

Punto de referencia	Protocolo base	Entidades funcionales
Gm	SIP	UE - P-CSCF
Mw	SIP	P-CSCF – I-CSCF I-CSCF – S-CSCF P-CSCF – S-CSCF
ISC	SIP	S-CSCF – AS
Cx	Basada en Diameter [3rdh]	S-CSCF – HSS I-CSCF – HSS
Dx	Basada en Diameter [3rdh]	S-CSCF – SLF I-CSCF – SLF
Sh	Basada en Diameter [3rdj]	HSS – SIP AS HSS – OSA-SCS
Si	MAP <i>Mobile Application Part</i> [3rdd]	IM-SSF – HSS
Mr	SIP	S-CSCF – MRFC
Mp	Compatible con H.248 [Tel]	MRFC – MRFP
Gx	Basada en Diameter [3rdf]	PCRF – GGSN
Rx	Basada en Diameter [3rdg]	P-CSCF – PCRF

Tabla 2.1: Principales puntos de referencia de la arquitectura de IMS

provee funciones de alto nivel relacionadas con facturación basada en flujo (incluyendo control de facturación y control de crédito online) y con control de políticas (ej. control de puerta, control de QoS, reporte de eventos) en redes de acceso con conectividad IP (ej. UMTS, redes fijas de banda ancha, etc.).

2.5.1. Entidades funcionales en PCC

En la figura 2.2 se muestra una versión simplificada de la arquitectura PCC, en la que se han incluido únicamente entidades funcionales correspondientes a los procesos de control de políticas. Estas entidades funcionales se indican a continuación:

- El AF (*Application function*). Esta entidad funcional soporta aplicaciones que requieren control dinámico de políticas y/o facturación sobre el plano de usuario. El AF interactúa con el PCRF (explicado a continuación) para transferir información dinámica sobre la sesión asociada con la aplicación a través del punto de referencia Rx. Esta información habilitará al PCRF para realizar sus funciones y posibilitará que el AF reciba notificaciones sobre los eventos producidos en el plano de usuario. El AF puede recibir una indicación de que la información de servicio no es aceptada por el PCRF, incluyendo la información de servicio aceptable. En tal caso, el AF rechaza el establecimiento de la sesión iniciada por el UE. El P-CSCF de IMS es un ejemplo de AF.
- El SPR (*Subscription Profile Repository*). Esta es una entidad lógica que contiene

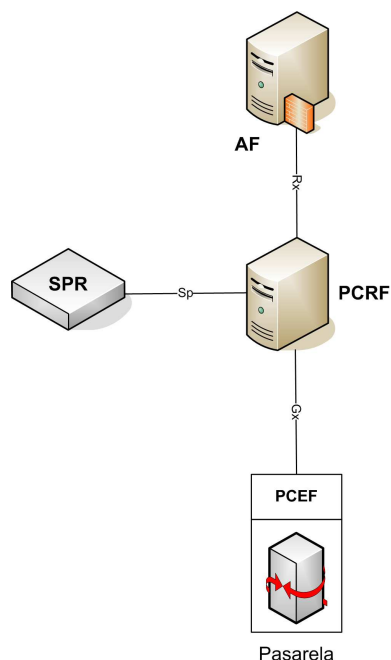


Figura 2.2: Control de políticas en la funcionalidad PCC

toda la información relacionada con el abonado y la suscripción que es necesaria en el desempeño de la funcionalidad del PCRF (ej. servicios permitidos o QoS permitida al abonado).

- El PCEF (*Policy and Charging Enforcement Function*). Esta entidad funcional comprende funcionalidades de forzado de políticas y de facturación basada en flujo. El PCEF está localizado en la pasarela del plano de usuario (ej. el GGSN en el caso de UMTS) y provee, entre otras funcionalidades, detección de flujos de datos, gestión del tráfico en el plano de usuario, gestión de QoS y recogida de medidas relacionadas con los flujos de datos.
- El PCRF (*Policy and Charging Rules Function*). Esta entidad funcional provee funcionalidades de decisión de políticas y de control facturación basada en flujo. Ambas funcionalidades se corresponden con las proporcionadas por el PDF *Policy Decision Function* y por el CCF (*Charging Rules Function*) en la versión de especificaciones R6 de 3GPP. Entre las principales funciones del PCRF podemos destacar las siguientes:
 - Recibir del AF información de servicio relacionada con una sesión multimedia y con los distintos componentes de información que la conforman (ej. de audio o de vídeo).
 - Si el AF lo solicita, informar a éste de eventos ocurridos en el plano de usuario (ej. la pérdida de la portadora de transporte asociada con la señalización de una sesión en la que participa el AF).
 - Chequear que la información de servicio proporcionada por el AF sea consistente con la política definida por el operador antes de proceder a su almacenamiento.

Esta información de servicio será utilizada posteriormente para derivar la QoS autorizada para el servicio asociado con la sesión. El PCRF puede rechazar la solicitud recibida del AF. En tal caso, el PCRF puede indicar, en respuesta al AF, la información de servicio aceptable en el PCRF.

- Autorizar los recursos de QoS. El PCRF utiliza la información de servicio recibida del AF y/o la información relacionada con la suscripción del abonado para calcular de manera apropiada la QoS autorizada. Adicionalmente, si el PCRF recibe una solicitud de QoS a través del punto de referencia Gx, éste puede utilizar en dicho cálculo la QoS solicitada desde el plano de usuario.
- Derivar el conjunto de reglas de PCC definen el tratamiento que debe ser aplicado en el plano de usuario a los distintos flujos que conforman la sesión. Estas reglas de PCC se envían al PCEF a través del punto de referencia Gx.

2.5.2. Interacción entre el P-CSCF y la funcionalidad PCC

Según se ha comentado en el apartado 2.3, los procedimientos de control de sesión en IMS se basan en el protocolo SIP, siendo además utilizados en el establecimiento de sesiones multimedia el protocolo SDP y el modelo Oferta/Respuesta de SDP. Es importante destacar, no obstante, que las especificaciones del IETF en relación a SIP y SDP no son directamente aplicables en el Subsistema Multimedia IP de 3GPP. En concreto, en [3rd08e], se define en detalle el protocolo de control de sesión utilizado en IMS, basado en el uso de ambos protocolos. Dicho documento incluye, además, un conjunto de perfiles para las especificaciones de SIP y SDP del IETF que deben ser implementados por las entidades funcionales de IMS que utilicen ambos protocolos.

En cualquier caso, en IMS el protocolo SDP permite describir una sesión multimedia, mediante la definición de los diferentes componentes de información de usuario que conforman la sesión (para cada componente de información, SDP permite indicar los distintos parámetros que lo caracterizan). Por otro lado, el modelo Oferta/Respuesta de SDP define un protocolo que, mediante el soporte proporcionado por SDP, permite a los participantes en una sesión llegar a un acuerdo sobre la descripción de la misma. Dicho protocolo se basa en el intercambio de ofertas y de respuestas a dichas ofertas construidas de acuerdo a las especificaciones de SDP. Finalmente, el protocolo SIP proporciona el soporte necesario para el intercambio de las ofertas y respuestas de SDP, permitiendo encapsular dichas ofertas y respuestas en mensajes de señalización y proporcionando las funcionalidades de encaminamiento que permiten hacer llegar dichos mensajes a sus destinos apropiados.

En IMS, la información sobre la sesión multimedia que se obtiene de las ofertas y respuestas SDP intercambiadas entre los equipos de usuario es utilizada por el PCRF en los procesos de autorización de los recursos de QoS demandados para la sesión. A tal efecto, según se indica en [3rdg], el P-CSCF envía información de servicio al PCRF tras recibir cualquier mensaje SIP que incluya una carga de respuesta SDP. Dicha información de servicio se deriva en el P-CSCF a partir de la información contenida en la respuesta SDP y en su oferta correspondiente. Conjuntamente, la oferta y la respuesta contienen toda la información que es necesaria para describir la sesión multimedia. Así, por ejemplo, para cada componente

de información de usuario presente en la sesión, la oferta y la respuesta permiten conocer el tipo de información (ej. audio o vídeo), las direcciones IP y los puertos de transporte que se utilizarán para intercambiar el componente o la especificación del ancho de banda que se requiere en el intercambio del mismo.

Este esquema permite asegurar que el PCRF siempre recibe información adecuada en el desempeño de sus funciones para cualquier escenario de establecimiento de sesión de IMS. Igualmente, el mecanismo indicado habilita al PCRF para gestionar modificaciones en la descripción de la sesión multimedia, las cuales pueden producirse como resultado de nuevos intercambios en el protocolo Oferta/Repuesta de SDP. Así, si una modificación se produjera, el PCRF siempre recibiría información de servicio con la descripción actualizada de la sesión multimedia.

Adicionalmente, el P-CSCF puede enviar información de servicio al PCRF tras recibir un mensaje SIP que incluya una carga de oferta SDP, con el propósito de realizar un chequeo de autorización de ancho de banda preliminar.

2.6. Servicios multiusuario

Según se ha comentado en apartados anteriores la arquitectura de IMS proporciona acceso al usuario a un amplio rango de servicios, implementados mediante Servidores de Aplicación (AS). Asimismo, las funcionalidades de control de sesión permiten establecer sesiones multimedia entre UEs sobre las cuales se pueden proporcionar servicios avanzados *peer-to-peer* (ej. telefonía o videoconferencia), que involucran la transmisión directa de información de usuario entre las partes participantes en el servicio.

Por otro lado, algunos de los servicios previstos en el futuro de las redes de comunicaciones móviles 3G involucran el intercambio de información de usuario entre múltiples participantes. Como ejemplos de tales servicios podemos citar el servicio *Push-to-talk* [Ope07] o el servicio de Conferencia sobre IMS [3rd08d]. No obstante, las especificaciones desarrolladas hasta la fecha por el 3GPP para estos servicios multiusuario no soportan la provisión de una plataforma genérica que permita entregar dichos servicios al usuario final de manera eficiente:

- Por un lado, las especificaciones desarrolladas para IMS no contemplan funcionalidades de control de sesión para sesiones multimedia que involucran el intercambio de información entre múltiples participantes. De este modo, IMS no soporta el establecimiento de una sesión multimedia entre múltiples UEs, siendo los procedimientos asociados con el control de la sesión en servicios multiusuario típicamente dependientes del servicio. Esto limita enormemente las perspectivas de futuro en el despliegue de nuevos servicios multiusuario, puesto que se eleva de manera considerable el coste de desarrollo asociado con los mismos.
- Por otro lado, las especificaciones de 3GPP desarrolladas para servicios multiusuario consideran un esquema de transmisión basado en tecnologías *unicast* para la información en el plano de usuario. En este esquema, el tráfico de datos es enviado desde cada

UE a un nodo central, donde es replicado y transmitido en modo *unicast* a cada UE participante en el servicio. Esta solución típicamente incrementa la carga de tráfico en la red, proporcionando soluciones menos escalables en términos de usuarios y de servicios.

El desarrollo de nuevas funcionalidades de control de sesión en IMS, soportando la gestión de sesiones multimedia entre múltiples UEs, proporcionaría un mecanismo flexible que permitiría desarrollar nuevos servicios multiusuario sobre las redes de comunicaciones móviles 3G. Estas nuevas funcionalidades, habilitarían el uso de IMS para establecer una sesión multimedia entre múltiples UEs, sobre la cual podría proporcionarse cualquier servicio multiusuario. De esta manera, se elimina la necesidad de desarrollar mecanismos de control de la sesión específicos para cada servicio, lo que repercute en una reducción de los costes de desarrollo asociados con los mismos.

Por otro lado, los problemas relacionados con el incremento de la carga de tráfico podrían minimizarse mediante el empleo de tecnologías de transmisión basadas en *multicast* a nivel de red. Así, es sencillo concluir que el empleo de dichas tecnologías introduce importantes ventajas en entornos UMTS:

- Mayor eficiencia de transmisión, en las redes de *backbone* que interconectan a los distintos GGSNs de UMTS así como en la red *core* y en la red de acceso radio de UMTS. Mediante el uso de *multicast* a nivel de red, los paquetes IP son distribuidos adecuadamente a través de las redes de *backbone*, siendo replicados únicamente cuando es realmente necesario. En la red *core* y en la red de acceso radio de UMTS la información podría ser transmitida de manera eficiente desde los GGSNs hasta los UEs mediante contextos PDP compartidos.
- Mayor escalabilidad, en términos de usuarios y de servicios, como consecuencia lógica del punto anterior y debido a que en el enfoque basado en *multicast* a nivel de red no existe un nodo central que recibe el tráfico de usuario pudiendo convertirse en un cuello de botella.
- Mayor tolerancia a fallos. Puesto que en el enfoque basado en *unicast*, el tráfico de usuario se envía a un nodo central donde es replicado, éste se convierte en un punto aislado de fallo. En el enfoque basado en *multicast* a nivel de red, el tráfico de usuario se distribuye adecuadamente a través de las redes de *backbone* hacia los distintos GGSNs que sirven a los UEs, estando los mecanismos de encaminamiento *multicast* a cargo de proveer la consistencia necesaria ante fallos en nodos y enlaces.
- Compatibilidad con los servicios de Internet basados en tecnologías de entrega *multicast* nivel de red, puesto que dichos servicios podrían ser entregados directamente a los UEs en el entorno UMTS.

Sin embargo, utilizar tecnologías de transmisión basadas en *multicast* a nivel de red para la entrega de tráfico de datos en el plano de usuario de UMTS implica que los GGSNs deben implementar el soporte de IGMP [CDK⁺02], permitiendo de este modo que los UEs indiquen su deseo de recibir el tráfico correspondiente a grupos *multicast* específicos, así como

algún protocolo de encaminamiento multicast (ej. PIM-SM [EFH⁺98]). Esto, por un lado, puede incrementar la carga de procesamiento en cada GGSN, sin embargo, por otro lado, en general la carga de tráfico recibida en el GGSN se verá reducida cuando éste sirva a múltiples UEs participantes en un mismo servicio.

Finalmente, si bien la problemática tratada en este apartado se ha enfocado hacia entornos de red UMTS, las soluciones aquí presentadas, así como las ventajas y desventajas analizadas relativas a su empleo, son igualmente aplicables para otras tecnologías de acceso (ej. redes de acceso fijas).

2.7. El Servicio *Broadcast/Multicast* Multimedia

El Servicio *Broadcast/Multicast* Multimedia (*Multimedia Broadcast Multicast Service*, MBMS) es la solución actualmente propuesta por el 3GPP para la entrega de servicios al usuario basados en tecnologías de transporte *multicast* a nivel de red.

MBMS es un servicio punto a multipunto en el que el tráfico de datos se transmite desde una única entidad origen (esto es, el proveedor del servicio) hacia los múltiples equipos de usuario interesados en recibir dicho tráfico de datos. En terminología MBMS, el proveedor de servicio ofrece a los usuarios un conjunto de Servicios de Usuario MBMS. La provisión de cada uno de estos servicios puede implicar el uso de una o varias portadoras *multicast* a nivel de red, esto es, puede implicar la transmisión de información para uno o varios grupos *multicast*. Más información sobre los Servicios de Usuario MBMS puede encontrarse en [3rd08b].

La principal característica de MBMS es que provee eficiencia en la transmisión de la información *multicast* desde el GGSN, en la infraestructura de la red UMTS, hasta los distintos UEs que reciben dicha información, especialmente en la interfaz de acceso radio. La entrega de la información correspondiente a un grupo *multicast* desde el GGSN hacia los UEs se realiza a través de un servicio portador MBMS. En MBMS, el servicio portador ofrece dos modos de funcionamiento, *multicast* y broadcast. El presente apartado se centra en el modo de funcionamiento *multicast*, por ser este modo el de mayor interés en la provisión de servicios multiusuario.

Por otro lado, el servicio portador MBMS dispone de un plano portador y de un plano de control. En el plano portador, MBMS extiende la funcionalidad ofrecida por las entidades funcionales presentes en el dominio de paquetes de UMTS (GGSN, SGSN, UTRAN y UE). Estas entidades proveen en MBMS el transporte eficiente de la información correspondiente a cada grupo *multicast* desde el punto de referencia Gi hacia los UEs. Dicho transporte recibe, además, la QoS que se requiere para la correcta provisión del servicio. En el plano de control, el servicio portador MBMS provee mecanismos y procedimientos para:

- Activar el servicio portador MBMS. De este modo, el UE indica su deseo de recibir el servicio portador correspondiente a un grupo *multicast* específico.
- Proveer una decisión sobre la autorización del UE para recibir el servicio portador que

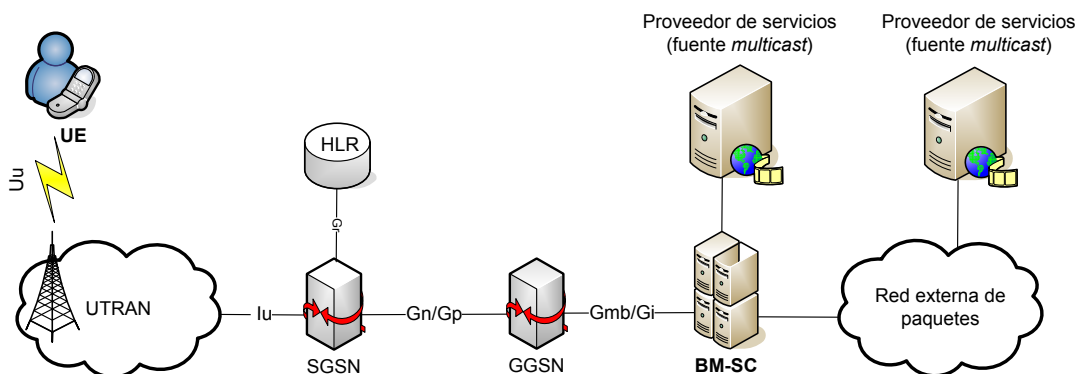


Figura 2.3: Arquitectura de referencia del servicio portador MBMS

desea activar. Esta decisión puede basarse en los datos relacionados con la suscripción del usuario a los distintos servicios de usuario MBMS.

- Establecer y liberar los recursos de calidad de servicio en el plano portador, previamente al inicio y tras la finalización de la transmisión de tráfico de datos.

En la figura 2.3 se muestra la arquitectura de referencia para el servicio MBMS. Dicha arquitectura se especifica en detalle en [3rd07]. En esta arquitectura, se introduce una nueva entidad funcional, el BM-SC (*Broadcast Multicast Service Centre*), que provee funcionalidades que habilitan la provisión de los servicios de usuario MBMS a través de los servicios portadores MBMS correspondientes.

2.7.1. Fases del servicio MBMS

En la figura 2.4 se indica la secuencia de fases que habilitan la provisión del servicio MBMS en modo *multicast*. Dichas fases se explican brevemente a continuación:

1. Suscripción al servicio. La suscripción al servicio es el acuerdo entre el usuario y el proveedor que permite al primero recibir los servicios de usuario MBMS ofrecidos por el segundo. La información relacionada con la suscripción del usuario a los servicios se almacena en el BM-SC.
2. Anuncio del servicio. Los mecanismos de anuncio de servicios permitirán a los usuarios solicitar información o ser informados sobre los servicios de usuario MBMS disponibles. Esta función es implementada por el BM-SC. De este modo, es posible distribuir a los usuarios información específica sobre el servicio de usuario MBMS, tal y como los parámetros que se requieren para su activación (ej. las direcciones IP asociadas con los servicios portadores MBMS). A modo de ejemplo, algunos de los mecanismos que, según se especifica en [3rd07], deberían ser soportados en el anuncio de servicios se indican a continuación: broadcast de SMS a nivel de celda, consulta vía Web o WAP, o el uso de un servicio portador MBMS en modo *multicast* o broadcast.



Figura 2.4: Fases en la provisión del servicio MBMS

3. Activación del servicio portador MBMS. Mediante este procedimiento, el UE se suscribe a un grupo *multicast*, indicando a la red su deseo de recibir el tráfico *multicast* correspondiente al grupo sobre un servicio portador MBMS. Es posible que un servicio de usuario MBMS involucre el envío de tráfico de datos a varios grupos *multicast*. En tal caso, el servicio de usuario MBMS comprende varios servicios portadores MBMS, y el UE deberá activar a los servicios portadores que son relevantes para la correcta recepción del servicio.
4. Inicio de sesión. Éste es el instante en el que el BM-SC está preparado para transmitir tráfico correspondiente a un servicio de usuario MBMS. Como paso previo al envío del tráfico *multicast*, el BM-SC envía un mensaje de inicio de sesión a los GGSNs, lo que finalmente resulta en el establecimiento del plano portador y en la reserva de recursos de QoS para el servicio portador MBMS correspondiente. Si el servicio de usuario comprende varios servicios portadores MBMS, el BM-SC envía un mensaje de inicio de sesión por cada servicio portador sobre el que se vaya a transmitir información.
5. Notificación de MBMS. Este procedimiento permite informar a los UEs sobre una transmisión de datos *multicast* que comenzará en breve (o que incluso se encuentra en progreso) para un servicio portador MBMS.
6. Transferencia de datos. En esta fase, el tráfico correspondiente a un grupo *multicast* se transmite desde el BM-SC a los GGSNs. El tráfico finalmente se transfiere desde el GGSN a los UEs a través de un servicio portador MBMS.

7. Finalización de la sesión. Éste es el instante en el que el BM-SC determina que ha terminado la transmisión de tráfico *multicast* para un servicio portador, sobre el que no se volverá a transmitir en un cierto periodo de tiempo. De este modo, se liberan el plano portador y los recursos de QoS para el servicio portador MBMS.
8. Desactivación del servicio portador. Mediante este procedimiento, el UE deja de ser miembro del grupo *multicast*, indicando a la red que ya no desea recibir el tráfico *multicast* correspondiente al grupo. De este modo, el UE deja de recibir el servicio portador MBMS asociado con el grupo *multicast*.

Esta secuencia de fases puede repetirse, por ejemplo por sucesivas transferencias de tráfico de datos, que provocan el inicio y la finalización de sesiones *multicast*. Asimismo, las fases de suscripción al servicio, anuncio del servicio, notificación y activación y desactivación del servicio portador pueden ejecutarse en paralelo con otras fases.

2.7.2. Provisión del servicio portador

Según hemos visto, el servicio portador MBMS soporta la transferencia del tráfico correspondiente a un grupo *multicast* desde el GGSN hasta los equipos de usuario interesados en recibir dicho tráfico. El proceso de activación del servicio portador MBMS es iniciado por cada equipo de usuario por separado, y resulta en la configuración de cierta información en el GGSN, el SGSN, la UTRAN y el UE que, a posteriori, permitirá el envío del tráfico *multicast* desde el GGSN hacia el UE. Es importante destacar que la activación del servicio portador MBMS no resulta, en ningún caso, en el establecimiento del plano portador o en la reserva de recursos de QoS.

Así, cuando el BM-SC está preparado para transmitir el tráfico *multicast* correspondiente a un servicio de usuario MBMS, en primer lugar envía un mensaje de inicio de sesión al GGSN para cada servicio portador MBMS involucrado en el servicio de usuario. Como resultado de este mensaje, se establece el plano portador y se realiza la reserva de recursos de QoS para el servicio portador MBMS. Para cada servicio portador MBMS el plano portador consta de los siguientes elementos:

- Una portadora de transporte, entre el GGSN y cada SGSN que sirve al menos a un UE que ha activado el servicio portador MBMS. Dicha portadora de transporte se proporciona mediante el establecimiento un túnel GTP (*GPRS Tunneling Protocol* [3rde]).
- Una portadora Iu, entre el SGSN y cada RNC que sirve al menos a un UE que ha activado el servicio portador MBMS. Dicha portadora consiste, igualmente, en un túnel GTP. Es importante resaltar que el RNC únicamente establecerá una portadora Iu con un SGSN.
- Un conjunto de portadoras radio punto a punto y/o punto a multipunto, establecidas entre el RNC y los UEs que han activado el servicio portador MBMS. En principio, el RNC puede transmitir el tráfico de datos correspondiente al servicio portador MBMS

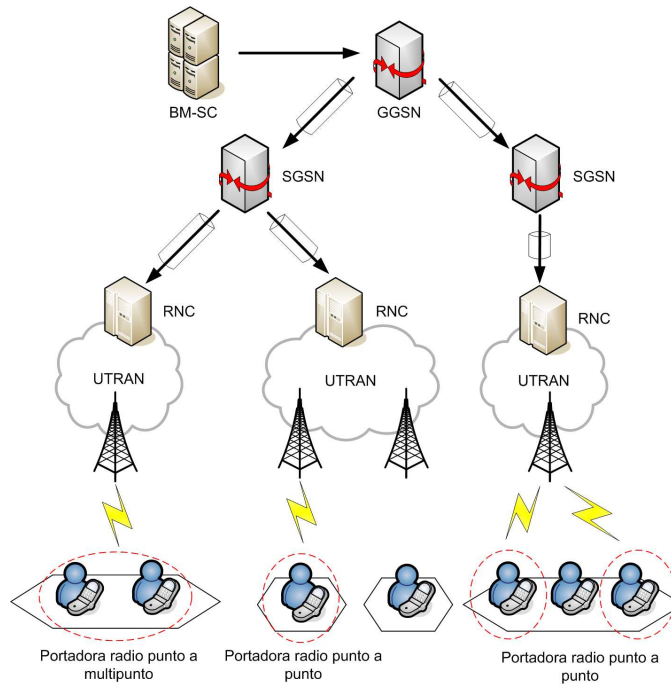


Figura 2.5: Provisión del servicio portador MBMS en modo *multicast*

en cada celda sobre portadoras radio punto a punto. Si el número de UEs en la celda excede un cierto umbral definido por el operador, el RNC puede decidir establecer en la celda una portadora radio punto a multipunto. En este último caso, el tráfico de datos se transmitiría sobre un canal radio común a los UE en la celda que han activado el servicio portador MBMS. Los detalles relacionados con la provisión del servicio MBMS en la UTRAN se indican en [3rd08g].

Finalmente, es importante destacar que en el proceso de inicio de sesión el BM-SC indica los parámetros de calidad de servicio asociados con el servicio portador MBMS. No se realiza, en ningún caso, la negociación de dichos parámetros entre los elementos de la red (GGSN, SGSN, UTRAN y UE). De este modo, es posible que algunos UEs no reciban el tráfico *multicast* a través servicio portador MBMS, si no existen recursos suficientes para garantizar los requisitos de QoS para el servicio portador entre éstos y el GGSN. En cualquier caso, no se envía notificación alguna al UE a este respecto.

En la figura 2.5 se esquematiza la transmisión de tráfico *multicast* sobre un servicio portador MBMS. El tráfico de datos, correspondiente al servicio portador, es transmitido por el BM-SC al GGSN. El GGSN replica y transmite dicho tráfico a través de cada túnel GTP establecido en el plano portador para el servicio portador MBMS. Igualmente, cada SGSN participante en el servicio replica y transmite el tráfico de datos por los pertinentes túneles GTP. Finalmente, el RNC hace llegar el tráfico *multicast* a los UEs, mediante un conjunto de portadoras radio punto a punto y/o portadoras radio punto a multipunto.

2.7.3. Servicios multiusuario

Según hemos visto en este capítulo, MBMS es un servicio punto a multipunto que soporta la transmisión de servicios basados en *multicast* a nivel de red desde un proveedor de servicios hasta los UEs interesados en recibirlos. No obstante, en lo referente a la provisión de servicios multiusuario, MBMS presenta varias carencias que deben ser consideradas:

- MBMS soporta servicios basados en tecnologías de entrega *multicast* bajo un modelo Proveedor/Usuario. En este modelo existe una única fuente (esto es, el proveedor de servicios) que transmite la información correspondiente al servicio a los distintos UEs interesados en recibirlo. MBMS no soporta, por tanto, que un UE se convierta en fuente de datos para el servicio, así como que varios usuarios puedan ejercer el papel de fuente de manera simultánea.
- Además, en MBMS el BM-SC conoce las características que debe poseer el servicio portador MBMS (ej. los parámetros de QoS), las cuales son indicadas a la red durante el proceso de inicio de sesión. MBMS no soporta, por tanto, la negociación de las características del servicio portador MBMS entre los UE, lo que es absolutamente imprescindible como paso previo a la provisión de un servicio multiusuario.
- Por otro lado, en MBMS el establecimiento del plano portador y la reserva de recursos de QoS son procesos no confirmados, de modo que es posible que los UEs no reciban el tráfico de datos correspondiente a un servicio portador MBMS debido a la carencia de recursos de QoS, no recibiendo además ningún tipo de notificación al respecto. En el caso de un servicio multiusuario, una característica deseable es que el establecimiento del plano portador y de los recursos de QoS se confirme positiva o negativamente durante los procedimientos relacionados con la negociación de los parámetros del servicio. De este modo, el UE podría ser informado en caso de que no pudiera acceder al servicio por la ausencia de recursos suficientes en la red de transporte UMTS.
- Finalmente, en MBMS el establecimiento del plano portador y la reserva de recursos de QoS es iniciada por la red, simultáneamente para todos los UEs que han activado el servicio portador MBMS. En el contexto de los servicios multiusuario, sería interesante que el establecimiento del plano portador y la reserva de recursos correspondiente pudiera ser realizada para cada UE de forma separada. De este modo, cada UE podría progresar de forma independiente en los procedimientos de negociación del servicio. Asimismo, el UE tendría garantizada a título individual la reserva de recursos de QoS que le permitirían recibir apropiadamente el tráfico de datos asociado con el mismo.

Estos inconvenientes implican necesariamente que el servicio MBMS, tal y como se ha descrito en este capítulo, no puede ser directamente aplicado en la proporción de servicios multiusuario.

2.8. Conclusiones

IMS es una arquitectura basada en el protocolo IP que ha sido diseñada para proporcionar un conjunto de funcionalidades esenciales en la provisión de los servicios multimedia de valor añadido previstos para el futuro en UMTS. En este capítulo se han resumido brevemente las distintas funcionalidades ofrecidas por IMS, con especial énfasis en los aspectos relacionados con la arquitectura y con los mecanismos de autorización y control de los recursos de QoS.

Además, se ha introducido la problemática asociada con la provisión de servicios multiusuario en UMTS. Según se ha indicado, una alternativa a las propuestas realizadas hasta la fecha por el 3GPP para estos servicios consiste en extender las funcionalidades de control de la sesión en IMS y en entregar dichos servicios en el plano de usuario mediante tecnologías multicast a nivel de red. Las distintas ventajas e inconvenientes de utilizar multicast a nivel de red como servicio de entrega han sido analizadas.

Finalmente, MBMS es la solución propuesta por el 3GPP para la provisión de servicios basados en tecnologías de entrega multicast a nivel de red desde un proveedor de servicios hasta los UE interesados en dichos servicios. En este capítulo se ha descrito brevemente el servicio MBMS, haciendo especial énfasis en los procedimientos relacionados con la provisión de los servicios portadores MBMS. Además, se han analizado las principales carencias de MBMS con respecto a su aplicación en la provisión de servicios multiusuario.

Capítulo 3

La Red de Próxima Generación de TISPAN

3.1. Introducción

El despliegue de las nuevas infraestructuras de acceso de banda ancha, que está siendo realizado a nivel mundial por los operadores de telecomunicaciones, permite el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios en Internet, basados en el protocolo IP, de gran atractivo para el usuario. Así, los nuevos servicios en tiempo real de voz sobre IP, juegos interactivos o televisión IP, por poner algunos ejemplos, proporcionan valor añadido a los servicios que tradicionalmente han sido ofrecidos por los operadores. Estas aplicaciones, no obstante, presentan ciertos requisitos de calidad de servicio que deben ser satisfechos en tiempo real para su adecuada entrega al usuario. Sin embargo, aunque hoy en día existen varias técnicas que permiten proporcionar QoS a nivel IP ([BCS94], [BBC⁺98]), ninguna de ellas se utiliza en la práctica para proveer QoS real extremo a extremo. Esto, resulta imprescindible para satisfacer los requisitos de calidad demandados por estos servicios. Por éste y otros motivos, se hace patente la necesidad de resarrollar una Red de Internet de Próxima Generación.

De acuerdo con la definición proporcionada por el ITU-T (véase [ITU08]), estas redes se basan en tecnologías de conmutación de paquetes (como el protocolo IP) y proporcionan soporte de calidad de servicio en el transporte de la información, garantizando la independencia entre las funciones relacionadas con el control de los servicios y las tecnologías de transporte en las que estos se basan, y soportando al mismo tiempo la movilidad de usuarios y servicios.

Un componente clave en arquitecturas de Red de Próxima Generación es el Subsistema Multimedia IP (IMS), cuya funcionalidad ha sido descrita en el capítulo 2. Como hemos visto, IMS es una arquitectura basada en el protocolo IP que soporta una serie de funcionalidades esenciales en los procedimientos de provisión de servicios en redes 3G. Sin embargo, aunque IMS fue conceptualmente diseñado para ser independiente de la tecnologías de acceso empleadas, lo cierto es que los estándares desarrollados hasta la fecha por el 3GPP se han centrado principalmente en la red de acceso con conectividad IP proporcionada por la

infraestructura de UMTS.

A este respecto, en 2004 ETSI y 3GPP comienzan a cooperar en el grupo TISPAN [TIS08] de ETSI, con el objetivo principal de desarrollar especificaciones para una Red de Próxima Generación (*Next Generation Network*, NGN) basada en el plano de control de IMS. Como resultado de este trabajo, la primera versión de estándares para la Red de Próxima Generación de TISPAN [TIS06e] fue publicada a principios de 2006. En esta primera versión se cubren dos objetivos primordiales: habilitar la entrega de los servicios soportados en IMS (de acuerdo con las especificaciones de 3GPP) en redes de acceso fijas de banda ancha, y permitir el reemplazo total o en parte de la Red de Telefonía Conmutada Pública (*Public Switched Telephony Network*, PSTN) y de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI). Hasta la fecha, el trabajo en la NGN TISPAN ha progresado hasta una segunda versión. Por otro lado, ETSI y 3GPP están actualmente cooperando en la especificación de un IMS común que formará parte de la versión R8 de estándares del 3GPP.

En este capítulo se presenta un breve resumen sobre la primera versión de especificaciones de la Red de Próxima Generación de TISPAN, centrado principalmente en los aspectos relacionados con la arquitectura y con los mecanismos de provisión de QoS. Asimismo, se analizan las principales carencias en las soluciones de QoS publicadas en esta primera versión, las cuáles serán objeto de estudio en la presente Tesis Doctoral.

3.2. Arquitectura de la NGN

La arquitectura funcional de la versión 1 de la NGN de TISPAN se describe en detalle en [TIS05]. La figura 3.1 muestra una versión simplificada de dicha arquitectura. Según se indica en la figura, esta arquitectura funcional se estructura en dos planos o niveles, el nivel de transporte y el nivel de servicios. Ambos niveles están constituidos por un conjunto de entidades funcionales y subsistemas, y cada subsistema a su vez se define mediante un conjunto de entidades funcionales. Esta arquitectura orientada a subsistemas es enormemente flexible, facilitando el soporte de nuevas funcionalidades mediante la introducción de nuevos subsistemas, así como posibilitando la inclusión de subsistemas definidos por otros organismos de estandarización. A continuación se detallan las funcionalidades principales asociadas con cada uno de los niveles presentados.

3.2.1. El nivel de transporte

Este nivel provee la conectividad a nivel IP al equipamiento de usuario en las instalaciones del abonado. La funcionalidad soportada por este nivel se divide a su vez en dos nuevos subniveles, un subnivel de control de transporte y un subnivel de transferencia.

El subnivel de control de transporte incluye los siguientes subsistemas:

- El Subsistema de Control de Admisión y de Recursos (*Resource and Admission Control Subsystem*, **RACS**). Este subsistema realiza funciones relacionadas con el control

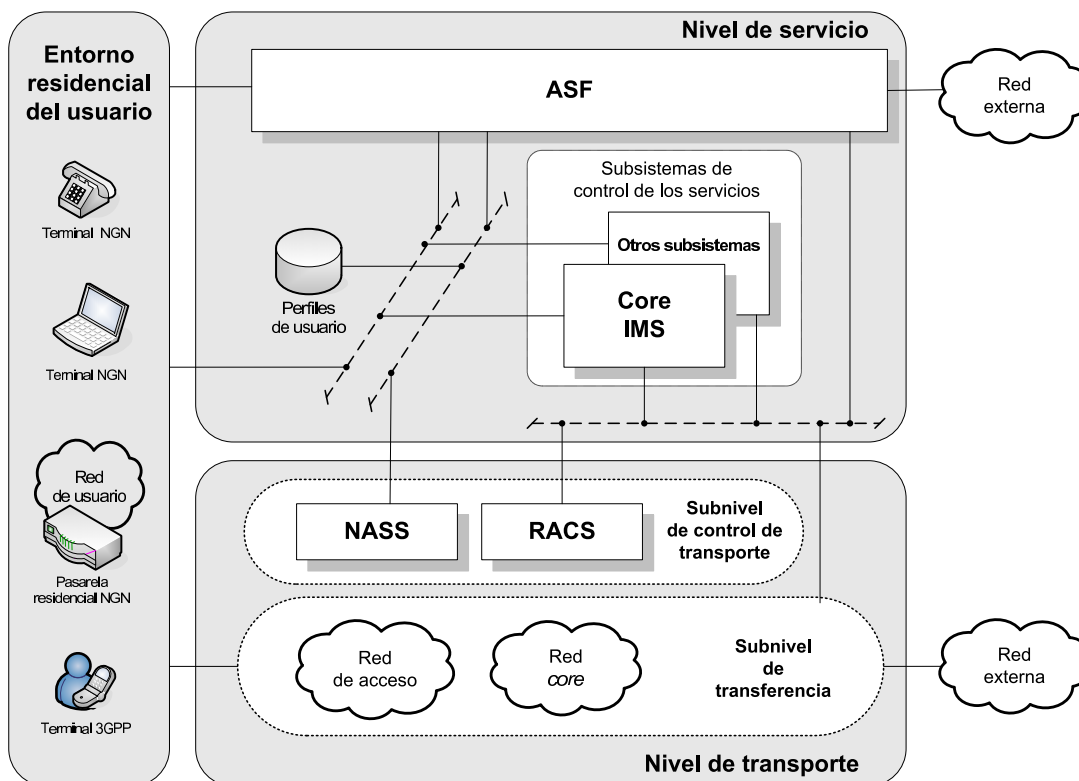


Figura 3.1: Arquitectura funcional de la NGN de TISPAN

de políticas, el control de admisión y la reserva de recursos en la NGN. El subsistema RACS habilita a las aplicaciones para solicitar y reservar los recursos del nivel de transporte que son necesarios para satisfacer las demandas de QoS que se requieren para la correcta provisión de los servicios en la NGN. En la sección 3.3 se provee información detallada sobre la arquitectura del subsistema RACS. El lector puede encontrar más información en [TIS06a].

- El Subsistema de Enlace a la Red (*Network Attachment Subsystem*, **NASS**) provee funcionalidades relacionadas con la inicialización del equipamiento de usuario para el acceso a los servicios de la NGN, la autenticación a nivel de red, la autorización de acceso a la red, la configuración de la red de acceso y la gestión de la localización a nivel IP. La especificación detallada de este subsistema se encuentra en [TIS06b].

Finalmente, las entidades que componen el subnivel de transferencia se cubren en detalle en [TIS05].

3.2.2. El nivel de servicio

El nivel de servicio comprende un conjunto de subsistemas que proveen funcionalidades de control de los servicios, así como una serie de componentes comunes que pueden ser

accedidos desde diferentes subsistemas. En este nivel, el subsistema **Core IMS** [TIS06c] soporta la provisión de servicios multimedia basados en SIP a los terminales del usuario final. Este subsistema es un subconjunto de la arquitectura IMS definida por el 3GPP (presentada en el capítulo 2, restringida principalmente a las funcionalidades de control de la sesión. Llegados a este punto, es importante destacar que la compatibilidad entre IMS, según ha sido definido por el 3GPP, y el Core IMS definido por TISPAN es tal que la NGN de TISPAN soporta terminales 3GPP que se conectan a la NGN a través de cualquier red de acceso con conectividad IP definida por el 3GPP (ej.. la red de acceso formada por el dominio de paquetes de la red *core* de UMTS y la UTRAN).

El nivel de servicio provee, además, un conjunto de componentes comunes [TIS05]. Uno de estos componentes es el **ASF** (*Application Server Function*). La funcionalidad del ASF en la arquitectura de la NGN consiste en proporcionar servicios de valor añadido a los terminales NGN. Estos pueden ser servicios aislados o pueden ser proporcionados sobre la base de una sesión establecida, ej.. una sesión IMS. En el primer caso, el ASF puede interactuar directamente con el subsistema RACS para reservar recursos de QoS que garanticen la correcta ejecución del servicio. En el segundo caso, el ASF cede dicha funcionalidad al subsistema de control del servicio que soporta la sesión, el cual a su vez interactúa con el subsistema RACS.

3.3. Procedimientos de provisión de QoS

El subsistema RACS [TIS06a] provee servicios de control del nivel de transporte, basados en la aplicación de políticas, a los ASFs y a los subsistemas de control de los servicios en la arquitectura de la NGN. De este modo, el RACS proporciona el soporte necesario que permite solicitar y reservar recursos de portadora en el nivel de transporte para satisfacer los requisitos de QoS demandados por las aplicaciones y servicios en la NGN.

En la primera versión de especificaciones de la NGN de TISPAN, la solución de QoS se provee únicamente para la red de acceso a la NGN, ya que ésta se considera el segmento de transporte más crítico en lo referente a la provisión de QoS. Por consiguiente, en esta versión no existe ningún requisito para que el subsistema RACS proporcione cobertura de servicio dentro de la red *core* o de la red del usuario final, estando su ámbito limitado a la red de acceso, a los puntos de interconexión entre las redes de acceso y *core* y a los puntos de interconexión entre redes *core*.

El subsistema RACS ofrece las siguientes funcionalidades de alto nivel:

- Aplicación de políticas. El RACS verifica si las solicitudes de reserva de recursos recibidas son consistentes con las políticas establecidas por el operador.
- Control de admisión. Esta funcionalidad consiste en verificar si la solicitud de reserva de recursos puede ser satisfecha con los recursos disponibles en la red de acceso.
- Reserva de recursos, permitiendo a los ASFs y a los subsistemas de control de los servicios solicitar y reservar recursos de nivel de transporte sobre la red de acceso.

- *NAT traversal*. El subsistema RACS controla la funcionalidad de *hosted NAT traversal* que se proporciona en el subnivel de transferencia.
- Control de NAT y de puerta, en el límite entre redes *core* y entre las redes de acceso y *core*.

Por otro lado, el subsistema RACS soporta varios esquemas de gestión de los recursos. Dos de estos esquemas se indican a continuación:

- Esquema de gestión de recursos *single-stage*, en el que los recursos están inmediatamente disponibles para cursar tráfico de usuario tras procesar con éxito una solicitud de reserva de recursos.
- Esquema de gestión de recursos *reserve-commit*, en el que los recursos son reservados en una primera fase, y estarán finalmente disponibles para cursar tráfico de usuario tras una segunda fase de compromiso.

Finalmente, el RACS soporta dos modelos diferentes de provisión de QoS, los cuales se indican a continuación:

- **Calidad de servicio garantizada**. En este modelo la calidad de servicio se garantiza con límites absolutos en todos o algunos de sus parámetros, tales como el caudal, el retardo o el porcentaje de pérdidas. La calidad de servicio garantizada se proporciona en la red de acceso mediante la ejecución de mecanismos de control de admisión y mediante la aplicación de políticas de tráfico en el subnivel de transferencia basadas en control de caudal (ej.. *traffic policing*).
- **Calidad de servicio relativa**. En este modelo la calidad de servicio se garantiza mediante la diferenciación entre clases de tráfico, por ejemplo mediante un esquema *Diffserv* [BBC⁺98]. La calidad de servicio relativa se proporciona en la red de acceso mediante la ejecución de mecanismos de control de admisión y mediante la aplicación de políticas de tráfico en el subnivel de transferencia basadas en la diferenciación entre clases de tráfico.

En la figura 3.2 se muestra la interacción entre el subsistema RACS y los distintos elementos que conforman el modelo de la red de transporte. En el modelo de QoS garantizada, la aplicación de las políticas de tráfico basadas en el control de caudal se realiza en el nodo eje IP. Igualmente ocurre en el modelo de QoS relativa, donde la diferenciación entre clases de tráfico se realiza también en el nodo eje IP. De este modo, en ambos modelos el control de la QoS sobre el tráfico de datos transmitido en la red de acceso únicamente se implementa en el sentido *downlink* (esto es, en el sentido desde la red hasta el equipo de usuario). Esto implica necesariamente que la reserva de recursos de QoS únicamente se garantiza para el tráfico transmitido en dicho sentido.

Para el sentido *uplink*, las especificaciones del subsistema RACS recogen que, en el caso de QoS relativa es posible la diferenciación entre clases de tráfico en el equipamiento del

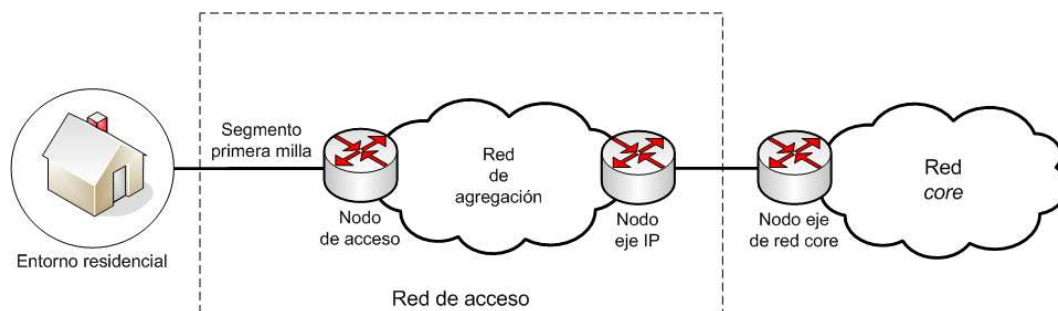


Figura 3.2: Relación entre el RACS y los elementos de la red de transporte

cliente. Análogamente, para el modelo de QoS garantizada se indica que las políticas de tráfico de control de caudal podrían aplicarse sobre el equipamiento en el local del cliente o incluso en el nodo de acceso. Sin embargo, en la primera versión de la NGN de TISPAN, no se especifica ningún mecanismo que habilite al subsistema RACS para configurar el equipamiento en el entorno residencial del usuario, y si bien se contempla la existencia de una interfaz entre el RACS y el nodo de acceso, dicha interfaz no se estandariza en esta primera versión de la NGN. De este modo, la reserva de recursos de QoS en el sentido *uplink* es todavía un tema abierto de investigación.

3.4. Procedimientos de control de la sesión

En la NGN de TISPAN, las funcionalidades de control de sesión están basadas en el protocolo SIP. Esto es así, dado que el *Core IMS* en el nivel de servicio es un subconjunto de la arquitectura de IMS, según ha sido especificada por el 3GPP. Del mismo modo, los procedimientos de establecimiento de sesión involucran el uso del protocolo SDP, en la descripción de los parámetros que caracterizan la sesión, y del modelo Oferta/Respuesta de SDP, para la negociación de la descripción de la sesión multimedia entre los UEs participantes. En [TIS06d] se provee una modificación de [3rd08e], en la que se especifica el protocolo de control de sesión para la NGN de TISPAN.

Análogamente a las especificaciones de 3GPP, en las que se describe la interacción entre el P-CSCF y el PCRF, en TISPAN, según se indica en [TIS06f], el P-CSCF en el core IMS interactúa con el subsistema RACS, para solicitar la provisión de recursos de QoS para las sesiones multimedia basadas en el protocolo SIP que son establecidas. El P-CSCF enviará una solicitud de reserva de recursos al subsistema RACS tras recibir cualquier mensaje SIP con una carga de respuesta SDP. Esta información de servicio se generará a partir de la respuesta SDP y de su correspondiente oferta. Según hemos visto, conjuntamente la oferta y la respuesta SDP contienen toda la información que es necesaria para describir la sesión multimedia. De esta manera, el subsistema RACS siempre recibe información de servicio adecuada sobre las demandas de QoS para cualquier escenario de establecimiento de sesión. Con esta información, el RACS podrá iniciar los procedimientos pertinentes de reserva de recursos sobre la red de acceso.

3.5. Conclusiones

El desarrollo de especificaciones para Redes de Próxima Generación provee un nuevo marco en el que se soportan los servicios multimedia de valor añadido con requisitos de QoS que están previstos en la Internet del futuro. A este respecto, el grupo TISPAN de ETSI está trabajando en la especificación de una Red de Próxima Generación basada en las especificaciones desarrolladas para el Subsistema Multimedia IP de 3GPP.

En este capítulo se ha descrito brevemente la arquitectura de la primera versión de la NGN de TISPAN, así como los principales mecanismos relacionados con la provisión de QoS y el control de las sesiones multimedia. Del estudio realizado se concluye que existen todavía aspectos no cubiertos en los procedimientos relacionados con la reserva de recursos de QoS. Dichos aspectos, serán tratados en el desarrollo de la presente Tesis Doctoral.

Capítulo 4

La pasarela residencial de MUSE

4.1. Introducción

Según se ha comentado en el capítulo 3, la solución de QoS presentada en la primera versión de especificaciones de la Red de Próxima Generación de TISPAN no cubre el entorno residencial del usuario final, siendo éste un aspecto crucial para la provisión de QoS real extremo a extremo.

Por otro lado, hoy en día hablar de banda ancha en el hogar no suena a algo nuevo en absoluto. Lo cierto es que esta gran capacidad que está alcanzando los entornos residenciales gracias a la tecnología ADSL y de cable, es solamente la puerta de entrada a una gran cantidad de nuevos servicios que todavía se están desarrollando y desplegando. Sin embargo, el ancho de banda no lo es todo en el despliegue de servicios con requisitos de QoS. Así, si un nuevo conjunto de servicios con una demanda de recursos exigente se va instalar en los hogares (ej. vídeo bajo demanda, televisión sobre IP, voz sobre IP, juegos en red, Internet de alta velocidad, compartición de ficheros P2P, etc.), es importante que todos ellos puedan compartir los recursos de red disponibles con ciertas garantías de calidad (no solo en términos de ancho de banda, sino también en términos de retardo o de variación en el retardo). A este respecto, la figura de una pasarela residencial puede resultar crucial.

La pasarela residencial es un elemento de la red de transporte, situado en el entorno residencial, que conforma el límite entre la red del cliente y la red de acceso del operador. De este modo, este elemento se encuentra localizado en una posición estratégica, puesto que debe ser necesariamente atravesado por todos los flujos de usuario que son enviados hacia y recibidos desde la red de acceso. Por consiguiente, la pasarela residencial puede jugar un papel fundamental en la gestión de los recursos de QoS en el entorno residencial, pudiendo responsabilizarse de tareas tales como la detección y clasificación de los distintos flujos de usuario, la ejecución de procedimientos de control de admisión, la aplicación de políticas de control de caudal o la priorización en el tratamiento de los distintos flujos de usuario en función de la QoS requerida para cada uno de ellos.

Estos son algunos de los puntos que han sido considerados en el proyecto europeo MUSE (*Multi Service Access Everywhere*) [MUS08]. MUSE es un proyecto integrado parcialmente

financiado por la Comisión Europea (FP7, de los años 2004 a 2007), cuyo objetivo es la investigación y el desarrollo de una red futura de acceso multiservicio de bajo coste. En MUSE, un aspecto que ha recibido gran interés ha sido la capacidad de extender los distintos modelos de QoS para proveer el soporte de los mismos extremo a extremo, esto es, llegando a los equipos de usuario. A este respecto, la pasarela residencial es un elemento clave en MUSE, estando a cargo de extender la QoS proporcionada en la red de acceso a la red del cliente. De este modo, la organización del proyecto incluye un conjunto de grupos de trabajo dedicados a la figura de la pasarela residencial.

En este capítulo se describe la arquitectura básica de la pasarela residencial desarrollada en el marco del proyecto europeo MUSE, dentro del ámbito de redes de acceso de alta velocidad. Como veremos en sucesivos capítulos, esta arquitectura básica será utilizada para extender la solución de QoS presentada en la primera versión de especificaciones de la NGN TISPAN al entorno residencial del usuario final.

4.2. Provisión de QoS en MUSE

En la red de acceso de MUSE la QoS se proporciona mediante diferenciación entre clases de tráfico. Dicha diferenciación se basa en un etiquetado VLAN de las tramas de nivel de enlace acorde con la especificación 802.1p. En la pasarela residencial, el tratamiento de las tramas recibidas se realiza atendiendo a la clase de tráfico a la que pertenecen, proporcionándose mayor prioridad al tratamiento de las tramas pertenecientes a la clase de tráfico con mayores restricciones de QoS. Además, en el sentido *uplink*, la pasarela residencial asigna a cada trama una etiqueta VLAN, según la clase de tráfico a la que pertenece. Esto permite a la red de acceso de MUSE tratar adecuadamente todas las tramas. En el sentido *downlink*, las tramas llegan marcadas de la red y la pasarela residencial es responsable de extraer las etiquetas como paso previo a su reenvío hacia el entorno residencial, y si es necesario extender el marcado con la clase de servicio correspondiente a la tecnología de red local adecuada.

4.3. Arquitectura básica de la pasarela residencial

La arquitectura básica de la pasarela residencial de MUSE, desarrollada en el contexto de redes de acceso de alta velocidad, se muestra en la figura 4.1 (su funcionamiento ha sido demostrado en [VGG⁺06]). Según se observa en dicha figura, esta arquitectura se ha dividido en dos niveles: el nivel de datos y el nivel de aplicación.

4.3.1. El nivel de datos

Este nivel, implementado mediante la plataforma Click! [KMC⁺08], provee las funcionalidades relacionadas con la transmisión de los flujos de usuario en la pasarela residencial. Según se describe en la figura 4.1, los flujos de usuario entrantes a la pasarela residencial

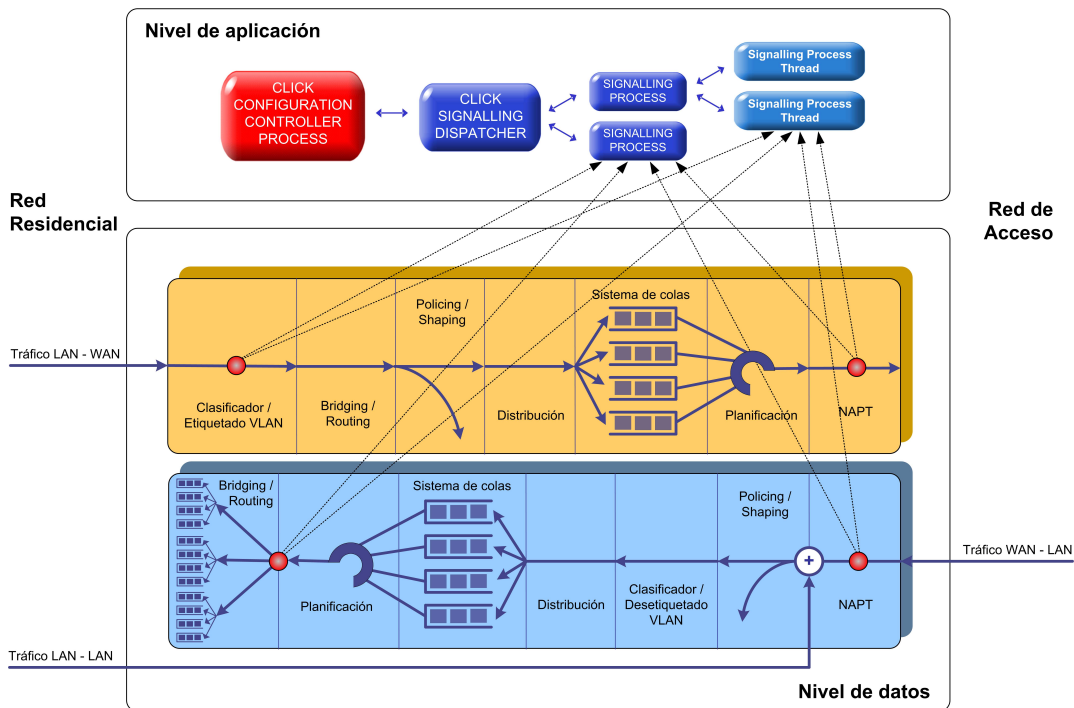


Figura 4.1: Arquitectura básica de la pasarela residencial

siguen caminos separados en las direcciones *uplink* y *downlink*. De esta manera, se provee un tratamiento independiente del tráfico de datos en cada dirección, proporcionándose de este modo un diseño flexible de este nivel, dado que es posible proveer funcionalidades de procesamiento sobre el tráfico de datos en una dirección sin que por ello se vea afectado el tráfico transmitido en sentido contrario. Por otro lado, a este nivel se definen distintos módulos de procesamiento que proveen funcionalidades específicas. Esta arquitectura orientada a módulos proporciona una gran flexibilidad y escalabilidad, permitiendo añadir nuevas funcionalidades mediante el desarrollo de nuevos módulos de procesamiento que pueden ser instalados a este nivel en las direcciones de tráfico *uplink* y *downlink*.

A continuación se describen los distintos módulos de procesamiento definidos en la dirección de tráfico *uplink*:

- **Clasificador:** en este módulo el administrador puede especificar reglas de clasificación para permitir o denegar ciertos flujos de usuario. Además, si un flujo de usuario es aceptado, el módulo clasificador asigna a las tramas del flujo cierta meta-información, especificando como deben ser tratadas en la pasarela dichas tramas.
- **Etiquetado VLAN:** dependiendo de la meta-información asignada al flujo de usuario por el clasificador, este módulo configura un determinado marcado para las tramas del flujo basado en la especificación 802.1p/q. Esta funcionalidad de marcado de tramas permite crear VLANs que soportan la provisión de QoS en la red de acceso basada en diferenciación entre clases de tráfico.

- *Bridging/Routing*: este módulo puede implementar funcionalidades de *bridging* o de encaminamiento IP, dependiendo de la configuración requerida por el operador de la red de acceso.
- *Policing/Shaping*: permite controlar la tasa de tráfico de datos enviada en la dirección *uplink*, pudiendo ser dicha tasa configurada por el administrador para cada flujo de datos, descartando el tráfico no conformante en el caso de utilizar un mecanismo de *policing*, o almacenándolo en una cola de espera en el caso de utilizar un mecanismo de *shaping*.
- Distribución: utilizando la meta-información asignada a cada trama por el clasificador, este módulo envía la trama a la cola de espera que le corresponde.
- Sistema de colas: éste es un módulo configurable que permite al administrador utilizar un cierto número de colas de espera, fijando el tamaño de cada cola en términos de tramas almacenadas. Cada cola representa un nivel de prioridad, que será tomada en cuenta por un algoritmo de planificación para, de este modo, priorizar el tratamiento de los diferentes flujos de usuario que atraviesan la pasarela residencial en la dirección *uplink*. Además, el tamaño fijo configurado para cada cola de espera permite limitar los efectos de la variación en el retardo introducido por la pasarela en el procesamiento de los flujos que llegan desde la red del cliente.
- Planificación: este módulo implementa el algoritmo utilizado para extraer las tramas de las colas de espera. El algoritmo actualmente empleado en la pasarela residencial a tal efecto sirve las tramas de las colas atendiendo a su prioridad (esto es, se sirven en primer lugar las tramas de la cola de mayor prioridad).
- NAPT: provee funcionalidades de traducción de direcciones de red y puertos de transporte, cambiando las direcciones IP y puertos internos de la red del cliente por direcciones IP y puertos globalmente alcanzables.

Para la dirección de tráfico *downlink*, los módulos NAPT, *Policing/Shaping*, Clasificador, Distribución, Sistema de colas, Planificación y *Bridging/Routing* presentan la misma funcionalidad que en la dirección *uplink*. En este caso, la funcionalidad Desetiquetado VLAN extrae las etiquetas 802.1p/q de las tramas si es necesario.

4.3.2. Nivel de aplicación

Este nivel está basado en un conjunto de componentes Java flexibles, capaces de gestionar el nivel de datos y de tratar los distintos protocolos de señalización y de nivel de aplicación. Entre los principales componentes implementados a este nivel, destacan los siguientes:

- El CCCP (*Click! Configuration Controller Process*). Esta entidad funcional centraliza todas las operaciones de configuración sobre el nivel de datos. A tal efecto, provee una interfaz XML, mediante la cual es posible especificar operaciones de configuración

de la pasarela residencial. La configuración del nivel de datos, con respecto a los flujos de usuario, se describe mediante un conjunto de reglas de flujo. Cada una de estas reglas representa un flujo de usuario, indicando, entre otras cosas, la dirección IP origen/destino, el puerto de transporte origen/destino, el protocolo y la prioridad asociados con el flujo. El CCCP soporta, a través de su interfaz XML la instalación, el borrado y la modificación de las reglas de flujo que conforman la configuración del nivel de datos de la pasarela residencial.

- Los Procesos de Señalización (*Signalling Process*, SP). El soporte de los distintos protocolos de señalización y de nivel de aplicación se implementa en la pasarela residencial mediante un conjunto de Procesos de Señalización. Éstos son componentes Java que implementan la especificación de los protocolos requeridos (ej. un SP que soporta el acceso a la pasarela residencial vía HTTP o un SP que implementa el soporte de IGMP). De este modo, se provee una solución flexible para el soporte de los distintos protocolos, mediante el desarrollo e instalación de componentes Java en el nivel de aplicación específicos para su tratamiento (así, para soportar un protocolo concreto, basta con implementar un SP acorde con la especificación del protocolo).
- El CSD (*Click! Signalling Dispatcher*). Éste es un componente Java que gestiona la ejecución y la terminación de los distintos SPs en la pasarela residencial.

4.3.3. Interacción entre niveles

En este apartado se ha presentado la arquitectura de una pasarela residencial basada en dos niveles, el nivel de aplicación y el nivel de datos. En el nivel de aplicación, según se ha comentado, un conjunto de SPs implementan la funcionalidad de distintos protocolos de señalización. Sin embargo, para que este esquema funcione correctamente es necesario que exista una cierta interacción entre los niveles de datos y de aplicación, que permita extraer del nivel de datos las tramas en tránsito correspondientes a cada protocolo y enviárselas a los SPs encargados de su gestión.

A tal efecto, en el nivel de datos se han definido un conjunto de puntos de sincronización, en los cuales es posible copiar o extraer las tramas recibidas correspondientes a un flujo de usuario y redirigirlas al nivel de aplicación, en concreto al SP a cargo de su tratamiento. Análogamente, un SP podrá reinyectar tramas en cualquiera de los puntos de sincronización definidos en la pasarela residencial. Actualmente, en la arquitectura se han definido cuatro puntos de sincronización, dos para cada dirección (*uplink/downlink*), indicados en rojo en la figura 4.1.

En [GVVA] y en [GGRVA05] este modelo ha sido validado, verificándose que la pasarela residencial puede realizar el paso de mensajes de señalización al nivel de aplicación (que es donde se ejecutan los SPs) sin una degradación significativa en las prestaciones ofrecidas.

4.4. Conclusiones

En este capítulo se ha descrito la arquitectura básica de la pasarela residencial desarrollada en el proyecto europeo MUSE, para redes de acceso de alta velocidad. El diseño arquitectural presentado es flexible, por la separación de las funcionalidades de transporte de datos y de control en dos niveles diferentes, y por la implementación de cada nivel mediante un conjunto extensible de módulos y de componentes.

Esta arquitectura básica, como se verá a lo largo de la presente Tesis Doctoral, permitirá extender la solución de QoS contenida en la primera versión de especificaciones de la NGN de TISPAN al entorno residencial del usuario, mediante la inclusión de nuevas funcionalidades y de componentes adicionales.

Parte II

Configuración de transporte multicast IP con QoS en arquitecturas de red con plano de control IMS

Capítulo 5

Control de sesión multiusuario

5.1. Introducción

En este capítulo se presentan un conjunto de extensiones a los procedimientos de control de sesión contemplados en las especificaciones de IMS (véase [3rd08c] y [3rd08e]), con el objetivo de soportar la gestión de sesiones multimedia involucrando a múltiples UEs. Estas sesiones multimedia multiusuario proporcionarán una base sobre la que será posible implementar nuevos servicios *peer-to-peer* (ej. videoconferencia), en los que el tráfico de datos será intercambiado directamente en el plano de usuario entre los UEs participantes en el servicio mediante tecnologías de transmisión *multicast* a nivel de red. Se asume, a lo largo de este capítulo, una red de acceso con conectividad IP de 3GPP, formada por una red de acceso UTRAN y el dominio de conmutación de paquetes de UMTS. Las aportaciones contenidas en este capítulo han sido publicadas en [VSV⁺07] y [VSV⁺on].

El resto de este capítulo se estructura de la siguiente manera. En el apartado 5.2 se detallan extensiones a las funcionalidades de control en IMS relacionadas con el establecimiento de sesiones multimedia, para de este modo cubrir el escenario multiusuario. En el apartado 5.3 se indican los procedimientos relacionados con la cancelación del establecimiento de una sesión multimedia multiusuario, por ejemplo porque un UE participante en la misma no disponga de recursos suficientes en su infraestructura de acceso UMTS para cursar el tráfico multimedia asociado con la sesión. En el apartado 5.4 se describen los procesos de liberación de la sesión multimedia multiusuario por parte de la red y de los UEs participantes. Finalmente, en el apartado 5.6 se indica un listado con las principales aportaciones mostradas a lo largo de este capítulo.

5.2. Establecimiento de sesión

En este apartado se describen los procedimientos que se proponen en este trabajo para posibilitar el establecimiento de sesiones multimedia multiusuario utilizando para ello el plano de control de IMS.

Al igual que en una sesión IMS establecida entre dos UEs, lo primero que el UE iniciador debe realizar para establecer la sesión multimedia es crear un diálogo SIP sobre el que poder ejecutar los procedimientos de control de la sesión. Dicho diálogo establece una relación de señalización entre el UE iniciador y el resto de UEs pertenecientes a los usuarios finales involucrados en el servicio. Esta relación de señalización soportará la negociación de las características de los diferentes componentes de información que serán intercambiados en el transcurso de la sesión, esto es, permitirá negociar la descripción de la sesión multimedia multiusuario. Esto, como veremos a lo largo de este apartado, posibilitará dos procedimientos fundamentales:

- La reserva de los recursos de QoS necesarios en el plano de usuario para la correcta entrega de cada uno de los componentes de información.
- La configuración del servicio de entrega *multicast* a nivel de red para cada componente de información presente en la sesión multimedia multiusuario.

En la figura 5.1 se muestra la señalización SIP correspondiente a los procedimientos de establecimiento de sesión que se describen en el presente apartado, desde el punto de vista del UE iniciador. Igualmente, en la figura 5.2 se muestra dicha señalización desde el punto de vista de cada UE destino.

Se asume, en este apartado, que cada UE involucrado en la sesión multimedia multiusuario dispone de un contexto PDP de señalización dedicado previamente establecido, que soporta el envío y la recepción de los mensajes de señalización SIP indicados a continuación entre el UE y el P-CSCF que le corresponde. Los procedimientos de establecimiento de sesión se cubren en detalle en las siguientes secciones.

5.2.1. Encaminamiento de la señalización SIP

En esta sección se describen los procedimientos que serán necesarios para el apropiado encaminamiento de los mensajes de señalización SIP, intercambiados entre el UE iniciador y los UEs destino en la ejecución de los procedimientos de control de la sesión.

Encaminamiento de la solicitud INVITE

Para crear el diálogo SIP, el UE del usuario iniciador debe enviar una solicitud INVITE de SIP a los UEs pertenecientes a los usuarios destino a los que el iniciador desea involucrar en la ejecución del servicio (punto 1 en figuras 5.1 y 5.2). Sin embargo, en este punto, el UE iniciador únicamente dispone de las URIs SIP de los usuarios destino, de la dirección de su P-CSCF (obtenida antes del procedimiento de registro) y de la ruta de servicio hacia el S-CSCF del usuario en su red hogar (la cual conoce como resultado del procedimiento de registro). Con esta información parcial el UE iniciador construye la solicitud INVITE, incluyendo en ésta los siguientes elementos de información:

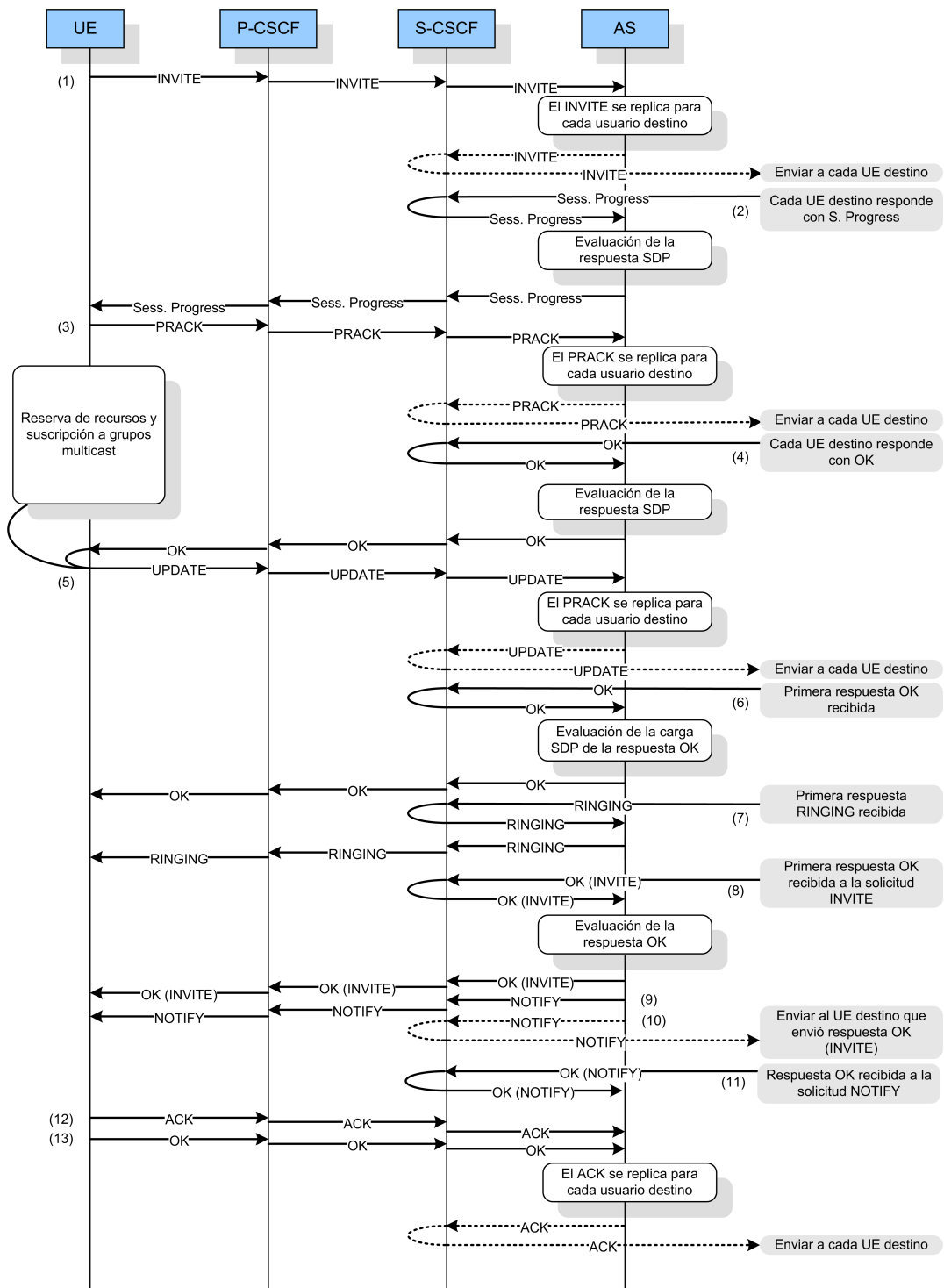


Figura 5.1: Establecimiento de sesión IMS multiusuario, lado iniciador

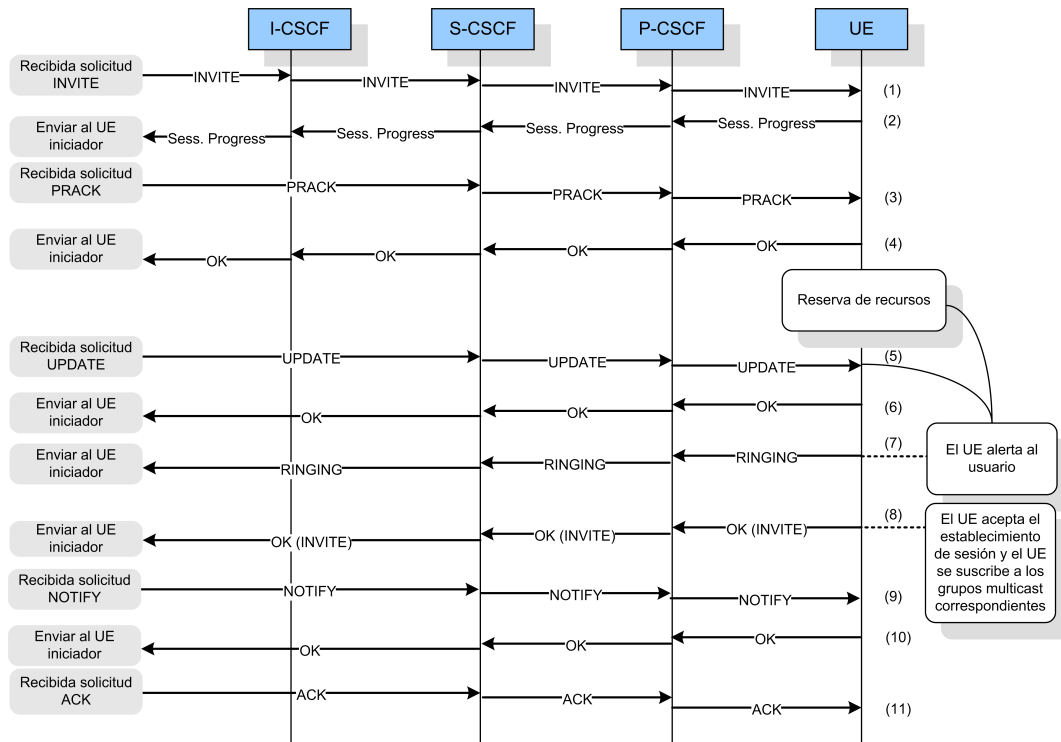


Figura 5.2: Establecimiento de sesión IMS multiusuario, lado destino

- Un campo **Request URI** en la primera línea de la solicitud INVITE, conteniendo el listado de las URIs SIP correspondientes a los usuarios finales con los que el usuario iniciador desea intercambiar información de usuario en la ejecución del servicio (cada una de estas URIs SIP es una identidad de usuario pública de IMS)¹.
- Una cabecera **Via**, con la dirección del UE iniciador. Esta cabecera permitirá al UE iniciador recibir todas las respuestas SIP a la solicitud INVITE.
- Un conjunto de cabeceras **Route**, especificando la ruta (secuencia de URIs SIP) hacia el S-CSCF del usuario, pasando por el P-CSCF a través del cual el UE accede al subsistema IMS.
- Una cabecera **Contact**, indicando la URI SIP en la que el UE iniciador desea recibir futuras solicitudes SIP en el diálogo.

A continuación, la solicitud INVITE es enviada a la primera entrada especificada en las cabeceras **Route**, que en este caso corresponde a la URI SIP del P-CSCF del UE iniciador.

¹Actualmente, el IETF está estandarizando en [CJ08] (en proceso de convertirse en RFC) un mecanismo para establecer conferencias ad-hoc incluyendo el listado de participantes en la solicitud INVITE (en formato XML). En la solución propuesta, el mensaje INVITE puede transportar un cuerpo de múltiples partes, con una carga SDP y una lista de URIs. Esta solución podría ser fácilmente utilizada en el caso que nos ocupa para indicar el listado de participantes en una sesión multimedia multiusuario, sin que ello suponga un cambio conceptual sobre la solución presentada en este capítulo.

Tras recibir esta solicitud, el P-CSCF elimina la entrada de las cabeceras *Route* (la que contiene su propia información de direccionamiento), incluye su dirección en una cabecera *Via* (para, de este modo, recibir las futuras respuestas a la solicitud INVITE) y crea una cabecera *Record-Route*. Esta cabecera contiene la URI SIP del P-CSCF, y le permitirá a éste recibir futuras solicitudes SIP enviadas en el contexto de la sesión multimedia multiusuario, cuyo origen o destino es el UE iniciador. Finalmente, el P-CSCF encamina la solicitud SIP hacia el destino indicado por la siguiente cabecera *Route*, esto es, el S-CSCF.

El S-CSCF elimina la cabecera *Route* que contiene su propia URI SIP. Ahora, el S-CSCF ejecuta los procedimientos de provisión de servicios. Según se ha comentado en el capítulo 2, durante el proceso de registro el S-CSCF descarga del HSS el perfil del usuario. Este perfil contiene, entre otras cosas, un conjunto de **Criterios de Filtrado** para cada identidad de usuario pública del usuario, los cuales permiten determinar si una solicitud SIP debe ser procesada por un conjunto de servidores de aplicación. Así, el S-CSCF chequea el contenido de la solicitud INVITE contra el conjunto de Criterios de Filtrado que le corresponden a la identidad de usuario pública del usuario iniciador (estos Criterios de Filtrado se explican más adelante, en esta sección). Como resultado de este chequeo, el S-CSCF verifica que la solicitud INVITE debe ser procesada en un Servidor de Aplicación específico para aplicaciones multiusuario (*Multiparty Application Server*, en adelante **MAS**).

Por tanto, el S-CSCF debe encaminar la solicitud INVITE al MAS. Para garantizar que tras el procesamiento de la solicitud por parte del MAS ésta será recibida de nuevo en el S-CSCF, el S-CSCF incluye dos cabeceras *Route* en la solicitud, especificando la URI SIP del MAS en primer lugar y su propia URI SIP a continuación. La segunda cabecera *Route* incluye además información de estado específica del S-CSCF. Esta información de estado permitirá al S-CSCF reanudar el procesamiento de la solicitud INVITE en el punto en el que lo dejó tras el envío al MAS. Asimismo, el S-CSCF incluye su propia dirección en una cabecera *Via* y su URI SIP en una cabecera *Record-Route*. Finalmente, la solicitud es enviada al MAS.

El MAS es un B2BUA (*Back-to-Back User Agent*) de SIP, según se define en [RSC⁺02]. Este Servidor de Aplicación permitirá extender las funcionalidades de control de la sesión en IMS al escenario multiusuario, siendo por tanto el auténtico punto central de esta propuesta. Llegados a este punto en el establecimiento de sesión, el MAS realiza, entre otras, las siguientes funciones (en siguientes secciones se provee una descripción detallada de las funcionalidades ofrecidas por el MAS):

- Elimina la primera cabecera *Route*, la cual contiene su propia URI.
- Genera una URI SIP que identifica de forma unívoca la sesión multimedia multiusuario. El contenido de la cabecera *Contact* de la solicitud INVITE se establece a esta nueva URI SIP.
- Asigna una dirección de grupo *multicast* IP a cada componente de información definido en la carga SDP de la solicitud INVITE. De esta manera, cada componente de información es asignado a un grupo *multicast*. Esto permite que diferentes UEs destino con diferentes capacidades acepten y se suscriban a los componentes de información

que soporten y estén dispuestos a aceptar. Cada dirección de grupo *multicast* IP asignada a un componente de información permanecerá reservada para su uso mientras la sesión multimedia permanezca establecida.

- Replica la solicitud INVITE para cada URI SIP especificada en el campo *request URI* de la primera línea de la solicitud INVITE. Para cada nueva solicitud INVITE generada, el campo *request URI* se establece a la URI SIP destino correspondiente (para la cual se genera la nueva solicitud INVITE).
- Para cada solicitud INVITE generada, incluye únicamente una cabecera *Via*, con su propia dirección, y una cabecera *Record-Route*, con su URI SIP. De este modo, el MAS recibirá todas las futuras solicitudes y respuestas SIP (a la solicitud INVITE) originadas en los UEs destino.
- Finalmente, cada solicitud INVITE generada es encaminada al S-CSCF de acuerdo con la cabecera *Route* que contiene.

Tras recibir cada solicitud INVITE, el S-CSCF utiliza la información de estado contenida en la cabecera *Route* de la solicitud, para de este modo reanudar el procesamiento de la misma en el punto posterior al envío de la solicitud original al MAS. Así, se evalúan el resto de Criterios de Filtrado, si los hubiera, pudiendo ser encaminada la solicitud a nuevos Servidores de Aplicación. Finalmente, el S-CSCF envía la solicitud INVITE al subsistema IMS en la red hogar del usuario destino. Para ello, el S-CSCF aplica los procedimientos indicados en [RS02c] a la *request URI* de la solicitud INVITE (llegados a este punto, la solicitud INVITE no contiene ninguna cabecera *Route*), obteniendo como resultado información de direccionamiento de un conjunto de I-CSCFs accesibles en la red hogar de dicho usuario. Finalmente, el S-CSCF envía la solicitud INVITE a uno de estos I-CSCFs.

El I-CSCF necesita obtener la URI SIP del S-CSCF asignado al usuario destino. Durante el proceso de registro, el S-CSCF ha almacenado su propia dirección en el HSS. Puesto que puede haber varios HSSs en la red hogar del usuario destino, el I-CSCF debe consultar al SLF para averiguar qué HSS mantiene la información relacionada con dicho usuario. El I-CSCF consulta entonces al HSS, obteniendo la dirección del S-CSCF asignado al usuario. Finalmente, el I-CSCF actúa en la forma habitual, añadiendo una nueva cabecera *Route* con la URI SIP del S-CSCF asignado al usuario destino e incluyendo una cabecera *Via* con su propia dirección, para de este modo recibir todas las respuestas a la solicitud INVITE. Además, el I-CSCF puede permanecer o no en el camino de futuras solicitudes SIP dentro del diálogo, dependiendo de la configuración requerida por el operador. En el primer caso, el I-CSCF incluye una nueva cabecera *Record-Route* con su propia URI SIP en la solicitud INVITE. En el ejemplo indicado, se supone que el I-CSCF no necesita recibir futuras solicitudes SIP, de modo que no incluye la cabecera *Record-Route*. Tras finalizar el procesamiento de la solicitud INVITE, ésta es enviada al siguiente elemento de red en la ruta, esto es, el S-CSCF.

El S-CSCF, tras recibir la solicitud INVITE, chequea el contenido de la solicitud contra el conjunto de Criterios de Filtrado correspondientes al usuario destino cuya identidad de usuario pública está contenida en la *request URI*. Al igual que en el lado iniciador, como

resultado de este chequeo el S-CSCF puede enviar la solicitud a un conjunto de Servidores de Aplicación. Asimismo, el S-CSCF:

- Elimina la cabecera *Route* que contiene su propia URI SIP.
- Crea una nueva request URI, con la dirección de contacto especificada por el usuario destino durante su procedimiento de registro. Esta dirección de contacto es una URI SIP que incluye la dirección IP o el nombre de dominio del terminal IMS del usuario.
- Incluye su propia URI SIP en una cabecera *Record-Route*, así como su dirección en una cabecera *Via*.
- Durante la fase de registro del usuario destino, el S-CSCF recibe una cabecera *Path* en la solicitud REGISTER, indicando la URI SIP del P-CSCF (y posiblemente del I-CSCF) a través del cual se deben encaminar las solicitudes hacia el terminal IMS del usuario. Ahora, el S-CSCF incluye una nueva cabecera *Route* en la solicitud INVITE con el contenido de la cabecera *Path*. Así, suponiendo que la cabecera *Path* no contiene la URI SIP del I-CSCF, la solicitud INVITE se encamina al P-CSCF que sirve al UE destino.

Finalmente, el P-CSCF del UE destino recibe la solicitud INVITE, elimina la cabecera *Route* (únicamente había una cabecera *Route* con la URI SIP del P-CSCF), añade su URI SIP en una cabecera *Record-Route* y su dirección en una cabecera *Via* y finalmente envía la solicitud al UE destino identificado en la *request URI*.

Tras recibir la solicitud INVITE, el UE destino almacena la URI SIP de la sesión multimedia multiusuario (recibida en la cabecera *Contact*), así como el conjunto de cabeceras *Record-Route* que contiene la solicitud. Estas cabeceras, conjuntamente, forman el camino que será utilizado para transmitir futuras solicitudes SIP dentro del diálogo hacia el MAS. De este modo, todas las solicitudes enviadas desde cualquier UE destino participante en la sesión multimedia pasarán necesariamente por el MAS.

Encaminamiento de la respuesta *Session in Progress*

Tras recibir la solicitud INVITE, cada UE destino responde con un mensaje SIP *Session in Progress* (punto 2 en figura 5.2). Esta respuesta SIP contiene, entre otras cosas, los siguientes elementos de información:

- Una cabecera *Contact*, indicando la URI SIP en la que el UE destino desea recibir futuras solicitudes en el diálogo.
- El conjunto de cabeceras *Record-Route* recibidas en la solicitud INVITE.
- El conjunto de cabeceras *Via* recibidas en la solicitud INVITE.

Cualquier otra respuesta posterior a la solicitud INVITE contendrá el conjunto de cabeceras *Via* que se incluye en la respuesta *Session in Progress*.

Con esta información, la respuesta *Session in Progress* es encaminada hacia el usuario iniciador siguiendo la ruta especificada por las cabeceras *Via*. Cada CSCF que recibe la solicitud elimina la cabecera *Via* que contiene su propia dirección y encamina la solicitud hacia el CSCF indicado en la siguiente cabecera *Via*. De esta manera, la respuesta llega al MAS. Según se explica en el apartado 5.2.3, el MAS espera a recibir todas las respuestas *Session in Progress* a la solicitud INVITE. Con todas estas respuestas, el MAS genera una única respuesta *Session in Progress* que finalmente es enviada al UE iniciador. Para garantizar la consistencia de los procesos de encaminamiento de la señalización SIP, el MAS incluye los siguientes elementos de información en la nueva respuesta *Session in Progress* generada:

- Incluye la URI SIP de la sesión multimedia multiusuario en la cabecera *Contact* de la respuesta.
- Añade una cabecera *Record-Route*, en la que incluye su propia URI SIP. Adicionalmente, añade a continuación el conjunto de cabeceras *Record-Route* contenidas en la solicitud INVITE recibida desde el UE iniciador. De este modo, el conjunto de cabeceras indicado contiene información sobre la ruta entre el MAS y el P-CSCF del UE iniciador.
- Incluye el conjunto de cabeceras *Via* contenidas en la solicitud INVITE recibida desde el UE iniciador. Este conjunto de cabeceras permitirá encaminar la respuesta *Session in Progress* generada desde el MAS hasta el UE iniciador.

Finalmente, tras recibir la respuesta *Session in Progress*, el UE iniciador almacena la URI SIP de la sesión multimedia multiusuario (recibida en la cabecera *Contact*), así como el conjunto de cabeceras *Record-Route* que contiene la respuesta (en orden inverso al recibido). Esta información, como veremos a continuación, será utilizada para encaminar futuras solicitudes SIP enviadas desde el UE iniciador en el contexto de la sesión multimedia multiusuario.

Encaminamiento de futuras solicitudes y respuestas

Si cualquier UE participante en la sesión multimedia multiusuario desea enviar una nueva solicitud SIP (ej. PRACK, UPDATE o BYE), simplemente copia la información contenida en las cabeceras *Record-Route* previamente almacenadas en cabeceras *Route* en la nueva solicitud. Del mismo modo, la cabecera *Contact* almacenada se copia en el campo *request URI* de la solicitud. Con esta información, la solicitud será encaminada apropiadamente hacia su destino, siguiendo estrictamente el camino indicado por el conjunto de cabeceras *Route*.

Cada CSCF en el camino atravesado por la solicitud procesará la solicitud recibida en la forma habitual, eliminando la cabecera *Route* que contiene su propia URI SIP, añadiendo una nueva cabecera *Via* con su propia dirección y enviando la solicitud hacia el siguiente elemento de red indicado por el conjunto de cabeceras *Route*.

En cualquier caso, la solicitud SIP llegará necesariamente al MAS, de acuerdo con la información de encaminamiento indicada por el conjunto de cabeceras *Route*, donde será procesada apropiadamente. El procesamiento de la solicitud puede requerir o no, el envío de nuevas solicitudes a un subconjunto de los UEs participantes en la sesión. Así, por ejemplo, una solicitud PRACK enviada desde el UE iniciador requiere el envío de una nueva solicitud PRACK para cada UE destino participante en la sesión. Por otro lado, una solicitud BYE enviada desde un UE destino, puede no requerir el envío de nuevas solicitudes a otros UEs participantes. En la sección 5.2.2 se describen en detalle los procedimientos empleados por el MAS para la generación de solicitudes SIP que serán enviadas a los UEs participantes en la sesión multimedia multiusuario. Finalmente, la respuesta a cualquier solicitud, ya sea la solicitud enviada desde el UE iniciador, desde el MAS o desde cualquier UE destino, será encaminada por la ruta especificada por el conjunto de cabeceras *Via* incluidas en la propia solicitud.

Criterios de filtrado en el perfil de usuario

Para encaminar la solicitud INVITE al MAS, como parte del proceso de provisión de servicios en el S-CSCF del usuario iniciador, se define el siguiente Criterio de Filtrado:

```
(Method = INVITE) AND (SessionCase = Originating) AND  
(RequestURI CONTIENE varias URIs SIP)
```

De este modo, si la solicitud SIP es una solicitud INVITE, ha sido originada por el usuario servido por el S-CSCF y además contiene varias URIs SIP en el campo *Request-URI*, entonces la solicitud es encaminada a un Servidor de Aplicación específico que proporcionará las funcionalidades indicadas para el MAS. Este enfoque proporciona la ventaja de que es posible restringir la capacidad del usuario para establecer sesiones multimedia multiusuario (ej. permitiendo que acceda al servicio desde un conjunto específico de identidades de usuario públicas). Igualmente, permite asignar diferentes MASs a diferentes usuarios (que mantendrán diferentes identidades de usuario públicas). De este modo, se proporciona un mecanismo que permite repartir la carga asociada con la gestión de sesiones multimedia multiusuario en IMS entre un conjunto de Servidores de Aplicación (esto es, MASs).

5.2.2. Procedimientos específicos de SIP en el MAS

En el apartado anterior se han indicado los principales procedimientos asociados con el encaminamiento de la señalización SIP entre los UEs participantes en la sesión multimedia multiusuario, describiendo dichos procedimientos en cada entidad funcional del plano de control de IMS. En este apartado, se cubren en detalle los procedimientos específicos de SIP que serán implementados por el MAS para la generación de solicitudes y de respuestas. Estos procedimientos proporcionan la base que permite extender en IMS el encaminamiento *peer-to-peer* de la señalización SIP a un escenario compuesto por múltiples UEs.

El MAS es un servidor de aplicación que actúa como un B2BUA (*Back-to-Back User Agent*) de SIP. Según se indica en [RSC⁺02], un B2BUA está formado por un Agente de

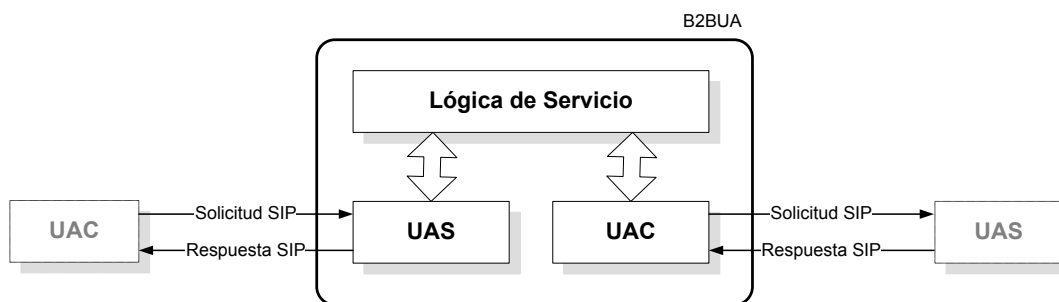


Figura 5.3: Arquitectura funcional de un B2BUA

Usuario Servidor (UAS, *User Agent Server*) y un Agente de Usuario Cliente (UAC, *User Agent Client*). Ambos UAs se encuentran conectados mediante cierta lógica específica del servicio proporcionado por el B2BUA. En la figura 5.3 se muestra la arquitectura funcional de un B2BUA.

Durante el proceso de establecimiento de la sesión IMS, el UAC en el UE iniciador genera una solicitud INVITE (siguiendo los procedimientos especificados en [3rd08e]), la cual es recibida por el componente UAS en el MAS. Dicha solicitud INVITE no está en principio asociada a ningún diálogo SIP (esto es, es una solicitud fuera de diálogo, según se define en [RSC⁺02]). Tras la recepción de este mensaje, la lógica de servicio implementada por el MAS replicará la solicitud INVITE para cada URI SIP contenida en el campo *Request URI* del mensaje original. Cada solicitud INVITE generada incluirá los siguientes cambios con respecto a la solicitud original:

- El campo *Request URI* se establece a la URI SIP correspondiente al usuario destino (leída directamente del campo *Request URI* de la solicitud INVITE original).
- No se incluirán las cabeceras *Via* y *Record-Route* recibidas en la solicitud INVITE original. Dichas cabeceras no son necesarias para el encaminamiento de solicitudes y de respuestas SIP desde cada UE destino hasta el MAS, lo que permite reducir el tamaño de los mensajes SIP a transmitir. Asimismo, se garantiza que todas las solicitudes y respuestas SIP enviadas desde cualquier UE receptor de la solicitud INVITE tienen siempre como destino el MAS, no siendo posible evitar a éste en el camino del mensaje SIP hacia otros UEs participantes.
- El MAS incluye una cabecera *Via* con su propia dirección y una cabecera *Record-Route* con su URI SIP.
- El MAS genera una URI SIP que identifica unívocamente a la sesión multimedia multiusuario. Esta URI SIP se especificará en la cabecera *Contact* de cada mensaje INVITE generado.

Finalmente, cada solicitud INVITE será encaminada hacia el siguiente salto hacia su destino, siendo éste el S-CSCF del usuario iniciador, según se ha comentado previamente.

La funcionalidades de generación y de envío de cada solicitud INVITE son proporcionadas por el componente UAC del MAS.

El UAS en cada UE destino recibe la solicitud INVITE y la procesa de la forma habitual, según se indica en [3rd08e]. De este modo, el UAS genera una respuesta provisional SIP *Session in Progress*, lo que necesariamente resulta en el establecimiento de un diálogo SIP entre el MAS y el UE destino. Esta respuesta SIP contiene, entre otras cosas, los siguientes elementos de información relevantes:

- Una cabecera *Call-ID* y una cabecera *From*, iguales a las contenidas en la solicitud INVITE recibida.
- Una cabecera *To*. En esta cabecera, el UAS incluye la URI contenida en la cabecera *To* de la solicitud INVITE recibida. Adicionalmente, el UAS añade un campo *tag* al contenido de la cabecera *To* de la respuesta, asignando a éste un valor globalmente único, tal y como se indica en [RSC⁺02].
- Una cabecera *CSeq*, igual a la contenida en la solicitud INVITE.
- Una cabecera *Contact*, conteniendo una URI SIP en la que el UE destino desea recibir futuras solicitudes en el diálogo.
- Un conjunto de cabeceras *Via*, leído directamente de la solicitud INVITE recibida y preservando el orden establecido de las URIs en la solicitud.
- Un conjunto de cabeceras *Record-Route*, leído directamente de la solicitud INVITE recibida y preservando el orden establecido de las URIS en la solicitud, así como los parámetros de cada URI.

Finalmente, la respuesta SIP es enviada por el UAS siguiendo la ruta indicada por las cabeceras *Via* hacia el MAS.

Cuando el UAC en el MAS recibe una respuesta SIP *Session in Progress* a una solicitud INVITE, éste procesa la respuesta y genera cierta información de estado asociada con el nuevo diálogo. Esta información de estado se mantiene mientras existe el diálogo y contiene, entre otros, los siguientes elementos de información (véase sección 12 de [RSC⁺02]):

- Identificador del diálogo. Un diálogo SIP es identificado en un UA mediante un identificador de diálogo, el cual consta de tres componentes: un valor *Call-ID*, un *tag* local y un *tag* remoto. El valor *Call-ID* se establece al valor de la cabecera *Call-ID* contenida en la solicitud INVITE enviada al UE destino (la cual coincide con la de la solicitud INVITE original). Análogamente, el *tag* local se establece al valor del campo *tag* en la cabecera *From* de la solicitud enviada al UE destino, mientras que el *tag* remoto se establece al valor del campo *tag* en la cabecera *To* de la respuesta *Session in Progress*.
- Un número de secuencia local, que permite ordenar las solicitudes SIP enviadas dentro del diálogo desde el MAS. Este número de secuencia se establece al valor del número de secuencia contenido en la cabecera *Cseq* de la solicitud INVITE enviada al UE

destino (nótese que el contenido de dicha cabecera *Cseq* coincide con el de la solicitud INVITE original).

- Un número de secuencia remoto, que permite ordenar las solicitudes SIP recibidas dentro del diálogo desde el UE que ha enviado la respuesta *Session in Progress*. Inicialmente, este número de secuencia estará sin asignar, y se establecerá a un valor concreto cuando el UA remoto participante en el diálogo (el UA ejecutándose en el UE destino que envía la respuesta *Session in Progress*) envíe alguna solicitud SIP.
- Una URI local, que se establece a la URI contenida en la cabecera *From* de la solicitud INVITE enviada al UE destino, y una URI remota, que se establece a la URI de la cabecera *To* de la misma solicitud.
- Un destino remoto, que se establece al contenido de la cabecera *Contact* de la respuesta *Session in Progress*.
- Un contexto de encaminamiento. En este contexto se almacenan las URIs SIP contenidas en las cabeceras *Record-Route* de la respuesta *Session in Progress*, tomadas en orden inverso al de la respuesta y preservando todos los parámetros de cada URI. En la generación del contexto de encaminamiento se excluye la URI SIP del MAS.

Por otro lado, según se ha comentado, cuando el MAS recibe todas las respuestas *Session in Progress* desde los UEs destino, éste genera una nueva respuesta *Session in Progress* a la solicitud INVITE original, mediante la funcionalidad asociada con el componente UAS. Esta respuesta se construye del mismo modo que la respuesta SIP *Session in Progress* generada previamente por el UAS en el UE destino. Al igual que en aquel caso, dado que la solicitud INVITE no contiene un campo *tag* en la cabecera *To*, el UAS del MAS debe añadir dicho campo en la cabecera *To* de la respuesta SIP generada. Asimismo, la respuesta *Session in Progress* incluye la URI SIP de la sesión multimedia multiusuario (previamente generada por el MAS) en la cabecera *Contact*. Otra diferencia con respecto al proceso de generación de la respuesta *Session in Progress* en un UE destino, es que el MAS incluye una cabecera *Record-Route* con su propia URI SIP en la respuesta, a la que luego concatena el resto de cabeceras *Record-Route* contenidas en la solicitud INVITE recibida desde el UE iniciador.

Igualmente, la generación de la respuesta *Session in Progress* implica el establecimiento de un nuevo diálogo SIP entre el MAS y el UE iniciador. De nuevo, este diálogo tendrá asociada cierta información de estado en el MAS, la cual se mantiene mientras el diálogo permanezca activo, y contiene entre otros los siguientes elementos de información:

- Identificador del diálogo. El valor *Call-ID* se establece al valor de la cabecera *Call-ID* contenida en la solicitud INVITE. Análogamente, el *tag* local se establece al valor del campo *tag* en la cabecera *To* de la respuesta *Session in Progress* generada, mientras que el *tag* remoto se establece al valor del campo *tag* en la cabecera *From* de la solicitud INVITE.
- Un número de secuencia local, inicialmente sin asignar. Este número será asignado cuando el MAS envíe alguna solicitud SIP al UE iniciador.

- Un número de secuencia remoto, establecido al valor del número de secuencia contenido en la cabecera *Cseq* de la solicitud INVITE.
- Una URI local, que se establece a la URI contenida en la cabecera *To* de la solicitud INVITE, y una URI remota, que se establece a la URI contenida en la cabecera *From* de la misma solicitud.
- Un destino remoto, que se establece al contenido de la cabecera *Contact* de la solicitud INVITE.
- Un contexto de encaminamiento. En este contexto se almacenan las URIs SIP contenidas en las cabeceras *Record-Route* de la solicitud INVITE, preservando el orden establecido de éstas en la solicitud así como los parámetros de cada URI.

Así, el MAS mantiene para cada sesión multimedia multiusuario un conjunto de diálogos SIP, uno de ellos con el UE iniciador y uno con cada UE destino que responde a la solicitud INVITE con una respuesta *Session in Progress*. Este conjunto de diálogos está unívocamente identificado por una URI SIP generada por el MAS, la cual es enviada al UE iniciador en la cabecera *Contact* de la respuesta *Session in Progress*, y a los UEs destino en la cabecera *Contact* de la solicitud INVITE.

Tras la generación de la información de estado asociada con los diálogos, si el componente UAS del MAS recibe una nueva solicitud SIP asociada con una sesión multimedia multiusuario (ej. una solicitud BYE), el MAS procede del siguiente modo:

- Identifica la sesión multimedia multiusuario mediante el campo *Request URI* de la solicitud. Dicho campo contendrá la URI SIP asociada con la sesión multimedia multiusuario.
- Identifica el diálogo con el que se corresponde la solicitud en el contexto de la sesión multimedia. Para ello, el valor *Call-ID* del identificador del diálogo se obtiene del valor de la cabecera *Call-ID* contenida en la solicitud, el *tag* local se obtiene del valor del campo *tag* en la cabecera *To* de la solicitud, mientras que el *tag* remoto se obtiene del valor del campo *tag* en la cabecera *From* de la solicitud.
- En función del diálogo identificado en el contexto de la sesión multimedia, la lógica de servicio del MAS puede decidir generar o no nuevas solicitudes y enviarlas a un subconjunto de los UEs participantes en la sesión. Así, por ejemplo, en el caso de una solicitud BYE, el MAS puede decidir terminar la sesión multimedia multiusuario, generando un nuevo mensaje BYE para cada UE participante.

Si el procesamiento de la solicitud requiere el envío de una nueva solicitud a un UE destino, para la generación de ésta el MAS utiliza la información de estado almacenada para el diálogo que mantiene con el UE destino, así como posiblemente la información contenida en la solicitud original. En concreto, la información de estado asociada con el diálogo soporta los siguientes procedimientos en la generación de la nueva solicitud:

- La URI en la cabecera *To* se establece a la URI remota almacenada en el estado del diálogo. El campo *tag* en la cabecera *To* se establece al *tag* remoto almacenado en el identificador del diálogo (que a su vez forma parte del estado del diálogo).
- La URI en la cabecera *From* se establece a la URI local almacenada en el estado del diálogo. El campo *tag* en la cabecera *From* se establece al *tag* local almacenado en el identificador del diálogo.
- La cabecera *Call-ID* se establece al componente *Call-ID* del identificador del diálogo.
- La cabecera *CSeq* incluye un número de secuencia y una cadena de texto que representa el método de la solicitud (ej. BYE). El número de secuencia se establece de la siguiente manera: si el número de secuencia local contenido en el estado del diálogo mantiene algún valor asignado, dicho valor se incrementa en una unidad y se incluye en la cabecera *CSeq*; por el contrario, si el número de secuencia local no mantiene un valor asignado, se elige un valor inicial, según se indica en [RSC⁺02].
- El campo request URI se establece al destino remoto indicado en el estado del diálogo.
- El contexto de encaminamiento incluido en el estado del diálogo contiene la secuencia de URIs SIP que define el camino que debe seguir la solicitud. Dichas URIs se incluyen en la solicitud mediante un conjunto de cabeceras *Route*, preservando el orden establecido de las URIs SIP en el contexto de encaminamiento e incluyendo todos los parámetros correspondientes a cada URI.

Por otro lado, el MAS incluye una única cabecera *Via* en la solicitud. Esta cabecera contiene obligatoriamente un parámetro *branch*. Este parámetro, según se indica en [RSC⁺02], es un identificador único en el contexto del MAS que permite identificar la transacción SIP creada por la solicitud (el parámetro *branch* siempre comienza con la cadena de texto “z9hG4bK”).

Cuando el MAS recibe una respuesta SIP a alguna solicitud enviada (ej. una respuesta OK a una solicitud BYE), el MAS identifica la solicitud con la que se corresponde la respuesta en base al parámetro *branch* contenido en la primera cabecera *Via* de la respuesta. De acuerdo con los procedimientos de generación de respuestas y de encaminamiento de la señalización SIP, cualquier respuesta recibida a la solicitud SIP enviada contiene obligatoriamente la misma cabecera *Via* que ha sido incluida en la solicitud. De este modo, el parámetro *branch* proporciona una asociación unívoca entre solicitudes y respuestas.

Finalmente, la funcionalidad UAS del MAS debe generar una respuesta SIP a cada solicitud recibida. Si la recepción de la solicitud ha implicado el envío de nuevas solicitudes hacia otros UEs participantes, el contenido de la respuesta puede o no ser generado en base al contenido de las respuestas recibidas. En cualquier caso, la respuesta generada incluye, entre otros, los siguientes elementos de información:

- Una cabecera *Call-ID*, una cabecera *From* y una cabecera *To*, iguales a las contenidas en la solicitud recibida.

- Una cabecera *Cseq*, igual a la incluida en la solicitud.
- Un conjunto de cabeceras *Via* igual al conjunto de cabeceras *Via* presentes en la solicitud, preservando el orden de éstas en la solicitud original.

Como parte del procesamiento de la solicitud original, el UAS en el MAS actualiza el número de secuencia remoto, contenido en el estado del diálogo, de acuerdo con el valor del número de secuencia en la cabecera *CSeq* de la solicitud (véase [RSC⁺02]).

En este apartado se han descrito los procedimientos específicos de SIP en el MAS para la generación de solicitudes y de respuestas. Dichos procedimientos, gobernados por la lógica de servicio del MAS, proporcionan el soporte básico que permite extender los procedimientos de control de la sesión a múltiples UEs. En los siguientes apartados se describirán en mayor detalle el resto de procesos relacionados con el establecimiento de la sesión multimedia multiusuario, cubriendo principalmente los aspectos relacionados con la negociación de los parámetros asociados con la sesión, con los procedimientos de reserva de recursos y con los procesos de notificación de cambios en la sesión a los UEs participantes.

5.2.3. Negociación de la descripción de la sesión

Durante el proceso de establecimiento de la sesión multimedia multiusuario, los UEs participantes en la misma deben alcanzar un acuerdo sobre la descripción de los diferentes componentes de información (ej. audio o vídeo) que intercambiarán en el transcurso de ésta. Para ello, en IMS se utiliza el protocolo SDP [HJP06] y el modelo Oferta/Respuesta de SDP [RS02a]. En este apartado se detalla una propuesta que, partiendo de la base proporcionada por la especificación [RS02a] del IETF, permite negociar la descripción de la sesión multimedia en el contexto multiusuario considerado en este trabajo. Esta propuesta se esquematiza en 5.4 y se detalla a continuación:

- El UE iniciador incluye una oferta SDP en la solicitud INVITE inicial, la cual es a su vez incluida en cada solicitud INVITE enviada a cada UE destino. Esta oferta describe, principalmente, el conjunto de componentes de información que el usuario iniciador desea intercambiar en la sesión multimedia multiusuario, incluyendo una sección encabezada por una línea “m=” para cada componente de información. Se incluyen, en la descripción de cada componente:
 - El conjunto de formatos (ej. *codecs*) soportados en el lado iniciador.
 - Una línea “b=”, en la que el UE iniciador indica el ancho de banda máximo propuesto para el componente de información.
 - Cierta información de direccionamiento (esto es, el puerto de transporte al que se transmitirá el componente de información *multicast*).

A su vez, el MAS modifica la oferta SDP, incluyendo en la descripción de cada componente de información una línea “c=” con la dirección del grupo *multicast* IP que le ha sido asignado.

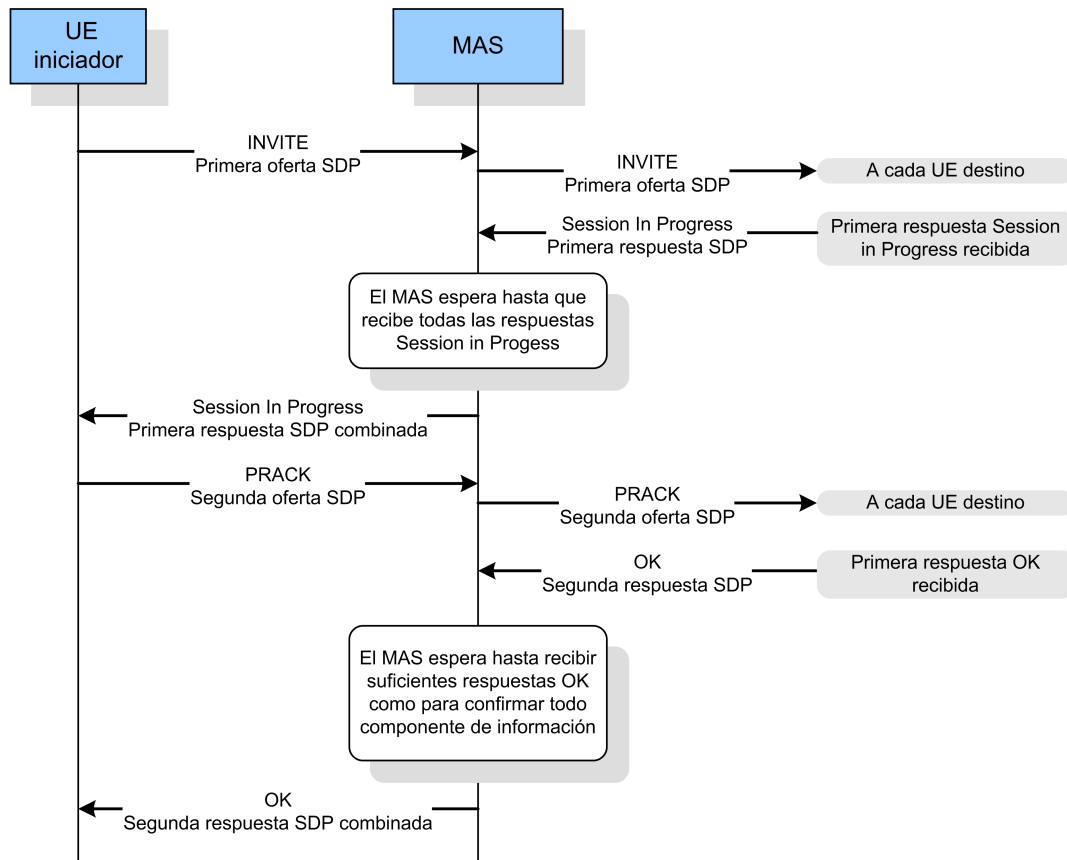


Figura 5.4: Proceso de negociación de la descripción de la sesión

- Cada UE destino responde a la oferta con una primera respuesta SDP, que incluye en una respuesta de SIP *Session in Progress*. En la respuesta SDP el UE destino puede descartar algún componente de información ofertado, estableciendo a cero en la respuesta el número de puerto contenido en la línea “m=” del componente. Para cada componente de información aceptado, el UE destino:
 - Indica en la respuesta SDP el subconjunto de formatos (ej. *codecs*) soportados del conjunto formado por los presentes en la oferta.
 - Incluye en la respuesta SDP una línea “b=”, con el mismo contenido que el de la línea “b=” de la oferta SDP (esto es, especificando el mismo valor de ancho de banda máximo propuesto).
 - Incluye en la respuesta SDP una línea “c=” con el mismo contenido que el de la línea “c=” de la oferta SDP (esto es, especificando la misma dirección de grupo *multicast IP*).
 - Establece en la respuesta SDP el número de puerto contenido en la línea “m=” del componente de información al mismo valor que el de la línea “m=” correspondiente en la oferta SDP.

- Las respuestas *Session in Progress* son encaminadas hacia el MAS. Cuando éste recibe todas las respuestas, genera una nueva respuesta *Session in Progress* para la solicitud *INVITE* inicial recibida desde el UE iniciador. Esta respuesta SIP contiene una nueva respuesta SDP, formada mediante la combinación de las distintas respuestas SDP recibidas desde los UEs destino, que es generada de acuerdo con el siguiente procedimiento:
 - Para cada componente de información presente en la oferta SDP, si ninguna respuesta SDP acepta el componente de información entonces éste es descartado en la respuesta SDP combinada, estableciéndose a cero el número de puerto contenido en la línea “m=” del componente. En caso contrario, el componente de información es aceptado en la respuesta SDP combinada.
 - Para cada componente de información aceptado, el MAS deriva los formatos (ej. *codecs*) que estarán presentes en la respuesta SDP combinada. Así, únicamente aquellos formatos que han sido aceptados por todos los UEs destino que a su vez han aceptado el componente de información serán incluidos en la respuesta. Si no existen formatos en común para un determinado componente de información, éste es descartado en la respuesta SDP combinada.
 - Finalmente, para cada componente de información aceptado el MAS incluye en la respuesta SDP combinada una línea “b=” (con el mismo contenido que el de la línea “b=” presente en la oferta SDP recibida desde el UE iniciador) y una línea “c=” (con la dirección de grupo *multicast IP* asignada al componente de información por el MAS). Igualmente, establece el número de puerto contenido en la línea “m=” del componente en la respuesta SDP combinada al mismo valor que el de la línea “m=” que le corresponde en la oferta SDP recibida desde el UE iniciador.

El MAS esperará un cierto tiempo, T_{S-PROG} , para recibir todas las respuestas *Session in Progress*. Vencido este tiempo, el MAS generará la nueva respuesta *Session in Progress* con las respuestas recibidas hasta ese momento. Los UEs destino desde los que no se ha recibido respuesta serán eliminados por el MAS del conjunto de UEs participantes, de modo que no participarán en los procesos posteriores de señalización asociados con la sesión multimedia multiusuario.

- Tras recibir la respuesta *Session in Progress* conteniendo la respuesta SDP combinada, el UE iniciador genera una segunda oferta SDP, de acuerdo con los siguientes procedimientos:
 - Para cada componente de información aceptado en la respuesta SDP recibida se selecciona un único formato (ej. *codec*) de entre los contenidos en la respuesta. Cada componente aceptado se incluye en la oferta SDP con el formato seleccionado. Por otro lado, la descripción de cada uno de estos componentes incluye una línea “b=”, en la que el UE iniciador indica el ancho de banda máximo propuesto para el componente de información (nótese que este valor puede diferir del contenido en la primera oferta SDP), y una línea “c=”, en la que el UE iniciador indica la dirección de grupo *multicast* IP asignada por el MAS al componente de información. El puerto especificado en la línea “m=” de cada componente ofertado no cambia con respecto al indicado en la primera oferta SDP.
 - Cada componente de información descartado en la respuesta SDP es descartado en la oferta SDP, estableciéndose a cero el número de puerto contenido en la línea “m=” del componente.

Finalmente, el UE iniciador envía la segunda oferta SDP en una solicitud PRACK de SIP hacia el MAS (punto 3 en figuras 5.1 y 5.2). De este modo, la selección de un único formato por componente de información implica un segundo intercambio Oferta/Respuesta de SDP. Este segundo intercambio es necesario puesto que, en caso de seleccionar varios formatos para un componente, la reserva de recursos se realizaría de acuerdo con los requisitos impuestos por el formato más restrictivo, pudiendo ser otro formato el finalmente utilizado.

- Tras la recepción de la solicitud PRACK, el MAS genera para cada UE destino participante en la sesión una nueva solicitud PRACK, siguiendo los procedimientos explicados en la sección anterior. Cada solicitud PRACK generada incluye una segunda oferta SDP, la cual se construye independientemente para cada UE destino mediante el siguiente esquema:
 - Un componente de información será propuesto en la segunda oferta SDP si, y sólo si, ha sido aceptado en la respuesta SDP recibida del UE destino y además ha sido propuesto en la segunda oferta SDP recibida del UE iniciador. Si es propuesto, el componente de información tendrá asociado un único formato (ej. *codec*), que es el indicado en la segunda oferta SDP enviada por el UE iniciador.
 - En cualquier otro caso, el componente de información es descartado, estableciéndose el puerto que le corresponde a cero en la segunda oferta SDP.

- Finalmente, la descripción de cada componente de información no descartado en la segunda oferta SDP incluye una línea “b=” y una línea “c=”, conteniendo ambas los valores indicados en la segunda oferta SDP recibida desde el UE iniciador. El puerto especificado en la línea “m=” de cada componente propuesto no cambia con respecto al indicado para el componente en la segunda oferta SDP enviada por el UE iniciador.
- Cada UE destino recibirá la solicitud PRACK, conteniendo la segunda oferta SDP. Finalmente, cada UE acepta la segunda oferta y envía una confirmación mediante una segunda respuesta SDP que se incluye en una respuesta OK de SIP a la solicitud PRACK (punto 4 en figuras 5.1 y 5.2). Esta segunda respuesta SDP se construye independientemente en cada UE destino atendiendo a los siguientes procedimientos:
 - Cada componente de información no descartado en la oferta es aceptado en la respuesta, junto con el formato (ej. *codec*) ofertado.
 - Cada componente de información descartado en la oferta es descartado en la respuesta, estableciéndose a cero su puerto correspondiente.
 - Finalmente, para cada componente de información aceptado se incluye una línea “b=” y una línea “c=”, cuyos valores son los mismos que se indican para el componente en la segunda oferta SDP recibida. Del mismo modo, el puerto indicado en la línea “m=” para cada componente de información aceptado es el mismo que el especificado para cada componente en la segunda oferta SDP.
- Finalmente, las respuestas OK a las solicitudes PRACK son recibidas en el MAS, conteniendo cada una de ellas una respuesta SDP. El MAS espera hasta que recibe suficientes respuestas SDP como para garantizar que todo componente de información no descartado por el UE iniciador en la segunda oferta SDP es aceptado por al menos un UE destino. Cuando esto ocurre, el MAS genera una nueva respuesta SDP combinada siguiendo los siguientes procedimientos:
 - Cada componente de información no descartado en la segunda oferta SDP enviada por el UE iniciador es aceptado en la respuesta, junto con el formato (ej. *codec*) ofertado.
 - Cada componente de información descartado en la segunda oferta SDP enviada por el UE iniciador es descartado en la respuesta, estableciéndose a cero su puerto correspondiente.
 - Para cada componente de información aceptado, se incluye una línea “b=” y una línea “c=”, cuyos valores son los mismos que se han indicado previamente para el componente en la segunda oferta SDP enviada desde el UE iniciador. Igualmente, el puerto contenido en la línea “m=” de cada componente de información aceptado es el mismo que el que le corresponde al componente en dicha oferta SDP.

Finalmente, el MAS envía la respuesta SDP combinada en una respuesta OK de SIP hacia el UE iniciador. Si tras un cierto tiempo predeterminado, $T_{OK(PRACK)}$, el MAS

no ha recibido las respuestas OK suficientes como para confirmar todos los componentes de información no descartados por el UE iniciador, se asume que el camino de comunicación con los UEs destino que aceptaron los componentes de información no confirmados ya no se encuentra disponible, y la respuesta SDP combinada descarta dichos componentes estableciéndose a cero sus puertos correspondientes. Asimismo, dicho conjunto de UEs destino es eliminado por el MAS del conjunto de UEs participantes, de modo que éstos no participarán en los futuros procesos de señalización asociados con la sesión multimedia multiusuario.

Una posible mejora sobre este esquema, en caso de que el conjunto de *codecs* en común para un determinado componente de información sea nulo al evaluar la primera respuesta SDP combinada, consistiría en seleccionar el subconjunto de *codecs* que permita maximizar el número de UEs destino que puedan participar en el intercambio del componente. Otra solución, de mayor complejidad, sería introducir facilidades de transcodificación en el plano de usuario.

Direccionalidad de los componentes de información

Cada componente de información descrito en una oferta o respuesta SDP tiene asociado siempre cierta información de direccionalidad, indicando si desde el punto de vista del UE que ha generado la carga SDP el tráfico de datos del componente va a ser enviado, recibido o enviado y recibido (adicionalmente se puede describir un componente de información como inactivo, indicando que a priori no existe tráfico de datos asociado con el componente). En la especificación del protocolo SDP [HJP06] se definen los siguientes atributos de direccionalidad:

a=recvonly

La direccionalidad del componente de información al que se aplica es de sólo recepción donde sea aplicable la descripción SDP del componente. Nótese que la direccionalidad expresada concierne únicamente al tráfico de datos asociado con el componente de información. Así, en el caso de un sistema basado en RTP en modo *recvonly* el tráfico de control RTCP no está sujeto a la restricción de direccionalidad expresada por el atributo, de modo que podrá ser enviado y recibido.

a=sendonly

La direccionalidad del componente de información al que se aplica es de sólo envío donde sea aplicable la descripción SDP del componente. Igualmente, la direccionalidad expresada es únicamente aplicable al tráfico de datos asociado con el componente.

a=sendrecv

La direccionalidad del componente de información al que se aplica es de envío y recepción donde sea aplicable la descripción SDP del componente.

Según se indica en la especificación del modelo Oferta/Respuesta de SDP [RS02a], si una oferta SDP contiene la descripción de un componente de información *multicast* en el

que se indica un atributo de direccionalidad *recvonly* (*sendonly*), ello quiere decir que todos los participantes en la sesión únicamente podrán recibir (enviar) el tráfico de datos correspondiente al componente de información, incluido el UE iniciador. Esto es así, puesto que se parte del supuesto de que todos los participantes en una sesión *multicast* necesitan tener una visión equivalente de los parámetros de la sesión. No ocurre lo mismo, sin embargo, cuando el componente de información es *unicast*. En tal caso, un atributo de direccionalidad indica la dirección del tráfico de datos asociado con el componente entre el ofertante y el receptor de la oferta. Así, por ejemplo, un atributo de direccionalidad *recvonly* (*sendonly*), contenido en la descripción de un componente de información de una oferta SDP, indica que el tráfico de datos correspondiente al componente será transmitido (recibido) por el receptor de la oferta SDP y será recibido (transmitido) por el ofertante.

Por otro lado, en este capítulo se extienden los procedimientos de control de sesión en IMS para posibilitar el establecimiento de sesiones multimedia multiusuario. Sobre la base de una sesión establecida será posible implementar servicios *peer-to-peer* involucrando a múltiples usuarios, basados en el intercambio directo de información en el plano de usuario mediante el empleo de tecnologías de transmisión *multicast* a nivel de red. En este contexto, es posible que la ejecución del servicio requiera establecer una sesión multimedia multiusuario en la que el UE iniciador de la sesión pueda transmitir un componente de información *multicast* (ej. audio o vídeo) unidireccional al resto de UEs participantes. En tal caso, no será posible mantener una visión única de los parámetros de la sesión multimedia entre todos los UEs participantes en la sesión, puesto que el tráfico de datos asociado con el componente será transmitido desde un UE y será recibido por el resto de ellos.

Teniendo en consideración lo anteriormente expuesto, en el presente trabajo se consideran los siguientes atributos de direccionalidad para un componente de información *multicast* incluido en cualquier oferta SDP generada por el UE iniciador:

- *a=sendonly*
En este caso, el tráfico de datos asociado con el componente de información será enviado desde el UE que genera la oferta SDP al resto de UEs participantes en la sesión, mediante el empleo de tecnologías de transmisión *multicast* a nivel de red.
- *a=sendrecv*
En este caso, el tráfico de datos asociado con el componente de información podrá ser enviado y recibido por cualquier UE participante en la sesión. La transmisión del tráfico de datos desde cada UE se realizará mediante el empleo de tecnologías de transmisión *multicast* a nivel de red.

El atributo de direccionalidad *recvonly* no se incluye en el listado anterior, puesto que la presencia de dicho atributo en la descripción de un componente de información en una oferta SDP implicaría, en el caso de un servicio *peer-to-peer*, que el tráfico de datos asociado con el componente sería transmitido desde cada UE destino que recibe la oferta SDP hacia el UE iniciador que la envía, y para ello no se requiere un servicio de entrega *multicast*.

Por otro lado, a la hora de generar una oferta SDP para un UE destino (esto es, tras la recepción en el MAS de una oferta SDP desde el UE iniciador), para cada componente de

información propuesto en la nueva oferta SDP el MAS incluye el atributo de direccionalidad que se indica para el componente en la oferta SDP recibida desde el UE iniciador.

En el proceso de generación de una respuesta SDP, ya sea por parte de un UE destino o por parte del MAS, los atributos de direccionalidad se establecerán para cada componente de información aceptado atendiendo a los siguientes procedimientos:

- Si el atributo de direccionalidad asociado con el componente de información en la oferta SDP era *sendonly*, la respuesta SDP incluye un atributo de direccionalidad *recvonly* en la descripción del componente.
- Si el atributo de direccionalidad asociado con el componente de información en la oferta SDP era *sendrecv*, la respuesta SDP incluye un atributo de direccionalidad *sendrecv* en la descripción del componente.

Finalmente, el UE iniciador no cambia la direccionalidad de los componentes de información propuestos en la segunda oferta SDP con respecto a la direccionalidad especificada para dichos componentes en la primera.

De este modo, en el caso que nos ocupa (desarrollo de servicios *peer-to-peer*), el atributo de direccionalidad indicado para cada componente de información *multicast* en la carga SDP especifica la dirección del tráfico de datos asociado con el componente entre los UEs participantes. Esta dirección puede ser desde el UE iniciador hacia los UEs destino (en caso de que el atributo de direccionalidad en la oferta SDP sea *sendonly*), o bien desde cada UE participante al resto de UEs participantes (en caso de que el atributo de direccionalidad en la oferta SDP sea *sendrecv*). Esta es una diferencia fundamental con respecto a la especificación del modelo Oferta/Respuesta de SDP [RS02a] en el que, como se ha comentado, se mantiene una visión global de la descripción de cada componente de información *multicast* que es compartida entre todos los UEs participantes en la sesión. Así, por ejemplo, un atributo de direccionalidad *sendonly* en la descripción de un componente de información *multicast* de una oferta SDP implica que todos los UEs participantes pueden únicamente transmitir el tráfico de datos asociado con dicho componente.

Procedimientos relacionados con la fiabilidad de respuestas provisionales en el MAS

De acuerdo con lo visto hasta ahora, cada UE destino incluye la respuesta a la primera oferta SDP en una respuesta provisional de SIP *Session in Progress*. Sin embargo, dado que ésta es una respuesta provisional, su envío no se realiza a priori de manera fiable. Para solventar este problema, en IMS se utiliza una extensión de SIP, definida por el IETF en [RS02b], que soporta el envío fiable de respuestas provisionales. De acuerdo con el perfil de SIP del 3GPP, definido en [3rd08e], el soporte de esta extensión es obligatorio en un UA si éste soporta la capacidad de iniciar sesiones en las que se requiere reserva de recursos local y/o remota. Dado que en el escenario considerado en este capítulo se asume una red de acceso UMTS, el proceso de establecimiento de sesión requiere necesariamente la reserva de recursos, lo que implica el soporte de esta extensión en los UEs. En esta sección se detallan

los procedimientos asociados con esta extensión que deberán ser implementados en el MAS para garantizar la fiabilidad de las respuestas provisionales en el escenario multiusuario.

Así, en primer lugar, el UE iniciador incluye en una cabecera *Supported* de la solicitud INVITE inicial la opción *100rel*, indicando de esta manera el soporte de la extensión de fiabilidad de respuestas provisionales en SIP. A continuación, se muestra un ejemplo de dicha solicitud INVITE:

```
INVITE sip:usuario-destino1@dominio1.es,  
sip:usuario-destino2@dominio2.es SIP/2.0  
From: <sip:usuario-iniciador@dominio.es>;tag=hs24k  
To: <sip:grupo@dominio.es>  
Call-ID: 4rT10hg1  
CSeq: 1000 INVITE  
Supported: 100rel
```

La cabecera *Supported*, de acuerdo con los procedimientos indicados en la sección 5.2.2, se incluye en la solicitud INVITE enviada a cada UE destino. Cada respuesta *Session in Progress* recibida por la funcionalidad UAC del MAS incluye, en relación con el envío fiable de respuestas provisionales, los siguientes elementos de información:

- Una cabecera *Require*, en la que se indica la opción *100rel*. Esta cabecera indica al MAS que la respuesta provisional debe ser enviada de manera fiable.
- Una cabecera *RSeq*, conteniendo un valor numérico que identifica a la respuesta provisional fiable dentro de la transacción SIP correspondiente a la solicitud INVITE enviada hacia el UE destino.

De acuerdo con [RS02b], para cada respuesta *Session in Progress* recibida, la funcionalidad UAC del MAS debe crear una nueva solicitud PRACK que permita confirmar la recepción de la respuesta provisional. Sin embargo, dado que esta solicitud PRACK contendrá la segunda oferta SDP que se envía al UE destino, su generación se retrasará hasta la recepción de la segunda oferta SDP desde el UE iniciador (esta oferta, como se ha indicado previamente, es utilizada en la generación de la oferta que finalmente se manda al UE destino). Asimismo, la funcionalidad UAC del MAS debe descartar las retransmisiones de cada respuesta provisional *Session in Progress* recibida. Para ello, la funcionalidad UAC en el MAS mantendrá para cada solicitud INVITE enviada un número de secuencia indicando la última respuesta provisional fiable recibida en orden para dicha solicitud. El número de secuencia asociado con una solicitud INVITE se inicializa al valor de la cabecera *Rseq* recibida en la respuesta *Session in Progress* correspondiente a la solicitud.

Tras la recepción de todas las respuestas *Session in Progress*, la funcionalidad UAS del MAS responde a la solicitud INVITE recibida del UE iniciador con una nueva respuesta *Session in Progress*. Esta respuesta incluye, en relación con el envío fiable de respuestas provisionales, los siguientes elementos de información:

- Una cabecera *Require*, en la que se indica la opción *100rel*. Esta cabecera indica al UE iniciador que la respuesta provisional debe ser enviada de manera fiable.
- Una cabecera *RSeq*, conteniendo un valor numérico que identifica a la respuesta provisional fiable dentro de la transacción SIP correspondiente a la solicitud INVITE enviada por el UE iniciador. Dicho valor numérico se asigna atendiendo a los procedimientos especificados en [RS02b].

Dado que la respuesta *Session in Progress* es una respuesta provisional fiable, de acuerdo con [RS02b] la funcionalidad UAS del MAS la retransmitirá periódicamente, con un intervalo temporal de un cierto valor inicial cuyo valor se dobla en cada retransmisión. Siguiendo con el ejemplo anterior, a continuación se indica el contenido de la respuesta *Session in Progress*:

```
SIP/2.0 183 Session in Progress
From: <sip:usuario-iniciador@dominio.es>;tag=hs24k
To: <sip:grupo@dominio.es>;tag=jz2k9
Call-ID: 4rTl0hg1
CSeq: 1000 INVITE
Require: 100rel
RSeq: 1976
```

Finalmente, el UE iniciador confirma la recepción de la respuesta *Session in Progress* con una solicitud PRACK, la cual es recibida por la funcionalidad UAS del MAS. Dicha solicitud contiene, en relación al envío fiable de respuestas provisionales, una cabecera *RAck*, en la que se identifica la respuesta provisional confirmada. En el ejemplo propuesto, el contenido de la solicitud PRACK es el siguiente:

```
PRACK sip:id-session@dominio.es SIP/2.0
From: <sip:usuario-iniciador@dominio.es>;tag=hs24k
To: <sip:grupo@dominio.es>;tag=jz2k9
Call-ID: 4rTl0hg1
CSeq: 1001 PRACK
RAck: 1976 1000 INVITE
```

Así, la solicitud *PRACK* confirma la recepción de la respuesta *Session in Progress* enviada desde el MAS al UE iniciador, indicando explícitamente en la cabecera *RAck* los valores de las cabeceras *RSeq* y *CSeq* previamente contenidos en la respuesta (ambas cabeceras conjuntamente identifican de manera unívoca, dentro del diálogo establecido con el UE iniciador, a la respuesta provisional fiable confirmada). Tras la recepción del PRACK enviado desde el UE iniciador, la funcionalidad UAS del MAS cesa la retransmisión de la respuesta provisional fiable *Session in Progress*. Por otro lado, la funcionalidad UAC del MAS confirma la recepción de cada *Session in Progress* recibido con una nueva solicitud PRACK. A su vez, cada solicitud PRACK contendrá su propia cabecera *RAck*, establecida al contenido de las cabeceras *RSeq* y *CSeq* previamente recibidas en la respuesta *Session in Progress* que

se desea confirmar. Igualmente, y según se ha indicado previamente, cada solicitud PRACK incluye la segunda oferta SDP que se envía a cada UE destino.

Finalmente, la solicitud PRACK es respondida desde cada UE destino con una respuesta final OK, conteniendo la segunda respuesta SDP del UE destino. Por otro lado, según se ha argumentado anteriormente, la generación de la respuesta OK a la solicitud PRACK que envía el UE iniciador se retrasa en el MAS hasta recibir suficientes respuestas OK como para confirmar todos los componentes de información ofertados en la carga SDP de la solicitud PRACK. La carga SDP contenida en la respuesta OK que se envía al UE iniciador se construye de acuerdo con los procedimientos detallados en la sección 5.2.3.

5.2.4. Configuración del transporte *multicast* IP con QoS

Una vez ha concluido el proceso de negociación de la descripción de la sesión, los UEs participantes en la misma han acordado los distintos parámetros asociados con los componentes de información que serán intercambiados. Así, como resultado de este proceso, cada UE obtiene los parámetros que describen cada componente de información en cuyo intercambio participará, por ejemplo el ancho de banda máximo asignado al componente, su direccionalidad o la información de direccionamiento asociada con éste (ej. la dirección de grupo *multicast* IP y el puerto de transporte que serán utilizados en la transmisión del tráfico de datos).

Ahora, cada UE debe activar los contextos PDP necesarios para transportar el tráfico asociado con cada componente de información en cuyo intercambio va a participar. Dichos contextos PDP no sólo soportarán la transmisión del tráfico correspondiente a los distintos componentes de información en el plano de usuario, entre el UE y su GGSN correspondiente, sino que además permitirán garantizar la provisión de la QoS requerida para los distintos componentes. Así, este proceso de activación de contextos PDP es en realidad un proceso de reserva de recursos, y es iniciado por cada UE por separado. En concreto, será comenzado por el UE iniciador tras el envío de la solicitud PRACK; análogamente, será iniciado en cada UE destino tras enviar la respuesta OK a la solicitud PRACK recibida.

Para garantizar un uso eficiente de los recursos de QoS disponibles en la red de acceso, se propone la siguiente asignación de contextos PDP en cada UE para cada componente de información:

- Un contexto PDP secundario, para la transmisión del tráfico asociado con el componente de información en la dirección de subida (esto es, desde el UE hacia el GGSN).
- Un contexto PDP compartido, para la transmisión del tráfico asociado con el componente de información en la dirección de bajada (esto es, desde el GGSN hacia el UE). Este contexto PDP sería compartido entre todos los UEs participantes en la sesión que, siendo servidos por el mismo GGSN, procedieran a su activación. Este contexto compartido podría ser implementado mediante un servicio portador MBMS². De

²A tal efecto, sería necesario cubrir las carencias de MBMS en la provisión de servicios multiusuario que han sido identificadas en el capítulo 2

este modo, la transmisión del tráfico *multicast* asociado con un componente de información se realizaría de manera eficiente en la dirección de bajada, esto es, entre los GGSNs y los UEs, mediante el empleo de túneles GTP compartidos y de portadoras radio punto a punto y/o punto a multipunto.

Así, el esquema propuesto proporciona una reserva eficiente de recursos de QoS para la sesión multimedia multiusuario, puesto que:

- Dado que cada UE realiza una reserva de recursos independiente para cada componente de información, basada en la activación de contextos PDP, éste puede reservar los recursos de QoS que realmente son necesarios para la apropiada entrega de los componentes en cuyo intercambio va a participar, no siendo necesario reservar recursos de QoS para los componentes de información no acordados con el UE.
- Por otro lado, para cada componente de información un UE reserva los recursos de QoS estrictamente necesarios, estableciendo a lo sumo un único contexto PDP secundario (para la transmisión del tráfico asociado con el componente en la dirección de subida) y/o un único contexto PDP compartido (que soportará la transmisión eficiente del tráfico asociado con el componente en la dirección de bajada). El establecimiento de este contexto PDP compartido permitiría proveer una reserva adecuada de los recursos de QoS en el plano de usuario, entre el GGSN con el que se establece y el conjunto de UEs participantes en la sesión que, siendo servidos por éste, activasen el contexto compartido.

Sin embargo, el proceso de activación de un contexto PDP puede fallar, por ejemplo porque no hay disponibles suficientes recursos en la red de acceso radio del UE como para satisfacer las demandas de QoS asociadas con el contexto. Esto implica que, hasta que la reserva de recursos haya finalizado con éxito, no se puede garantizar el establecimiento de la sesión multimedia multiusuario. En general, podemos decir que, en un entorno multiusuario, el proceso de activación de los contextos PDP debe concluir con éxito en el UE iniciador y en un UE destino antes de que dicho UE destino alerte a su usuario correspondiente sobre la sesión entrante (esto es, antes de que se produzca el envío de la respuesta RINGING de SIP a la solicitud INVITE). Esto es así, puesto que si el UE destino no concluye con éxito el proceso de reserva de recursos no podrá participar en la sesión multimedia multiusuario. Igualmente, si dicho proceso fracasa en el UE iniciador, dado que éste es el UE que gestiona la evolución del proceso de establecimiento de la sesión, ésta no será finalmente establecida (el establecimiento de la misma será cancelado por el UE iniciador, como veremos en el apartado 5.3). Así, esta restricción garantiza que cuando un usuario destino es alertado por su UE correspondiente, ya se ha realizado una reserva de recursos apropiada extremo a extremo entre el UE iniciador y el UE destino. Esto permite asegurar que la sesión puede ser establecida al menos entre ambos UEs.

En el escenario de establecimiento de sesiones uno-a-uno, considerado hasta ahora en las especificaciones de IMS desarrolladas por el 3GPP, esta restricción se impone igualmente, y para garantizar su cumplimiento se utiliza una extensión de SIP, definida por el IETF

en [CMR02] y [CK05], que permite integrar los procedimientos de reserva de recursos en la ejecución del protocolo SIP. De acuerdo con el perfil de SIP del 3GPP, definido en [3rd08e], el soporte de esta extensión es obligatorio en un UA si éste soporta la capacidad de iniciar sesiones en las que se requiere reserva de recursos local y/o remota. En [3rd08e] se describe cómo dicha extensión es utilizada en el proceso de establecimiento de sesiones uno-a-uno en IMS. En el resto de esta sección se detalla cómo esta extensión será aplicada en el entorno multiusuario, haciendo especial énfasis en los procedimientos ejecutados en el MAS.

Precondiciones en la negociación de la descripción de la sesión

La extensión propuesta en los documentos anteriormente citados ([CMR02] y [CK05]) consiste en la introducción de cierta información denominada precondiciones en la carga SDP. Esta información describirá las restricciones de QoS que deben cumplirse para cada componente de información como paso previo al establecimiento de la sesión. De este modo, el establecimiento de la sesión se suspenderá mientras no se verifiquen las restricciones de QoS con carácter obligatorio impuestas por las precondiciones. Así, a la hora de establecer una sesión multimedia multiusuario, el UE iniciador incluirá en la oferta SDP de la solicitud INVITE cierta información relacionada con precondiciones para cada componente de información (nótese que la reserva de recursos de QoS no ha sido todavía realizada por el UE iniciador para ningún componente de información).

A modo de ejemplo, supongamos que el UE iniciador desea establecer una conferencia de audio con varios UEs destino. Dicha conferencia se construye sobre la base de una sesión multimedia multiusuario que consiste en un único componente de información de audio bidireccional. El UE iniciador debe ejecutar el procedimiento indicado de reserva de recursos como paso previo al establecimiento de la sesión multimedia multiusuario. Dicha sesión podrá ser finalmente establecida entre el UE iniciador y un UE destino cuando el UE destino también concluya satisfactoriamente el procedimiento de reserva de recursos. En el ejemplo, la oferta SDP enviada por el UE iniciador en la solicitud INVITE es la siguiente (por simplicidad se muestra únicamente la información correspondiente al componente de información de audio):

```
m=audio 7000 RTP/AVP 0 97
a=rtpmap:0 PCMU
a=rtpmap:97 AMR-WB
a=sendrecv
a=curr:qos local none
a=curr:qos remote none
a=des:qos mandatory local sendrecv
a=des:qos optional remote sendrecv
```

En la oferta SDP podemos ver los siguientes atributos relacionados con las precondiciones (indicados en negrita):

```
a=curr:qos local none
```

Este atributo indica que los recursos de QoS no han sido reservados todavía (*none*) en la red de acceso del UE iniciador (*local*).

a=des:qos mandatory local sendrecv

Este elemento de información indica una precondition que debe cumplirse obligatoriamente (*mandatory*) como paso previo al establecimiento de la sesión. En concreto, indica que los recursos de QoS deben ser obligatoriamente reservados en la red de acceso del UE iniciador (*local*), en las direcciones de subida y bajada (*sendrecv*). En línea con la especificación [3rd08e] para sesiones uno-a-uno, las preconditiones de QoS tendrán carácter obligatorio en el segmento local (red de acceso del UE que genera la oferta SDP) para todos los componentes de información de la oferta SDP.

a=curr:qos remote none

Dado que el UE iniciador no dispone a priori de información sobre el estado de la reserva de recursos en el lado remoto, el UE indica mediante este atributo que los recursos de QoS todavía no han sido reservados *none* en la red de acceso del UE destino (*remote*) de la oferta SDP.

a=des:qos optional remote sendrecv

Este atributo define una precondition cuyo cumplimiento es opcional (*optional*) como paso previo al establecimiento de la sesión. En concreto, la precondition indica que el UE destino debería intentar efectuar la reserva de recursos de QoS en su red de acceso (*remote*), en las direcciones de subida y bajada (*sendrecv*), sin embargo el establecimiento de la sesión puede continuar si finalmente la reserva no concluye con éxito. En línea con la especificación *3gpp-ts24229* para sesiones uno-a-uno, las preconditiones de QoS tendrán carácter opcional en el segmento remoto (red de acceso del UE que recibe la oferta SDP) para todos los componentes de información de la oferta SDP.

Las preconditiones incluidas en la oferta SDP para cada componente de información se incluyen a su vez en la oferta SDP que es enviada a cada UE destino mediante la solicitud INVITE correspondiente. Cada respuesta *Session in Progress*, recibida en el MAS desde cualquier UE destino, contiene una respuesta SDP en la que se indican los componentes de información aceptados por dicho UE. Al igual que en el caso de sesiones IMS uno-a-uno (véase [3rd08e]), para cada componente de información aceptado el UE destino indica un conjunto de atributos relacionados con preconditiones. En el ejemplo propuesto, cada respuesta SDP recibida en el MAS en una respuesta *Session in Progress* contendrá los siguientes elementos de información (se muestra únicamente la información correspondiente al componente de información de audio):

```
m=audio 7000 RTP/AVP 0 97
c=IN IP4 224.16.3.14/127
a=rtpmap:0 PCMU
a=rtpmap:97 AMR-WB
a=sendrecv
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
```

En la respuesta SDP podemos observar los atributos relacionados con las precondiciones indicados por el UE destino (en negrita). Nótese que, en este caso, los parámetros "local" y "remote" representan el punto de vista del UE destino, refiriéndose a la red de acceso de dicho UE y a la red de acceso del UE iniciador respectivamente. Las principales diferencias con respecto a los atributos relacionados con las precondiciones contenidas en la oferta son las siguientes:

```
a=des:qos mandatory local sendrecv
```

Esta precondición indica que los recursos de QoS deben ser obligatoriamente reservados en la red de acceso del UE destino (*local*), en las direcciones de subida y bajada (*sendrecv*). Esta es una precondición más restrictiva que la indicada por el UE iniciador para la red de acceso del UE destino. Según se ha comentado, cada UE destino necesita ejecutar un proceso de reserva de recursos en su red de acceso local como paso previo al proceso de alerta de su usuario destino correspondiente. Por este motivo, las precondiciones de QoS introducidas por los UEs destino deben tener carácter obligatorio en el segmento local (red de acceso del UE destino).

```
a=conf:qos remote sendrecv
```

Este atributo indica al UE iniciador que debe enviar una nueva oferta SDP cuando los recursos de QoS hayan sido reservados en su red de acceso (*remote*) para el componente de información, en las direcciones de subida y bajada. En dicha oferta, el UE iniciador incluirá el estado actual de la reserva de los recursos de QoS para el componente de información en un atributo "a=curr". Según se indica en [CMR02], si el UAS en el UE destino no puede cumplir de manera unilateral todas las precondiciones de QoS recibidas en una oferta SDP para un componente de información, éste debe incluir un atributo "a=conf:qos" en la respuesta SDP para dicho componente de información. Este requisito se verificará también en el escenario multiusuario considerado en este capítulo (igualmente, la especificación [3rd08e] está en línea con este requisito).

Así, todos los UEs destino que aceptan el componente de información incluyen en su respuesta SDP los mismos atributos relacionados con las precondiciones. De este modo, para cada componente de información aceptado en la primera respuesta SDP combinada (generada por el MAS), el conjunto de atributos relacionados con las precondiciones que se incluirán en la respuesta será el indicado por los UEs destino que han aceptado el componente.

Tras la recepción de la respuesta *Session in Progress*, conteniendo la respuesta SDP combinada, el UE iniciador actualiza la información local que mantiene sobre el estado de las precondiciones asociadas con cada componente de información aceptado. En la segunda oferta SDP, el UE iniciador incluye de nuevo, para cada componente de información no descartado, los atributos relacionados con las precondiciones. En el contexto considerado, la principal diferencia entre los atributos indicados en la segunda oferta con respecto a los indicados en la primera, es que en la segunda oferta SDP las precondiciones de QoS tendrán

carácter obligatorio en el segmento remoto, y no opcional. Así, al hilo del ejemplo considerado en esta sección, la carga SDP sería la siguiente:

```
m=audio 7000 RTP/AVP 0
c=IN IP4 224.16.3.14/127
a=rtpmap:0 PCMU
a=sendrecv
a=curr:qos local none
a=curr:qos remote none
a=des:qos mandatory local sendrecv
a=des:qos mandatory remote sendrecv
```

Como se observa, la reserva de recursos en la red de acceso del UE iniciador (*local*) todavía no ha sido realizada (*none*). Esto es así, puesto que según se ha comentado previamente, el UE iniciador inicia el proceso de activación de los contextos PDP necesarios tras el envío de la segunda oferta SDP en la solicitud PRACK.

Por otro lado, el MAS incluye información relacionada con las precondiciones en cada oferta SDP enviada a cada UE destino en una solicitud PRACK. En concreto, para cada componente de información no descartado en una oferta SDP enviada a un UE destino, el MAS incluye los atributos de precondiciones contenidos en la oferta SDP recibida desde el UE iniciador.

Ahora, cada UE destino responde a la segunda oferta SDP con una segunda respuesta SDP, en la que incluye atributos relacionados con precondiciones para cada componente de información no descartado. Dichos atributos son los mismos que el UE destino ha incluido en su primera respuesta SDP, salvo por los atributos "a=conf", que en este caso no se incluyen para ningún componente. Tras el envío de la respuesta OK, cada UE destino inicia el proceso de activación de los contextos PDP necesarios para garantizar la reserva de recursos de QoS para los componentes de información.

Finalmente, para cada componente de información aceptado en la segunda respuesta SDP combinada (generada por el MAS), el conjunto de atributos relacionados con las precondiciones que se incluirán en la respuesta será el indicado por los UEs destino que han aceptado el componente en su segunda respuesta SDP.

Confirmación de la reserva de recursos

Finalmente, si el proceso de reserva de recursos concluye satisfactoriamente en la red de acceso del UE iniciador, éste debe enviar una nueva oferta SDP, indicando el estado actual de la reserva de los recursos de QoS en el lado local (en atributos "a=curr:qos"). Esta nueva oferta SDP se construye atendiendo al siguiente procedimiento:

- Contiene la descripción acordada con el UE iniciador para los componentes de información al término de la negociación de la descripción de la sesión, esto es, tras el segundo intercambio Oferta/Respuesta SDP realizado entre el UE iniciador y el MAS.

- Para cada componente de información no descartado, se indica información relacionada con precondiciones. Esta información incluye un atributo "a=curr:qos" indicando que los recursos de QoS han sido reservados en el segmento local para el componente de información en las direcciones requeridas.

A continuación se indica la descripción del componente de información contenido en la oferta SDP correspondiente al ejemplo seguido a lo largo de esta sección:

```
m=audio 7000 RTP/AVP 0
c=IN IP4 224.16.3.14/127
a=rtpmap:0 PCMU
a=sendrecv
a=curr:qos local sendrecv
a=curr:qos remote none
a=des:qos mandatory local sendrecv
a=des:qos mandatory remote sendrecv
```

Según se observa en la oferta SDP, el proceso de reserva de los recursos de QoS en el segmento local ha concluido con éxito en las direcciones de subida y bajada.

La nueva oferta SDP se incluye en una solicitud UPDATE de SIP (punto 5 en figuras 5.1 y 5.2), la cual es enviada hacia el MAS. Ahora, la lógica de servicio en el MAS genera una nueva solicitud UPDATE para cada UE destino desde el que el MAS ha recibido la respuesta OK a la solicitud PRACK. Cada solicitud UPDATE generada incluye una oferta SDP, cuyo contenido se construye de la siguiente manera:

- Contiene la descripción acordada con el UE destino para los componentes de información al término de la negociación de la descripción de la sesión, esto es, tras el segundo intercambio Oferta/Respuesta SDP realizado entre el MAS y el UE destino.
- Para cada componente de información no descartado, se incluye la información relacionada con precondiciones que se ha recibido en la oferta SDP incluida en la solicitud UPDATE recibida desde el UE iniciador.

Finalmente, cada UE destino que ha enviado una respuesta OK a la solicitud PRACK (punto 6 en figuras 5.1 y 5.2), recibe la solicitud UPDATE (supuesto que la respuesta OK es recibida por el MAS). El UE responde dicha solicitud con una respuesta OK de SIP. Este mensaje contiene una respuesta SDP, en la que el UE destino indica el estado actual de la reserva de los recursos de QoS para cada componente de información no descartado en su red de acceso local (mediante atributos "a=curr:qos local"). Además, para cada componente de información no descartado el UE destino incluye el resto de atributos relacionados con precondiciones. Siguiendo con el ejemplo propuesto, a continuación se indica la descripción del componente de información incluido en la respuesta SDP generada por un UE destino:

```
m=audio 7000 RTP/AVP 0
c=IN IP4 224.16.3.14/127
```

```
a=rtpmap:0 PCMU
a=sendrecv
a=curr:qos local sendrecv
a=curr:qos remote sendrecv
a=des:qos mandatory local sendrecv
a=des:qos mandatory remote sendrecv
```

Según se observa, las principales diferencias con respecto a los atributos relacionados con las precondiciones que el UE destino ha incluido en la respuesta SDP previa (carga SDP en la respuesta OK a la solicitud PRACK) son las siguientes:

a=curr:qos local sendrecv

En el ejemplo se supone que el UE destino que genera la respuesta SDP ha concluido satisfactoriamente el proceso de reserva de recursos de QoS para el componente de información en el segmento local, en las direcciones de subida y bajada. El UE destino indica este hecho mediante el presente atributo.

a=curr:qos remote sendrecv

Este atributo refleja que los recursos de QoS han sido reservados para el componente de información en el segmento remoto, en las direcciones de subida y bajada. Este hecho ha sido comunicado al UE destino en la oferta SDP contenida en la solicitud UPDATE recibida.

Así, en cuanto un UE destino haya recibido la solicitud UPDATE, y una vez que haya terminado el proceso de reserva de recursos en su segmento local, éste reanudará el proceso de establecimiento de sesión con el UE iniciador. Esto ocurrirá precisamente porque en ese caso todas las precondiciones de QoS obligatorias, locales y remotas, asociadas con todos y cada uno de los componentes de información en cuyo intercambio participará el UE destino habrán sido satisfechas. Cuando esto sucede, el UE destino puede comenzar el proceso de alerta de su usuario destino correspondiente, explicado con detalle en la siguiente sección.

Por otro lado, el MAS, tras recibir la primera respuesta OK a las solicitudes UPDATE que ha generado, responde la solicitud UPDATE recibida desde el UE iniciador con una nueva respuesta OK. Esta respuesta OK contiene una respuesta SDP, la cual se construye del siguiente modo:

- Contiene la descripción acordada con el UE iniciador para los componentes de información al término de la negociación de la descripción de la sesión.
- Para cada componente de información no descartado en la respuesta SDP, si el componente de información no ha sido descartado en la respuesta SDP recibida desde el UE destino (en la respuesta OK a la solicitud UPDATE), se incluyen los atributos de precondiciones indicados por éste para el componente en la respuesta SDP que se envía al UE iniciador.

- Para cada componente de información no descartado en la respuesta SDP, si el componente de información es descartado en la respuesta SDP recibida desde el UE destino, el MAS debe incluir en la descripción del componente de información atributos relacionados con las precondiciones. Así, el MAS incluye:
 - Un atributo "a=curr:qos local none", indicando explícitamente que los recursos de QoS no han sido reservados en la red de acceso remota en la dirección o direcciones requeridas por la precondición correspondiente.
 - Un atributo "a=curr:qos remote", indicando explícitamente que los recursos de QoS han sido reservados en la red de acceso del UE iniciador en la dirección o direcciones indicadas por éste en la oferta SDP de la solicitud UPDATE.
 - El resto de atributos relacionados con las precondiciones (atributos "a=des:qos") se establecen para el componente de información a los indicados en la segunda respuesta SDP combinada generada por el MAS durante la negociación de la descripción de la sesión.

Finalmente, la respuesta OK es enviada al UE iniciador. Cualquier respuesta OK a otra solicitud UPDATE que haya sido enviada desde el MAS no requiere el envío de nuevos mensajes de señalización SIP hacia el UE iniciador.

Por último, es importante comentar que si la respuesta OK a la solicitud PRACK enviada desde el UE iniciador descarta algún componente de información, entonces el UE iniciador debe liberar los recursos de QoS asociados con dicho componente de información. Esto, en el escenario considerado en este capítulo, consiste en desactivar (si ya han sido activados) los contextos PDP asociados con el componente de información.

Consideraciones sobre el soporte del mecanismo de precondiciones

En esta sección, se ha descrito como el mecanismo de precondiciones especificado en [CMR02] y [CK05] es utilizado durante el establecimiento de sesiones multimedia multiusuario, para de este modo garantizar que una reserva de recursos de QoS apropiada tiene lugar como paso previo al proceso de alerta de cada usuario destino que participa en la misma.

Por otro lado, y según se ha comentado, el soporte de este mecanismo es obligatorio en IMS para todo UA que soporta la capacidad de iniciar sesiones en las que se requiere reserva de recursos local y/o remota. A partir de la versión 3GPP R6 se especifican procedimientos que soportan la interoperación entre terminales IMS con terminales SIP no IMS en los que no se soporta el mecanismo de precondiciones. Estos procedimientos se basan en establecer la direccionalidad de los componentes de información en la oferta SDP a *inactive*. De este modo, en caso de que el UE destino no sea un terminal IMS y no soporte el mecanismo de precondiciones, el envío de información en el plano de usuario se retrasa mientras el UE iniciador no concluye con el procedimiento de reserva de recursos (una vez concluido éste, la direccionalidad de los componentes de información se restablece a su valor apropiado mediante un nuevo intercambio Oferta/Respuesta SDP).

Procedimientos similares deberán ser aplicados en el establecimiento de sesiones multimedia multiusuario, si se desea considerar el escenario en el que un subconjunto de los UEs participantes en la sesión no son terminales IMS y no soportan el mecanismo de precondiciones. La problemática en comparación con el caso de sesiones uno-a-uno es todavía mayor, puesto que ahora puede haber un subconjunto de terminales IMS y otro no IMS participando en la sesión.

Suscripción a grupos *multicast* en el UE iniciador

Tras el envío de la solicitud UPDATE (esto es, una vez que la reserva de recursos ha concluido satisfactoriamente en la red de acceso del UE iniciador), el UE iniciador puede suscribirse a los grupos *multicast* asociados con los componentes de información para los cuales va a recibir tráfico *multicast* en el plano de usuario. Para ello, el UE iniciador utiliza el protocolo IGMP, el cual es ejecutado entre el UE y el GGSN. Para el intercambio de los mensajes de control IGMP entre ambas entidades funcionales, se utilizará el contexto PDP dedicado establecido para el intercambio de mensajes de señalización SIP.

El GGSN, a su vez, deberá ejecutar algún protocolo de encaminamiento *multicast* (ej. PIM-SM), lo que le permitirá recibir el tráfico correspondiente a los grupos *multicast* a los que se suscriben los distintos UEs a los que proporciona conectividad IP. De este modo, el GGSN recibirá el tráfico *multicast* IP asociado con los distintos componentes de información, y lo encaminará por los contextos PDP apropiados para su correcta entrega a los UEs que deben recibir dicho tráfico. Así, en general, se proporciona una entrega eficiente del tráfico en el plano de usuario, mediante el empleo de un protocolo de encaminamiento *multicast* IP en las redes de interconexión entre GGSNs y mediante el empleo de contextos PDP compartidos entre los GGSNs y los UEs.

5.2.5. Proceso de alerta del usuario destino

Cuando un UE destino concluye con éxito su proceso de reserva de recursos local, y una vez ha recibido la solicitud UPDATE desde el UE iniciador, el proceso de establecimiento de sesión se reanuda. Llegados a este punto, el UE puede comenzar de manera opcional un proceso de alerta del usuario destino (ej. reproduciendo algún sonido en el terminal). En tal caso el UE destino envía una respuesta provisional RINGING de SIP para la solicitud INVITE recibida (punto 7 en figuras 5.1 y 5.2).

Esta respuesta, de acuerdo con los procedimientos relacionados con el encaminamiento de la señalización SIP (véase sección 5.2.1), será encaminada hacia el MAS. Cuando el UAC en el MAS recibe la primera respuesta RINGING, la lógica de servicio en el MAS utiliza la funcionalidad UAS para generar una nueva respuesta RINGING para la solicitud INVITE que ha recibido previamente desde el UE iniciador. Esta respuesta es enviada finalmente hacia el UE iniciador. La recepción de futuras respuestas RINGING en el MAS no causará el envío de nuevos mensajes de señalización SIP.

Así, desde el punto de vista del UE iniciador, la respuesta RINGING indica que al menos

un usuario destino está en disposición de aceptar el establecimiento de la sesión multimedia multiusuario.

5.2.6. Conclusión del establecimiento de sesión

Finalmente, cuando la sesión multimedia es aceptada en un UE destino (ej. cuando el usuario destino presiona el botón aceptar de su terminal IMS), éste realiza los siguientes procedimientos:

- Se suscribe a aquellos grupos *multicast* asociados con los componentes de información que ha aceptado al término de la negociación de la descripción de la sesión.
- Envía una respuesta OK de SIP a la solicitud INVITE recibida, indicando que la sesión multimedia multiusuario ha sido establecida en el lado destino (punto 8 en figuras 5.1 y 5.2).

La respuesta OK de SIP es finalmente recibida por la funcionalidad UAC del MAS. Tras recibir la primera respuesta OK a cualquier solicitud INVITE, la lógica de servicio en el MAS genera una nueva respuesta OK para la solicitud INVITE recibida desde el UE iniciador. Así, desde el punto de vista del UE iniciador, esta respuesta indica que la sesión multimedia multiusuario se ha establecido al menos con uno de los UEs destino, con lo que la transmisión de tráfico puede comenzar en el plano de usuario. Finalmente, el UE confirma la recepción del mensaje OK con una solicitud ACK de SIP, la cual es enviada hacia el MAS (punto 12 en figura 5.1).

Esta nueva solicitud es recibida por la funcionalidad UAS del MAS. Ahora, la lógica de servicio en el MAS utiliza la funcionalidad UAC para generar una nueva solicitud ACK que confirme la recepción de cada respuesta OK recibida a una solicitud INVITE a aquellos UEs que la han enviado. La generación de la solicitud ACK sigue los procedimientos detallados en 5.2.2, con una excepción. De acuerdo con [RSC⁺02], una solicitud ACK para confirmar la recepción de una respuesta OK a una solicitud INVITE, debe contener un número de secuencia en la cabecera *textCSeq* igual que el de la solicitud INVITE correspondiente a la respuesta OK. En cualquier caso, el nombre de método contenido en la cabecera *Cseq* seguirá siendo el correspondiente a la nueva solicitud, esto es, "ACK".

5.2.7. Notificación del estado de la sesión

Llegados a este punto, la sesión se ha establecido entre el UE iniciador y el UE destino que ha enviado la respuesta OK a la solicitud INVITE. El problema radica ahora, no obstante, en que la respuesta OK recibida en el UE iniciador no contiene carga SDP, lo cual implica que, a priori, el UE iniciador no puede saber qué componentes de información en concreto han sido acordados con el UE destino. Por consiguiente, el UE iniciador es consciente de que la sesión se ha establecido con un UE participante, pero no tiene información sobre los componentes de información para los que puede comenzar la transmisión de tráfico en el plano de usuario.

Para resolver este problema, se utilizará un mecanismo de notificación de eventos específico para el protocolo SIP [Roa02] desarrollado por el IETF. Este mecanismo permite que una entidad se suscriba a la información de estado asociada con un recurso mediante una solicitud SUBSCRIBE de SIP. Tras la recepción de dicha solicitud, la entidad que mantiene constancia del estado del recurso envía una solicitud NOTIFY, indicando información sobre el estado del mismo. Si el estado del recurso cambia, se envía una nueva solicitud NOTIFY desde la entidad notificadora hasta la entidad suscriptor. En general, un recurso puede tener asociada información de estado de distintos tipos. Así, a modo de ejemplo, un usuario puede mantener información asociada con su estado de presencia, o con el estado de su buzón de correo electrónico. En general, para cada tipo de estado asociado con un recurso se define un paquete de eventos. El paquete de eventos define el conjunto de información de estado que se envía en el cuerpo de una solicitud NOTIFY a la entidad suscriptor.

En concreto, en [RSL06] se define un paquete de eventos, denominado *conference* que permite a los participantes en una conferencia fuertemente acoplada recibir información de estado asociada con la misma. En [Ros06] se define un marco general para conferencias fuertemente acopladas en SIP. Baste decir aquí que, en SIP una conferencia se define como un instancia de una conversación multiusuario. En una conferencia fuertemente acoplada un único UA, denominado Foco, mantiene un diálogo con cada participante en la misma. El Foco es responsable de que los distintos componentes de información que forman la conferencia (ej. audio o vídeo) se encuentren disponibles a los participantes en ésta. Para ello, utiliza uno o más dispositivos Mezcladores. Dado el papel central desempeñado por el Foco, éste dispone de suficiente información sobre el estado de la conferencia como para informar sobre éste a los suscriptores de dicho estado.

En el caso que nos ocupa, el MAS también mantiene un diálogo SIP con cada UE participante en la sesión multimedia multiusuario. De este modo, el MAS dispone en todo momento de información actualizada sobre el estado de la sesión, ej. el número de participantes, cuáles de ellos han aceptado el establecimiento de la sesión, y qué componentes de información ha acordado intercambiar cada uno de ellos. El MAS puede, por tanto, proveer a cada UE participante con información sobre el estado de la sesión multimedia multiusuario. A tal efecto, el paquete de eventos definido en [RSL06] será utilizado, posibilitando tres actividades básicas para la apropiada ejecución de una aplicación multiusuario sobre la base proporcionada por una sesión establecida:

- Iniciar o mantener la transmisión de tráfico en el plano de usuario para los componentes e información para los que existen receptores activos (esto es, UEs que han establecido la sesión y han aceptado recibir tráfico correspondiente a algún componente de información).
- Detener la transmisión de tráfico en el plano de usuario para un componente de información, si no hay receptores activos para el mismo (ej. tras el abandono de la sesión por parte de un UE).
- Liberar los recursos de QoS asociados con un componente de información, si no quedan UEs participantes en la sesión que hayan acordado intercambiar el componente

(ej. tras el abandono de la sesión por parte de todos los UEs que inicialmente aceptaron intercambiar tráfico asociado con el componente de información.

Así, el paquete de eventos definido para conferencias fuertemente acopladas permitirá proveer a los UEs participantes en la sesión multimedia multiusuario con información específica sobre el resto de participantes en la sesión. En [RSL06] se provee la definición detallada de los distintos elementos que componen el documento de información sobre la conferencia que se incluye en el cuerpo de una solicitud NOTIFY. En el caso de una sesión multimedia multiusuario, la semántica de estos elementos puede diferir ligeramente con respecto a la especificada en [RSL06], puesto que la información de estado contenida en el documento se referirá no a una conferencia fuertemente acoplada, sino a una sesión multimedia multiusuario. Asimismo, a priori no será necesario el conjunto completo de elementos definidos en la RFC para describir la sesión. En el apéndice A se recoge el conjunto de elementos de información definidos en [RSL06] que son estrictamente necesarios para describir el estado asociado con una sesión multimedia multiusuario. Igualmente, se detalla la semántica que se ha considerado en este trabajo para cada uno de estos elementos.

De este modo, tras la recepción en el MAS de la primera respuesta OK a una solicitud INVITE, éste envía una solicitud NOTIFY al UE iniciador y al UE que ha enviado la respuesta OK, en la que incluye un documento con información sobre el estado de la sesión multimedia multiusuario. Este documento contiene información sobre los distintos UEs que participan en la sesión, indicando para cada uno de ellos el conjunto de componentes de información que éste ha acordado intercambiar. De este modo, el UE iniciador y el UE destino saben para qué componentes de información puede comenzar la transmisión de tráfico en plano de usuario.

Así, la recepción en el MAS de la primera respuesta OK supone un registro implícito del UE iniciador y del UE que ha aceptado el establecimiento de la sesión al paquete de eventos *conference*. Así, ambos UEs recibirán notificaciones sobre el estado de la sesión multimedia multiusuario.

Notificación de cambios en la sesión

Cualquier respuesta OK posterior recibida en el MAS para una solicitud INVITE supone una suscripción implícita del UE que ha generado la respuesta al estado de la sesión multimedia multiusuario.

Finalmente, cualquier cambio en el estado de la sesión, por ejemplo provocado porque un nuevo UE se incorpora o abandona la misma, es notificado a los UEs suscritos a dicho estado. Para ello, el MAS genera para cada UE suscrito al estado de la sesión una solicitud NOTIFY, indicando en el cuerpo de ésta el nuevo estado de la sesión multimedia multiusuario.

De este modo, cada UE que acepta el establecimiento de la sesión es suscrito al estado de la misma. Así, los UEs suscritos pueden pausar la transmisión de tráfico asociado con un componente de información si no existen receptores para el mismo en un instante dado durante el transcurso de la sesión. Igualmente, podrán reanudar la transmisión del tráfico

asociado con un componente de información previamente suspendida si cualquier UE que haya acordado el intercambio del componente acepta el establecimiento de la sesión.

Generación de solicitudes NOTIFY

La solicitud NOTIFY generada por el MAS se envía como una solicitud dentro del diálogo establecido entre el MAS y el UE receptor de la solicitud, siguiendo los procedimientos indicados en la sección 5.2.2.

La solicitud NOTIFY contiene, además de las cabeceras regulares de SIP definidas en [Roa02], una cabecera *Event*, en la que se incluye un identificador del paquete de eventos "conference", y una cabecera *Subscription-state* con un valor de "active" (indicando que la suscripción ha sido autorizada y aceptada por el MAS).

Consideraciones sobre el mecanismo de notificación de eventos

Según se ha comentado, la suscripción al paquete de eventos *conference* se realiza de forma implícita para un UE tras la recepción el MAS de una respuesta OK enviada por éste a una solicitud INVITE. Además, la primera respuesta OK supone el registro implícito del UE iniciador al paquete de eventos.

Según se indica en [Roa02], la creación de una suscripción puede ser realizada mediante mecanismos diferentes de la generación y envío de una solicitud SUBSCRIBE, siempre y cuando se verifiquen dos condiciones:

- El conocimiento de la suscripción debe existir en las entidades notificadora y suscriptoras.
- Debe poder relacionarse una solicitud NOTIFY con la suscripción a la que hace referencia.

La primera condición se satisface por definición. La entidad notificadora (MAS) y las entidades suscriptoras (UEs) son conscientes de que se está estableciendo una sesión multimedia multiusuario, y de acuerdo con los procedimientos detallados en este apartado, ello implica una suscripción implícita al paquete de eventos *conference* una vez que la sesión se ha establecido.

La segunda condición se verifica, puesto que la solicitud NOTIFY se envía dentro del diálogo establecido entre el MAS y el UE destinatario de la solicitud. Tras la recepción de la solicitud NOTIFY, el UE destinatario sabe que se trata de una notificación para la suscripción al paquete de eventos *conference*, puesto que le ha llegado a través del diálogo que mantiene con el MAS para la sesión multimedia multiusuario y contiene una cabecera *Event* con el nombre del paquete de eventos al que corresponde la notificación de estado.

Soporte del atributo *label*

La definición del paquete de eventos *conference* requiere el uso de un atributo de SDP denominado *label*, definido en [LC06]. Este atributo permitirá identificar los distintos componentes de información que serán intercambiados entre los UEs participantes en la sesión multimedia multiusuario.

En principio, el valor de este atributo es meramente informativo en el modelo Oferta/Respuesta de SDP. No obstante, los UEs deberán soportar este atributo si se desea realizar un uso eficiente de los recursos de las redes de transporte. Así, si un UE no soporta el atributo *label*, no será posible en dicho UE distinguir que componentes de información ha acordado intercambiar cada UE que participa en la sesión (esta información se incluye en solicitudes NOTIFY que se envían al UE). En ese caso, el UE podría transmitir tráfico en el plano de usuario para un componente de información para el que no existen receptores activos. Del mismo modo, el soporte de este atributo permite a un UE liberar los recursos de QoS asociados con uno o más contextos PDP si ya no existen UEs participantes en la sesión con los que pueda ser posible intercambiar en algún momento un determinado componente de información (ej. porque todos ellos han abandonado la sesión).

El MAS generará un atributo *label* para cada componente de información propuesto por el UE iniciador en la segunda oferta SDP. Para cada UE destino, el MAS incluye en la descripción de cada componente de información ofertado en la segunda oferta SDP el atributo *label* generado. Igualmente, el MAS incluye los atributos *label* en la segunda respuesta SDP combinada que envía al UE iniciador. De este modo, el UE iniciador y los UEs destino reciben el atributo *label* que ha sido generado por el MAS para cada componente de información.

5.2.8. Grupos predefinidos

En los apartados anteriores se ha descrito un procedimiento que permite establecer una sesión multimedia entre múltiples UEs. En el procedimiento descrito, los distintos usuarios que participan en la sesión son especificados mediante una lista que se incluye en la solicitud INVITE. De esta manera, el procedimiento es adecuado para establecer una sesión entre usuarios de forma ad hoc.

Sin embargo, la solución propuesta es fácilmente extensible para soportar grupos de usuarios predefinidos. En este caso, cada grupo de usuarios se identificaría de manera unívoca mediante una URI SIP. Esta URI SIP se incluiría en el campo Request-URI de la solicitud INVITE, la cual sería encaminada según se describe en 5.2.1 hasta el S-CSCF asignado al usuario. En el S-CSCF se incluirán criterios de filtrado con el siguiente formato:

```
(Method = INVITE) AND (SessionCase = Originating) AND  
(RequestURI = URI SIP de grupo predefinido)
```

Así, en función de la URI SIP contenida en el campo Request-URI de la solicitud INVITE, dicha solicitud será redirigida a un MAS específico, el cual tendrá acceso al listado de

miembros asociado con el grupo predefinido. Dicho listado podría estar almacenado localmente en una base de datos en el MAS o bien podría encontrarse almacenado en un servicio externo de localización. En cualquier caso, el MAS tendrá acceso a dicho listado.

Una vez obtenido éste, el MAS procederá según se ha explicado en los apartados anteriores para, de este modo, establecer la sesión multimedia entre el UE iniciador y el resto de usuarios indicados en el listado.

Finalmente, dado el papel central desempeñado por el MAS en el establecimiento de la sesión, éste es un punto clave que permitiría aplicar de forma eficaz las políticas asociadas con un determinado servicio. Así, adjunto con el listado de usuarios podría incluirse también la definición de la política asociada con el servicio. A modo de ejemplo, esta política podría indicar restricciones sobre que usuarios pueden iniciar la sesión, o podría indicar que la sesión debe terminarse tras el abandono de la misma por parte del UE iniciador. El MAS aplicaría la política especificada a la sesión.

5.3. Cancelación del establecimiento de sesión

En la sección previa se han descrito en detalle los procedimientos asociados con el establecimiento de la sesión multimedia multiusuario. Esta sección cubre aquellos escenarios en los que la sesión no puede ser establecida con uno o más UEs destino, o con ninguno de ellos. Esto puede ocurrir, por ejemplo, si no existen suficientes recursos disponibles en la red de acceso radio de un UE para cubrir localmente las demandas de QoS asociadas con la sesión multimedia multiusuario.

La figura 5.5 muestra el caso en el que el UE iniciador no puede continuar el establecimiento de la sesión multimedia, debido a la carencia de recursos de QoS en la red de acceso radio. En este caso, el proceso de establecimiento de sesión debe ser cancelado, ya que el progreso de dicho proceso depende del UE iniciador.

Según se observa en la figura, el UE iniciador cancela el procedimiento de establecimiento de la sesión multimedia multiusuario mediante una solicitud CANCEL de SIP, la cual es enviada al MAS. La recepción de esta solicitud CANCEL es confirmada en cada proxy SIP atravesado mediante una respuesta OK de SIP. Cuando la solicitud CANCEL es recibida en el MAS, éste confirma la recepción de la misma mediante una respuesta OK y genera una nueva solicitud CANCEL para cada UE destino participante en la sesión.

Tras la recepción de la solicitud CANCEL en un UE destino, el UE confirma la recepción de la solicitud con una respuesta OK, y responde la solicitud INVITE previamente recibida desde el MAS con una respuesta 487 *Request Terminated*.

Cuando la primera respuesta 487 es recibida en el MAS, éste confirma la recepción de la respuesta con una solicitud ACK de SIP y genera una nueva respuesta 487 para la solicitud INVITE inicial recibida desde el UE iniciador. Finalmente, la respuesta 487 generada es enviada hacia este UE, siendo confirmada en cada salto mediante una solicitud ACK. Futuras respuestas 487 recibidas en el MAS son simplemente confirmadas con una respuesta ACK. De esta forma el establecimiento de la sesión multimedia multiusuario es cancelado.

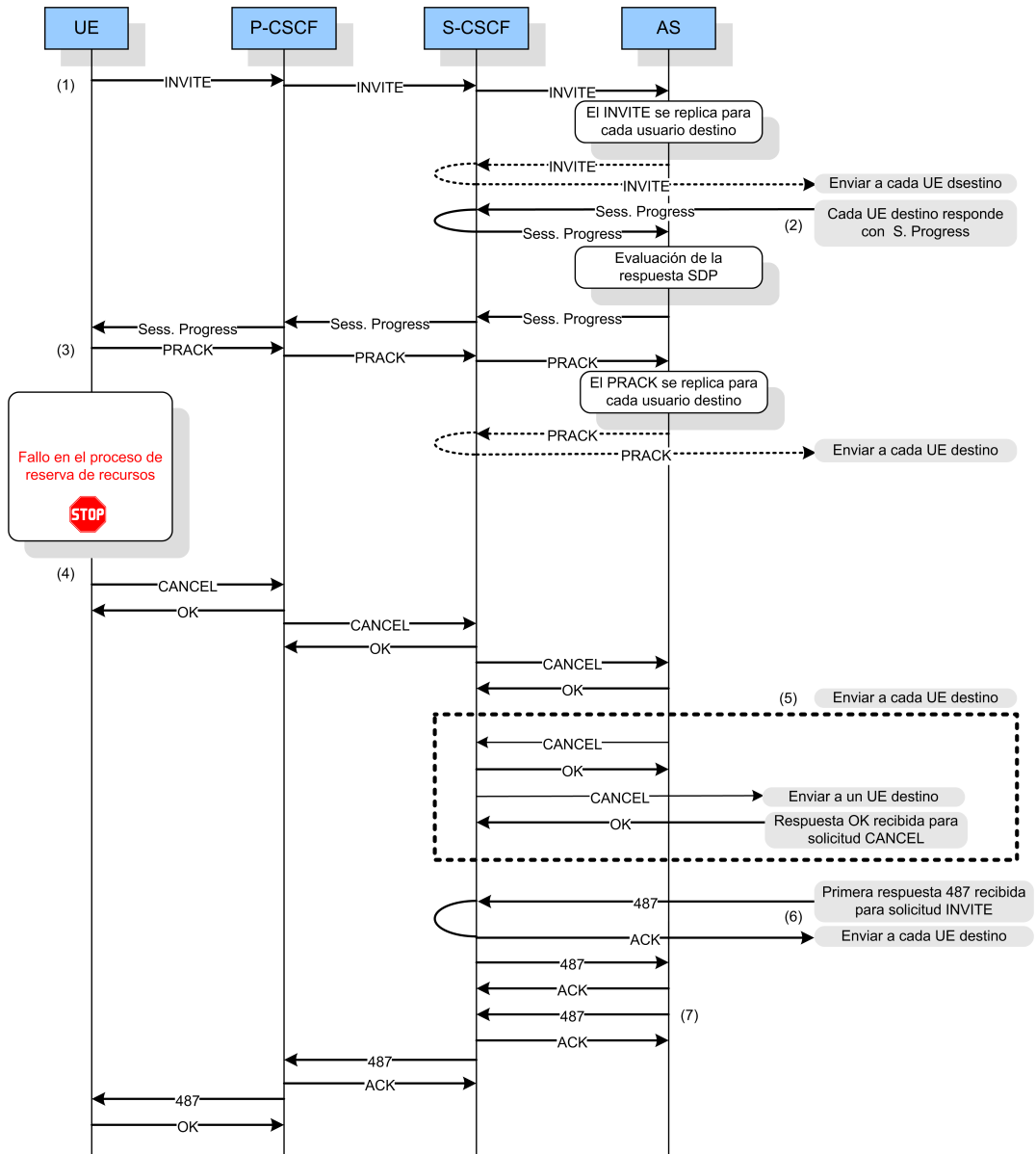


Figura 5.5: Cancelación del establecimiento de la sesión en el UE iniciador

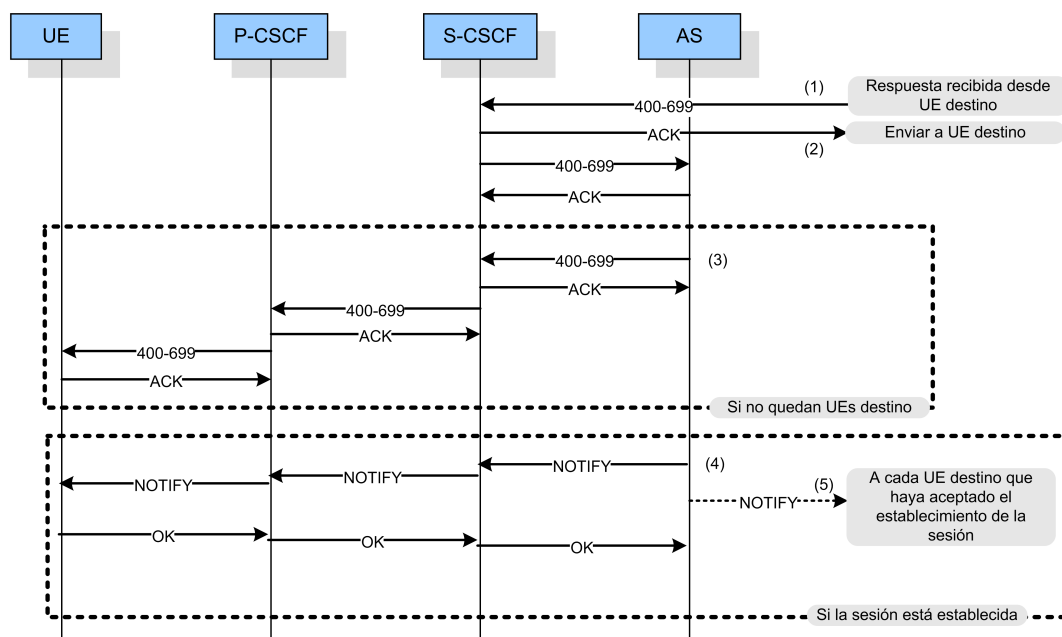


Figura 5.6: Rechazo del establecimiento de la sesión en el UE destino

La figura 5.6 muestra el escenario en el que el UE destino no puede aceptar el establecimiento de la sesión multimedia multiusuario, por ejemplo porque el usuario no se encuentra accesible en el UE, o porque no existen suficientes recursos disponibles en la red de acceso radio local.

En este caso, el UE destino responde la solicitud INVITE con una respuesta final de SIP, incluyendo un código de estado entre 400 y 699. Esta respuesta es enviada hacia el MAS, siendo confirmada salto a salto con una solicitud ACK. Cuando la respuesta SIP llega al MAS, la lógica de servicio ejecutará distintos procedimientos en función del estado en el que se encuentre la sesión multimedia multiusuario:

- Si la sesión no ha sido establecida entre el UE iniciador y ninguno de los UEs destino, entonces si el UE iniciador es el único UE participante que queda en la sesión multimedia multiusuario, el MAS debe terminar el proceso de establecimiento de la sesión, enviando una respuesta de error al UE iniciador (esta respuesta de error puede ser seleccionada de entre el conjunto de respuestas de error recibidas desde los distintos UEs destino).
- En caso contrario, si la sesión ya se ha establecido entre el UE iniciador y un conjunto de UEs destino, entonces el MAS debe notificar a los UEs que han establecido la sesión el nuevo estado de la sesión multimedia multiusuario (según se indica en el apartado 5.2.7).

En el segundo caso, la sesión multimedia multiusuario puede continuar con normalidad entre los UEs que la han establecido.

5.3.1. Procedimientos específicos de SIP en el MAS

De acuerdo con [RSC⁺02], la generación de la solicitud CANCEL en el MAS se realizará atendiendo a los siguientes procedimientos:

- El campo *Request-URI*, y las cabeceras *Call-ID*, *To*, la parte numérica de la cabecera *CSeq* y la cabecera *From* son idénticas a las de la solicitud cancelada, incluyendo *tags*.
- Debe contener únicamente una cabecera *Via*, igual que la primera cabecera *Via* de la solicitud cancelada.

De este modo, la solicitud CANCEL puede ser asociada con la solicitud que cancela, que en este caso es la solicitud INVITE.

5.4. Liberación de sesión

Esta sección cubre los escenarios de liberación de la sesión que pueden tener lugar una vez que la sesión multimedia multiusuario se ha establecido. Estos escenarios se muestran en la figura 5.7.

El primer caso mostrado en la figura (etiquetado como "Caso 1") se corresponde con un escenario en el que un UE participante (distinto del UE iniciador) abandona la sesión multimedia multiusuario. En este caso, el UE destino envía una solicitud BYE hacia el MAS. Cuando el MAS recibe esta solicitud BYE, confirma la recepción de la misma con una respuesta OK de SIP, y notifica al UE iniciador (si éste no ha abandonado la sesión) y al conjunto de UEs destino que han aceptado el establecimiento de la sesión sobre el cambio producido en el estado de ésta (tras el abandono del UE).

De esta manera, se provee una solución flexible para la liberación de la sesión multimedia multiusuario, adecuada para cualquier escenario. Así, tras la recepción de una solicitud NOTIFY en un UE, la instancia de la aplicación multiusuario que se ejecuta localmente en dicho UE podrá tomar una decisión sobre si permanecer o no en la sesión multimedia multiusuario. En caso negativo, el UE envía una nueva solicitud BYE al MAS.

El segundo caso (etiquetado como "Caso 2") se corresponde con el escenario en el que el UE iniciador abandona la sesión multimedia multiusuario. En este caso, el UE envía una solicitud BYE al MAS. El MAS, tras recibir la solicitud BYE, confirma la recepción de ésta con una respuesta OK de SIP. Asimismo, notifica al resto de UEs que han aceptado el establecimiento de la sesión sobre el nuevo estado asociado con la misma. Así, es posible que la instancia de la aplicación multiusuario que se ejecuta en los UEs determine terminar la sesión cuando el UE iniciador abandona la misma (esto ocurre, por ejemplo en el caso de sesiones Ad Hoc en el servicio PoC). El documento de información sobre el estado de la conferencia, enviado en solicitudes NOTIFY, incluye suficiente información como para determinar si el UE que abandona la sesión es el UE iniciador (véase anexo A). De este modo, la solución presentada en esta sección es adecuada para trabajar con aplicaciones que imponen este condicionante.

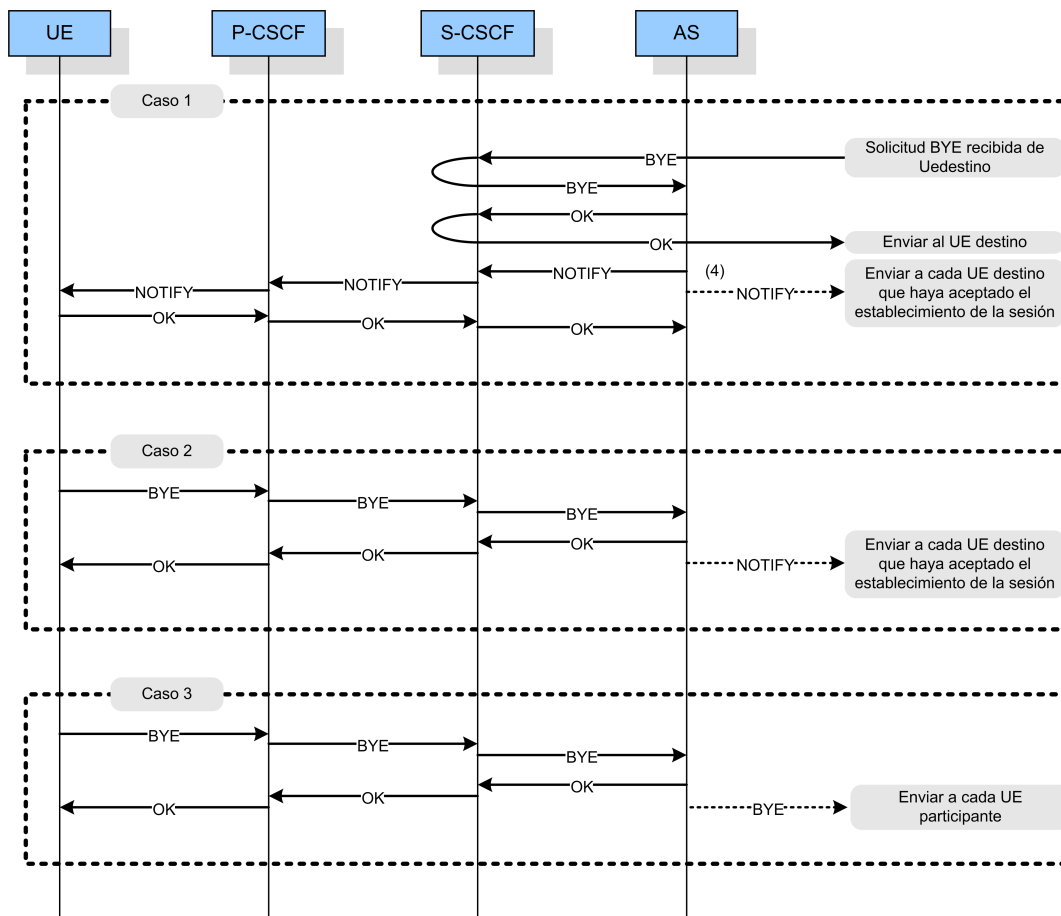


Figura 5.7: Casos de abandono y terminación de la sesión multimedia multiusuario

Finalmente, el último caso (etiquetado como "Caso 3") se corresponde con el escenario en el que un UE abandona la sesión (no necesariamente el UE iniciador), no quedando UEs participantes que hayan aceptado el establecimiento de la misma (esto es, los UEs participantes que quedan todavía no han establecido la sesión). En este caso, el MAS termina la sesión multimedia multiusuario enviando una solicitud `BYE` a cada uno de estos UEs. Otro caso, no indicado en la figura, ocurriría si un UE abandona la sesión quedando únicamente un UE participante en la misma que la ha previamente establecido. En este caso, el MAS terminará la sesión multimedia multiusuario, mediante el envío de una solicitud `BYE` al último UE participante.

5.5. Consideraciones sobre la red de acceso

En este capítulo se ha considerado una red de acceso con conectividad IP de 3GPP, formada por una red de acceso UTRAN y el dominio de conmutación de paquetes de UMTS. La solución presentada es válida, no obstante, para cualquier tecnología de acceso, siempre y cuando los UEs participantes necesiten realizar una reserva de recursos en su segmento local.

En caso de no ser así (ej. en una red de acceso DSL), entonces, según se indica en [3rd08a], los UEs indican en las precondiciones asociadas con cada componente de información un atributo "a=curr:qos" indicando que los recursos de QoS han sido reservados en su segmento local para el componente de información en las direcciones requeridas. Así, la primera oferta SDP, enviada por el UE iniciador, indica que la reserva local de QoS ya ha sido realizada en el lado iniciador para todos los componentes de información ofertados. Análogamente, los UEs destino indicarán en la primera respuesta SDP que la reserva local ya ha sido realizada en el lado destino para todos los componentes de información aceptados. Además, los UEs destino no requerirán confirmación al UE iniciador de que la reserva de recursos se haya realizado en su red de acceso.

Dado que no es necesario realizar una reserva de recursos de QoS por parte del UE iniciador y de los UEs destino, cuando uno de estos últimos recibe la solicitud `INVITE` inicial, el UE podría comenzar en ese instante el proceso de alerta de su usuario destino, así como enviar la respuesta `RINGING` de SIP a la solicitud `INVITE` recibida. Sin embargo, puesto que se trata de una sesión multimedia multiusuario, sigue siendo necesario un segundo intercambio oferta/respuesta de SDP para que el MAS pueda computar el conjunto de formatos soportados en común para cada componente de información, de modo que sea posible que el UE iniciador seleccione un único formato que permita intercambiar el componente entre todos los UEs que lo han acordado. De este modo, la negociación de la descripción de la sesión sigue teniendo lugar según se describe en la figura 5.4.

Finalmente, tras el envío de la respuesta `OK` a la solicitud `PRACK` por parte de un UE destino, éste puede comenzar el proceso de alerta de su usuario correspondiente y enviar la respuesta `RINGING` de SIP a la solicitud `INVITE` que ha recibido, ya que no es necesaria la recepción de una solicitud `UPDATE` del UE iniciador para completar el establecimiento de la sesión multimedia multiusuario. De este modo, el proceso de establecimiento de

la sesión IMS multiusuario sería el indicado en la figura 5.1, sin el flujo de señalización correspondiente a la solicitud UPDATE y a sus respuestas asociadas.

5.6. Conclusiones

En este capítulo se han descrito en detalle extensiones a los procedimientos del plano de control de IMS para el soporte de sesiones multimedia multiusuario. El establecimiento de estas sesiones permite configurar, en el plano de usuario, un servicio de entrega *multicast* a nivel de red para cada componente de información acordado. Finalmente, estas sesiones proporcionarán una base general sobre la que será posible implementar servicios que involucren a múltiples usuarios.

A continuación se indica una lista de las principales aportaciones mostradas a lo largo de este capítulo:

- Se ha propuesto un conjunto de esquemas de señalización apropiados para el establecimiento y liberación de sesiones multimedia multiusuario a través del plano de control de IMS. Asimismo, se han descrito los distintos escenarios que pueden resultar de la cancelación del establecimiento de la sesión, así como del rechazo del establecimiento de la misma por parte de un UE destino. Estos esquemas de señalización se basan en el uso de un Servidor de Aplicación SIP (esto es, el MAS), cuya lógica de servicio permite extender los procedimientos de control de sesiones uno-a-uno especificados por el 3GPP para IMS al contexto multiusuario.
- Se han definido los criterios de filtrado que permiten, en el S-CSCF, redirigir la solicitud INVITE de SIP hacia un MAS específico apropiado para el tratamiento de la misma.
- Se ha descrito una propuesta que, partiendo de la base proporcionada por la especificación del modelo Oferta/Respuesta de SDP [HJP06], permite negociar la descripción de una sesión multimedia multiusuario. Esta propuesta soporta que distintos UEs puedan aceptar distintos componentes de información en la sesión, y coordina la elección de un único *codec* para cada componente de información aceptado, evitando de este modo la necesidad de mezcladores en plano de usuario. Por otro lado, la propuesta presentada permite informar a cada UE sobre la dirección de grupo *multicast* IP asignado por el MAS a cada componente de información.
- Se ha descrito una propuesta para la asignación de los atributos de direccionalidad de SDP para los distintos componentes de información *multicast* durante el proceso de negociación de descripción de la sesión, tras un análisis previo de la semántica de estos atributos en el modelo Oferta/Respuesta.
- Se ha descrito como la lógica de servicio en el MAS utiliza la extensión de fiabilidad de respuestas provisionales de SIP [RS02b] para, de este modo, coordinar el envío fiable de respuestas provisionales entre los UEs destino y el MAS y entre el MAS y el UE iniciador en el escenario multiusuario.

- Se ha propuesto un esquema de asignación de recursos de QoS a componentes de información, bajo el supuesto de una red de acceso UTRAN y el dominio de conmutación de paquetes de UMTS. Este esquema permite reservar los recursos de QoS en el plano de usuario que son estrictamente necesarios para la correcta entrega de cada componente de información.
- Se ha descrito como la lógica de servicio en el MAS utiliza la extensión de precondiciones de SIP [CMR02] para, de este modo, coordinar la consistencia de la información de precondiciones intercambiadas entre el UE iniciador y los UEs destino durante el establecimiento de la sesión.
- Se ha propuesto un mecanismo de notificación del estado de la sesión a los UEs participantes en la misma. Este mecanismo permite realizar un uso eficiente de los recursos en las redes de transporte. El esquema propuesto se basa en el mecanismo de notificación de eventos específico de SIP [Roa02], y en el paquete de eventos definido para conferencias fuertemente acopladas [RSL06].

Capítulo 6

Extensiones a la solución NGN de TISPAN

6.1. Introducción

En este capítulo se detallan extensiones a la solución de QoS presentada en la primera versión de especificaciones de la NGN de TISPAN. Estas extensiones se basan en la introducción de una pasarela residencial en la red del usuario final de la NGN, la cual permitirá cubrir las carencias analizadas en la sección 3. A tal efecto, se utilizará la pasarela residencial desarrollada en el marco del proyecto europeo MUSE, dentro del ámbito de redes de acceso de alta velocidad.

El capítulo se estructura de la siguiente manera. En el apartado 6.2 se indican las extensiones concretas a la solución de QoS de la versión 1 de la NGN de TISPAN propuestas en este trabajo (estas extensiones se desarrollarán en detalle en posteriores apartados). En el apartado 6.3 se describen los nuevos módulos que será necesario introducir en la arquitectura de la pasarela residencial presentada en el capítulo 4 para, de este modo, implementar dichas extensiones. En el apartado 6.4 se describen en detalle los procedimientos ejecutados en la pasarela residencial para derivar los parámetros que definen las demandas de QoS asociadas con una sesión multimedia, durante el establecimiento de la misma. En el apartado 6.5 se muestra como, con la nueva arquitectura de la pasarela residencial, ésta participa en los procedimientos de control de sesión en la NGN. En el apartado 6.6 se describen las principales alternativas que se han considerado en la pasarela residencial para resolver los problemas relacionados con el uso de SIP en entornos en los que se requiere una función de traducción de direcciones (NAT) en el plano de usuario. Finalmente, en el apartado 6.7 se resumen las principales aportaciones descritas a lo largo este capítulo.

6.2. Extensiones relacionadas con QoS

En el capítulo 3 se han identificado un conjunto de aspectos no cubiertos en la solución de QoS de la primera versión de especificaciones de la NGN de TISPAN. Dichos aspectos, se resumen de nuevo a continuación:

- El subsistema RACS no provee cobertura de servicio dentro de la red *core* ni en el entorno residencial, garantizando la provisión de QoS únicamente en la red de acceso a la NGN (segmento de primera milla y red de agregación). Sin embargo, la QoS real percibida por un usuario es extremo a extremo en naturaleza, y si bien su soporte puede ser garantizado en la red *core* por otros medios (ej. sobredimensionamiento), no ocurre lo mismo en el entorno residencial, donde pueden existir restricciones en la disponibilidad de recursos (ej. ancho de banda en una red inalámbrica).
- No se especifica ningún mecanismo que permita al subsistema RACS configurar los parámetros de QoS el equipamiento local del cliente. De este modo, si bien el subsistema RACS puede proporcionar funcionalidades de control de admisión para el tráfico en el sentido *uplink*, no es posible configurar políticas de condicionamiento para el tráfico que se transmite en dicha dirección desde el entorno residencial sobre la red de acceso.

Para afrontar la problemática indicada, la figura de una pasarela residencial puede resultar un elemento determinante. Dada su localización estratégica en el entorno del usuario final, formando el límite entre el equipamiento del cliente y la red de acceso del operador, la pasarela residencial es el punto central de las comunicaciones en el hogar. Así, todo el tráfico en sentido *uplink* (esto es, del entorno residencial hacia la red de acceso) y *downlink* (desde la red de acceso hacia el entorno residencial) pasa por la pasarela residencial. Debido a ello, esta entidad funcional se convierte en un elemento clave sobre el que es posible aplicar los mecanismos de control de admisión y las políticas de condicionamiento de tráfico que permitirían ejecutar de manera apropiada los siguientes procedimientos:

- Gestionar automáticamente los recursos de QoS en el entorno residencial de la NGN.
- Aplicar las políticas de condicionamiento de tráfico necesarias en el sentido *uplink* para, de este modo, posibilitar una apropiada reserva de recursos de QoS para el tráfico que se transmite sobre la red de acceso desde el entorno residencial.

Así, la figura de una pasarela residencial permitiría extender la solución de QoS presentada en la primera versión de especificaciones de la NGN de TISPAN, posibilitando en dicho contexto la provisión de QoS real extremo a extremo. A tal efecto, la pasarela desarrollada en el proyecto MUSE podría ser utilizada. Para ello, la arquitectura básica presentada en el capítulo 4 deberá ser extendida, mediante la implementación de mecanismos que permitan derivar, a partir de las cargas SDP intercambiadas durante los procesos de establecimiento de sesión, las demandas de QoS de cada sesión multimedia siendo establecida. A partir de dichas demandas de QoS, la pasarela residencial podrá configurar automáticamente el nivel de

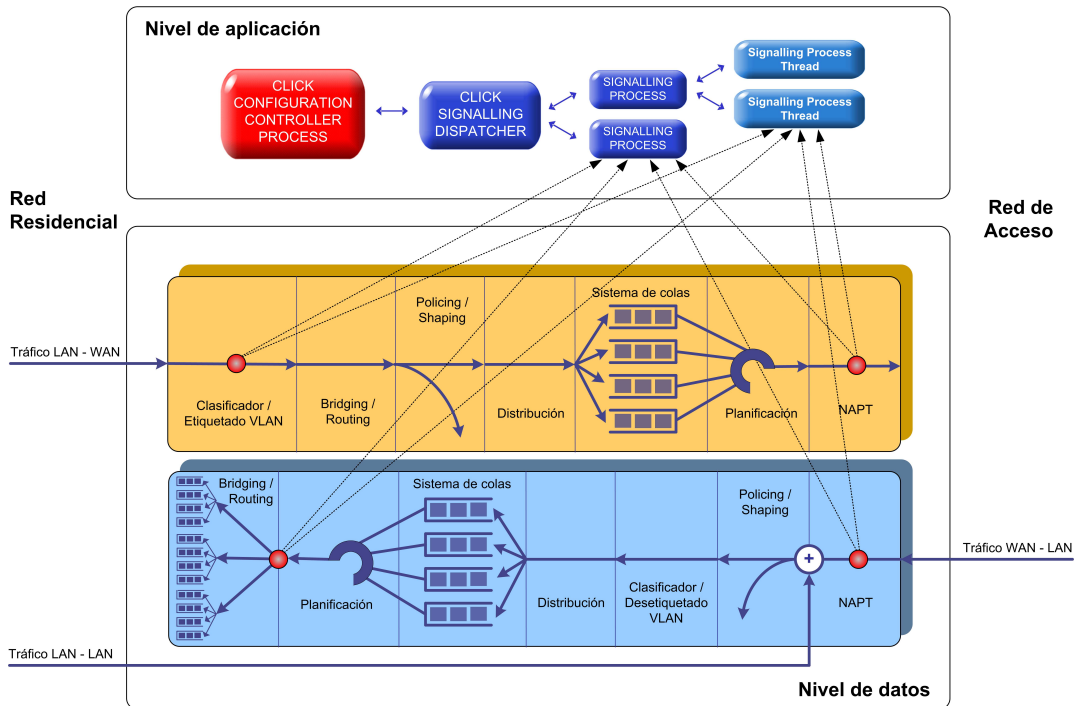


Figura 6.1: Arquitectura de la pasarela residencial

datos para garantizar la reserva de recursos de QoS para el tráfico multimedia asociado con la sesión. Esta solución fue inicialmente presentada en [VGV⁺06a]. La arquitectura básica de la pasarela residencial (véase capítulo 4) se reproduce en la figura 6.1.

La arquitectura de la pasarela residencial es suficientemente flexible como para soportar, de manera sencilla, la introducción de nuevos mecanismos de condicionamiento de tráfico para la provisión de QoS, mediante la instalación de nuevos módulos de procesamiento en el nivel de datos. Así, a modo de ejemplo, si se desea seguir un modelo de provisión de QoS garantizada, es posible introducir mecanismos de limitación de ancho de banda a nivel de enlace o de red (*Policing/Shaping* en la figura). Si por el contrario, se desea implementar un modelo de provisión de QoS relativa, la arquitectura permite introducir de forma sencilla nuevos mecanismos de diferenciación entre clases de tráfico, mediante la introducción de sistemas de colas y de algoritmos de planificación que permitan extraer las tramas de las colas atendiendo al esquema deseado. Además, si la red de acceso requiere algún tipo específico de etiquetado de tramas o de paquetes para la provisión de QoS (ej. en un esquema DiffServ), la pasarela residencial puede implementar las funcionalidades de etiquetado/desetiquetado requeridas en el nivel de datos.

Por otro lado, las extensiones concretas a la arquitectura básica de la figura 6.1 se recogen en [VGV⁺07]. Asimismo, en este artículo se indica cómo los distintos componentes de la arquitectura interactúan entre sí durante el proceso de establecimiento de una sesión multimedia a través del Core IMS de la NGN de TISPAN. No obstante, la especificación de una solución válida y completa al problema de la provisión de QoS en el entorno residencial

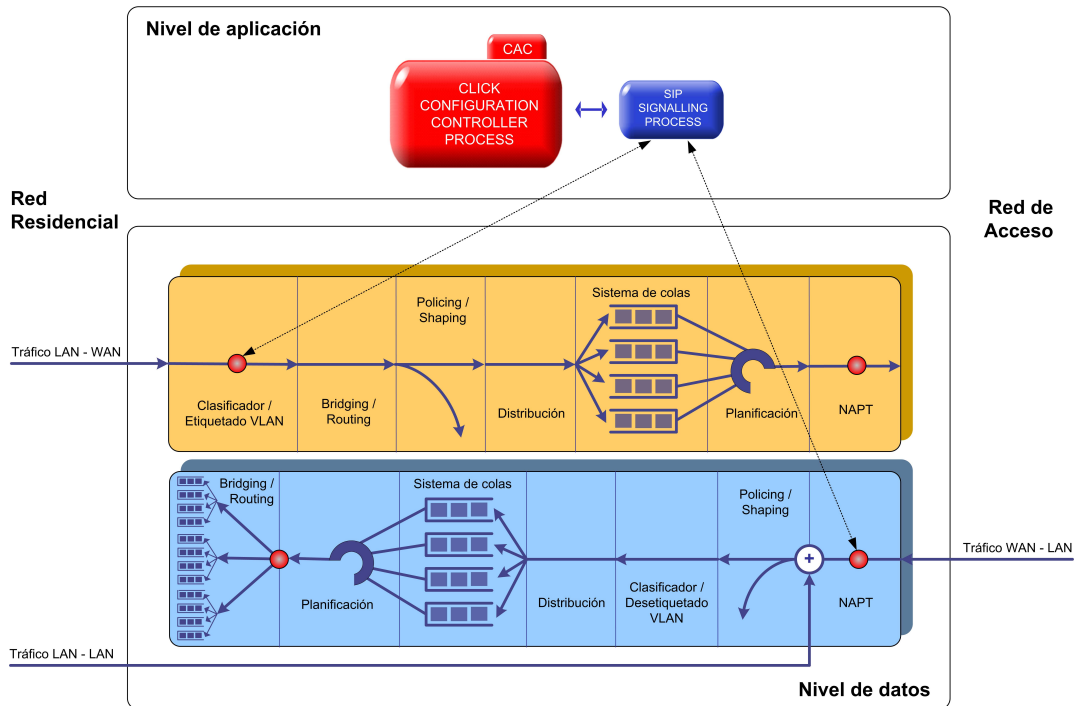


Figura 6.2: Arquitectura de QoS de la pasarela residencial

de la NGN de TISPAN requiere definir los procedimientos de control de sesión y de gestión de los recursos de QoS que se ejecutan en la pasarela en los distintos escenarios de señalización (esto es, no sólo en escenarios de establecimiento, sino también en los de rechazo del establecimiento y de liberación de la sesión). Esta definición se recoge en [VVG⁺07c], donde además se describe la versión de la arquitectura de QoS que finalmente se ha diseñado para la pasarela residencial.

6.3. Arquitectura de QoS en la pasarela residencial

En esta sección se describen las extensiones propuestas a la arquitectura de la pasarela residencial del proyecto MUSE para, de este modo, implementar la propuesta presentada en el apartado anterior. Estas extensiones se ilustran en la figura 6.2.

El Proceso de Señalización SIP (*SIP Signalling Process*, **SIP SP**) es la entidad funcional encargada de procesar todos los mensajes de señalización SIP intercambiados entre los terminales NGN del usuario final, cuya ubicación se localiza en el entorno residencial, y el Core IMS de la red NGN. Según se indica en la figura, el nivel de datos de la pasarela residencial habrá sido previamente configurado para redirigir todos los mensajes de señalización SIP, recibidos en las direcciones *uplink* y *downlink*, hacia el SIP SP. Tras procesar cada mensaje de señalización SIP, si el mensaje debe continuar en tránsito hacia destino, el SIP SP reinyectará de nuevo el mensaje en el nivel de datos de la pasarela residencial,

exactamente en el mismo punto del que había sido extraído.

En terminología de TISPAN, el SIP SP proporciona la funcionalidad de una Función de Aplicación (*Application function*, AF), implementando las siguientes funciones:

- Durante el proceso de establecimiento de una sesión multimedia, tras recibir cualquier mensaje SIP conteniendo una oferta SDP, el SIP SP deriva cierta información de servicio a partir de dicha oferta. La oferta SDP contiene una descripción de la sesión multimedia que el ofertante desea establecer, incluyendo para cada componente de información, entre otras cosas, el listado de formatos propuestos para la comunicación (ej. codecs en el caso de RTP), la información de direccionamiento que el ofertante utilizará en el plano de usuario y los requisitos de ancho de banda deseados por el ofertante para el tráfico de datos que va a recibir asociado con el componente. Esta información, si bien puede no ser suficiente para configurar completamente el soporte de la sesión multimedia en la pasarela residencial (por ejemplo, tras recibir la primera oferta SDP no se conoce la información de direccionamiento correspondiente al destinatario de la misma), sí es suficiente en cualquier caso para ejecutar los procesos de control de admisión que permiten verificar que las demandas de QoS asociadas con la sesión puedan ser satisfechas con los recursos disponibles en la pasarela residencial. A tal efecto, los parámetros relacionados con la QoS que no puedan ser obtenidos directamente de la oferta SDP (ej. el ancho de banda requerido para el tráfico de datos que será transmitido desde el ofertante hacia el destinatario de la oferta), serán derivados algorítmicamente (ver sección 6.4).

Así, la información de servicio recoge todos los parámetros disponibles que permiten describir la sesión multimedia, derivados de las cargas SDP que se intercambian como resultado de la ejecución del modelo Oferta/Respuesta de SDP. Los distintos parámetros que conforman la información de servicio, así como los procedimientos que permiten derivar los valores de dichos parámetros a partir de las cargas SDP se describen en detalle en el siguiente apartado.

Finalmente, tras derivar la información de servicio, el SIP SP obtiene a partir de ésta el conjunto de operaciones de configuración que deben ser realizadas en la pasarela residencial para, de este modo, reservar los recursos de QoS requeridos para la sesión multimedia y configurar los parámetros asociados con la misma que hasta el momento se encuentran disponibles. Estas operaciones de configuración se incluyen en una solicitud de reserva de recursos de QoS que es finalmente enviada al CCCP (*Click! Configuration Controller Process*), cuya funcionalidad se describe más adelante en este apartado.

- Por otro lado, tras recibir cualquier mensaje SIP conteniendo una respuesta SDP, el SIP SP deriva de nuevo la información de servicio que describe la sesión multimedia. Dicha información, según se indica en la siguiente sección, se obtiene en este caso a partir de la respuesta SDP y de su oferta correspondiente. Esto es así, puesto que ambas cargas SDP, conjuntamente, proporcionan una descripción completa de la sesión multimedia, incluyendo todos los parámetros proporcionados por el ofertante y por el emisor de la respuesta. La información de servicio generada permite obtener el

conjunto de operaciones que es necesario ejecutar sobre la configuración de la pasarela residencial para actualizar los parámetros relacionados con la sesión multimedia que han cambiado con respecto a la última información de servicio derivada. Dichas operaciones se incluyen en una solicitud de reserva de recursos QoS que es enviada al CCCP.

Así, las operaciones incluidas en la solicitud reflejan los cambios realizados en la descripción de la sesión como resultado de derivar la información de servicio a partir de la oferta y de la respuesta SDP. Típicamente, esta actualización no requiere la ejecución de nuevos procesos de control de admisión, puesto que dichos procesos ya habrán sido ejecutados tras el procesamiento de la oferta correspondiente a la respuesta, y la actualización simplemente permitirá liberar los recursos de QoS que, habiendo sido previamente reservados para la sesión multimedia, no son necesarios en el soporte de la misma. En cualquier caso, si el procesamiento de la respuesta SDP requiere incrementar la reserva actual de recursos de QoS para la sesión, la solicitud enviada al CCCP causará la ejecución nuevos procesos de control de admisión.

Así, como regla general, el SIP SP generará información de servicio asociada con una sesión multimedia tras la recepción de cualquier mensaje SIP conteniendo una carga SDP. De este modo, se garantiza que el CCCP siempre recibe la información de configuración apropiada en cualquier escenario de establecimiento de sesión, habilitando a la pasarela residencial para gestionar cualesquiera modificaciones producidas en la descripción de la misma. Asimismo, el esquema presentado permite realizar una gestión apropiada de los recursos de QoS en el entorno residencial de cualquier Red de Próxima Generación, siempre que se utilice un plano de control basado en IMS.

- En caso de que el establecimiento de una sesión multimedia no pueda proseguir, debido a que no existen suficientes recursos de QoS disponibles en el entorno residencial, el SIP SP deberá ejecutar los procedimientos de control de sesión necesarios para terminar el establecimiento de la sesión multimedia.
- Durante el proceso de liberación de la sesión, el SIP SP enviará al CCCP una solicitud de liberación de QoS, en la que incluirá el conjunto de operaciones de configuración que deben ser ejecutadas para liberar los recursos de QoS reservados para la sesión multimedia.
- En caso de que se utilice una función de NAT en el nivel de datos de la pasarela residencial, será necesario implementar alguna solución de NAT *traversal* que permita cambiar la información de direccionamiento interna, contenida en los mensajes de SIP recibidos desde el entorno residencial, por direcciones IP y puertos globalmente alcanzables. Análogamente, el cambio contrario deberá ser realizado sobre los mensajes recibidos desde la red de acceso para el entorno residencial. La problemática asociada con las funcionalidades de NAT *traversal* será tratada en detalle en la sección 6.6. Como se describirá en dicho apartado, una solución que se ha considerado para resolver este problema consiste en implementar en el SIP SP la funcionalidad de una pasarela a nivel de aplicación (*Application Level Gateway*, ALG) específica del protocolo SIP. En esta solución, el SIP SP contactará con el CCCP para obtener las correspondencias entre pares de dirección IP y puerto internos y públicos asociados

con cada mensaje SIP recibido. Con esta información, el SIP SP podrá modificar el contenido de los mensajes SIP como paso previo a su reenvío hacia la red de acceso o hacia el entorno residencial.

Por otro lado, el CCCP (*Click! Configuration Controller Process*, **CCCP**) ha sido extendido mediante un nuevo módulo de Control de Admisión (*Call Admission Control*, **CAC**). Este módulo mantiene información de estado sobre el conjunto de recursos de QoS disponibles en el entorno residencial, estando a cargo de ejecutar los procedimientos de control de admisión que permitan verificar si las demandas de QoS asociadas con una sesión multimedia pueden o no ser satisfechas con los recursos disponibles. El CCCP realizará las siguientes funciones:

- Durante el proceso de establecimiento de la sesión multimedia, el CCCP recibirá del SIP SP solicitudes de reserva de recursos de QoS. En general, cada solicitud contiene un conjunto de reglas de flujo que deben ser instaladas, eliminadas o modificadas en la pasarela residencial. Asimismo, las operaciones a realizar con cada solicitud conforman una transacción, esto es, debe garantizarse atomicidad en su ejecución, realizándose con éxito todas o ninguna de las operaciones presentes en la solicitud.

Tras ser recibida una solicitud de reserva de recursos de QoS en el CCCP, el módulo CAC ejecuta los procedimientos de control de admisión necesarios para, de este modo, verificar si es posible realizar todas las operaciones contenidas en la solicitud garantizando que, con los recursos disponibles, se satisfacen los requisitos de QoS de la sesión multimedia que está siendo establecida. Si esto es así, el módulo CAC actualiza la información de estado sobre el conjunto de recursos de QoS disponibles en la pasarela residencial, teniendo en cuenta todas las reglas que serán instaladas, borradas y modificadas. Finalmente, el CCCP realiza todas las operaciones de instalación, borrado y modificación contenidas en la solicitud, configurando de este modo apropiadamente el nivel de datos para proveer la QoS requerida a los componentes de información que conforman la sesión.

En caso de que los procedimientos de control de admisión, ejecutados por el módulo CAC, indiquen que los recursos de QoS disponibles no son suficientes para realizar las operaciones indicadas en la petición, el CCCP responde la solicitud con un mensaje de error que será enviado al SIP SP, el cual finalmente deberá terminar el establecimiento de la sesión.

- Durante el proceso de liberación de sesión, el CCCP recibirá del SIP SP una solicitud para la liberación de los recursos de QoS asociados con la sesión, conteniendo el conjunto de reglas de flujo que conforman la sesión multimedia y que deben ser eliminadas de la pasarela residencial. Tras recibir la solicitud, el módulo CAC actualiza la información de estado sobre el conjunto de recursos de QoS disponibles, liberando los recursos reservados para la sesión. Finalmente, el CCCP realiza todas las operaciones de borrado contenidas en la solicitud.
- El CCCP puede recibir solicitudes del SIP SP solicitando asociaciones de NAT entre direcciones IP y puertos internos del entorno residencial y direcciones IP y puertos

públicos globalmente alcanzables. Del mismo modo, el CCCP puede recibir solicitudes del SIP SP para eliminar asociaciones de NAT (en concreto, esto es realizado por el SIP SP durante el proceso de liberación de la sesión). El CCCP gestionará estas solicitudes, obteniendo (creándolas si éstas no existían previamente) o eliminando las asociaciones solicitadas, y devolverá el resultado de procesar la solicitud en una respuesta al SIP SP. Esta funcionalidad habilitará al SIP SP para proporcionar los procedimientos de un ALG específico de SIP, tal y como se ha comentado previamente.

- El CCCP soporta los esquemas de gestión de recursos *single-stage* y *reserve-commit*. Para ello, cada regla de flujo incluirá un parámetro indicando si el flujo de usuario al que se refiere la regla debe estar inicialmente en estado activo o inactivo. En el primer caso, tras la instalación de la regla de flujo por parte del CCCP, el tráfico correspondiente al flujo de usuario podrá atravesar la pasarela residencial. En el segundo caso, tras la instalación de la regla, el tráfico correspondiente al flujo de usuario será descartado en tanto el estado de la regla de flujo no transicione a activo. En el apartado 6.5 se ilustra, mediante un ejemplo concreto, como ambos modelos de gestión de recursos son soportados por el CCCP mediante el uso de este parámetro.
- El modelo de provisión de QoS soportado por el CCCP depende de los mecanismos de condicionamiento de tráfico que se implementen en el nivel de datos. Dado que la pasarela residencial implementada en MUSE provee a tal efecto un mecanismo de diferenciación entre clases de tráfico, en principio la pasarela residencial soporta un modelo de provisión de QoS relativa. En cualquier caso, como se ha comentado, la pasarela residencial es fácilmente extensible, soportando de manera sencilla la implementación de nuevos mecanismos de condicionamiento de tráfico que permitirían aplicar un modelo de provisión de QoS garantizada.

Por tanto, en la arquitectura presentada, el SIP SP participa en los procedimientos de control de sesión e interactúa con el CCCP para, de este modo, realizar una configuración apropiada que posibilite la provisión de QoS en el entorno residencial y posiblemente en la red de acceso de la NGN de TISPAN. Esta arquitectura sigue la filosofía de diseño de la solución de QoS de TISPAN, en la que el P-CSCF interactúa con el subsistema RACS para la provisión de QoS en la red de acceso a la NGN.

6.4. Configuración automática de la QoS

En este apartado se describen en detalle los procedimientos ejecutados en la pasarela residencial para la configuración automática de la QoS, realizada a partir del procesamiento de las cargas SDP contenidas en los mensajes de señalización SIP recibidos en el SIP SP. En concreto, se definen los distintos parámetros que componen la información de servicio, como los valores de dichos parámetros se derivan a partir de las cargas SDP recibidas y como la información de servicio se utiliza para generar el conjunto de reglas de flujo que deben ser instaladas, borradas y modificadas en la configuración de la pasarela residencial. Los procedimientos especificados en este apartado están en línea con los ejecutados en el

P-CSCF para derivar, a partir de las cargas SDP intercambiadas, la información de servicio que envía al subsistema RACS [TIS06f].

La tabla 6.1 describe los distintos parámetros que componen la información de servicio para cada componente de información.

Parámetro	Descripción
<i>Tipo-componente</i>	Indica el tipo del componente de información. Los tipos permitidos se definen en [HJP06], y son los siguientes: “audio”, “video”, “text”, “application” y “message”
<i>Listado-formatos</i>	Indica el listado de formatos indicados para el componente en la última carga SDP recibida (ya sea oferta o respuesta)
<i>Protocolo-transporte</i>	Indica el protocolo de transporte contenido en la carga SDP para el componente de información (esto es, RTP u otro protocolo sobre UDP)
<i>Max-ancho-banda-UL</i>	Indica el ancho de banda máximo solicitado en la dirección <i>uplink</i>
<i>Max-ancho-banda-DL</i>	Indica el ancho de banda máximo solicitado en la dirección <i>downlink</i>
<i>Max-ancho-banda-RS</i>	Indica el ancho de banda máximo de RTCP solicitado para los emisores de datos activos
<i>Max-ancho-banda-RR</i>	Indica el ancho de banda máximo de RTCP solicitado para los participantes que no son emisores de datos activos
<i>Flujos-usuario</i>	Descripción de los flujos de usuario asociados con el componente de información. Cada entrada en este campo contiene la información indicada en la tabla 6.2.

Tabla 6.1: Parámetros de la información de servicio para un componente de información

La tabla 6.2 describe los distintos parámetros que componen un flujo de usuario (esto es, una entrada de *Flujos-usuario* en la tabla 6.1).

Elemento de información	Descripción
<i>Sentido</i>	Sentido del flujo de usuario (<i>uplink/downlink</i>)
<i>IP-origen</i>	Dirección IP origen del flujo de usuario
<i>Puerto-origen</i>	Puerto origen del flujo de usuario
<i>IP-destino</i>	Dirección IP destino del flujo de usuario
<i>Puerto-destino</i>	Puerto destino del flujo de usuario
<i>Protocolo-transporte</i>	Indica el protocolo datos o de control asociado con el flujo de información (esto es, RTP, RTCP u otro protocolo sobre UDP)

Tabla 6.2: Parámetros que definen un flujo de usuario

6.4.1. Obtención de la información de servicio

El proceso de generación de la información de servicio a partir de las cargas SDP recibidas, es ejecutado por el SIP SP según se describe a continuación para cada parámetro indicado en la tabla 6.1.

Tipo-componente

Obtenido de la línea “m=” de la carga SDP, campo *<media>*

Listado-formatos

Obtenido de la línea “m=” de la carga SDP (campo *<fmt>*), y en caso de transporte RTP de los atributos “a=rtpmap”

Max-ancho-banda-UL

Obtenido mediante el siguiente procedimiento:

```

IF carga-sdp RECIBIDA-DE red-acceso THEN
  IF b=AS:<bandwidth> ESTA DISPONIBLE
    Max-ancho-banda-UL = <bandwidth>
  ELSE
    Max-ancho-banda-UL = Derivar-Ancho-banda (Tipo, Formatos)
  ENDIF
ELSE
  IF carga-sdp RECIBIDA DE red-acceso ESTA DISPONIBLE
    CONSIDERAR carga-sdp RECIBIDA-DE red-acceso
  ELSE
    Max-ancho-banda-UL = NULL
  ENDIF
ENDIF

```

Max-ancho-banda-DL

Obtenido mediante el siguiente procedimiento:

```

IF carga-sdp RECIBIDA-DE entorno-residencial THEN
  IF b=AS:<bandwidth> ESTA DISPONIBLE THEN
    Max-ancho-banda-DL = <bandwidth>
  ELSE
    Max-ancho-banda-DL = Derivar-ancho-banda(Tipo, Formatos)
  ENDIF
ELSE
  IF carga-sdp RECIBIDA DE entorno-residencial ESTA DISPONIBLE
    CONSIDERAR carga-sdp RECIBIDA-DE enrorno-residencial
  ELSE
    Max-ancho-banda-DL = NULL
  ENDIF
ENDIF

```

Max-ancho-banda-RS

Obtenido mediante el siguiente procedimiento¹:

```

IF carga-sdp CONTIENE b=RS<bandwidth> THEN
    Max-ancho-banda-RS = <bandwidth>
ELSE
    Max-ancho-banda-RS = NULL
ENDIF

```

Max-ancho-banda-RR

Obtenido mediante el siguiente procedimiento¹:

```

IF carga-sdp CONTIENE b=RR<bandwidth> THEN
    Max-ancho-banda-RR = <bandwidth>
ELSE
    Max-ancho-banda-RR = NULL
ENDIF

```

Flujos-usuario

El procedimiento especificado a continuación define qué flujos de usuario deben ser incluidos en la información de servicio asociada con un componente de información. El procedimiento examina el atributo de direccionalidad incluido para el componente de información en la carga SDP recibida (la que ha causado la ejecución de los procedimientos de obtención de la información de servicio):

```

IF (Protocolo-transporte = RTP)
    INCLUIR flujo de RTCP uplink
    INCLUIR flujo de RTCP downlink
ENDIF
OBTENER atributo de direccionalidad
IF a=recvonly THEN
    IF carga-sdp RECIBIDA-DE red-residencial THEN
        INCLUIR flujo de usuario downlink
    ELSE /* Carga SDP recibida de red de acceso */
        INCLUIR flujo de usuario uplink
    ENDIF
ELSE
    IF a=sendonly
        IF carga-sdp RECIBIDA-DE red-residencial THEN
            INCLUIR flujo de usuario uplink
        ELSE /* Carga SDP recibida de red residencial */
            INCLUIR flujo de usuario downlink
        ENDIF
    ELSE

```

¹La información de la respuesta SDP es aplicable, si está disponible

```

/* a=sendrecv, a=inactive o atributo no presente */
INCLUIR flujo de usuario uplink
INCLUIR flujo de usuario downlink
ENDIF
ENDIF

```

A su vez, la información de cada flujo de usuario (*uplink* o *downlink*) se deriva atendiendo al siguiente procedimiento:

Sentido

Este parámetro incluye una indicación sobre si el sentido del flujo de usuario es *uplink* o *downlink*

IP-destino

Si el flujo es de sentido *uplink*, el elemento *IP-destino* se obtendrá a partir de la última carga SDP recibida en sentido *downlink*. Análogamente, si el flujo es de sentido *downlink*, se obtendrá de la última carga SDP recibida en sentido *uplink*. En ambos casos, el valor de este parámetro se obtiene de la línea “c=” de la carga SDP correspondiente al componente de información (en concreto, del campo <connection-address>)².

Puerto-destino

De forma similar al caso anterior, si el flujo es de sentido *uplink* el elemento *Puerto-destino* se obtendrá de la última carga SDP recibida en sentido *downlink*. Análogamente, si el flujo es de sentido *downlink*, se obtendrá de la última carga SDP recibida en sentido *uplink*. En concreto, si el flujo es RTCP, se obtendrá del atributo “a=rtcp” (definido en [Hui03]) contenido en la descripción del componente de información al que pertenece el flujo de usuario. Si dicho atributo no está presente, o bien si el flujo no es RTCP, se obtiene (o se deriva en el caso de RTCP) directamente de la línea “m=” correspondiente a dicho componente de información².

IP-origen / Puerto origen

Se especifican como “*”, indicando que pueden tomar cualquier valor.

Protocolo-transporte

Indica si el flujo descrito es RTP, RTCP u otro protocolo no especificado sobre UDP.

Finalmente, la función **Derivar-ancho-banda** permite derivar algorítmicamente el ancho de banda máximo que le corresponde al tráfico de datos asociado con un determinado componente de información (en caso de utilizar RTP, este cálculo no incluye el ancho de banda de RTCP). Para ello, la función toma como argumentos el tipo del componente (ej. audio o vídeo) y el listado de formatos posibles para éste (ej. el listado de codecs en el caso de RTP). Con estos argumentos, la función deriva el ancho de banda resultante atendiendo a los requisitos impuestos por el conjunto de formatos.

²Si la información de servicio se deriva de la oferta SDP, es posible que la carga SDP necesaria para derivar este atributo no se encuentre disponible. En cualquier caso, la definición del flujo de usuario se incluye, indicándose como “*” los campos no disponibles (posiblemente todos)

6.4.2. Obtención del conjunto de operaciones de configuración

A continuación se indica el pseudo-código que se ejecuta en el SIP SP para obtener, a partir de la información de servicio, el conjunto de reglas de flujo que deben ser instaladas, borradas y modificadas en la configuración de la pasarela residencial:

```

DEFINE Listado-reglas-flujo
FOR EACH componente-información
Clase-QoS = derivar-clase-QoS (componente-información.Tipo,
                             componente-información.Formatos)
FOR EACH Flujo IN componente-informacion.Flujos-usuario
IF Flujo.Sentido = uplink THEN
  IF Flujo.Protocolo-transporte = RTCP THEN
    Ancho-banda = Obtener-ancho-banda-RTCP-UL
  ELSE /* El flujo es RTP o UDP */
    Ancho-banda = Obtener-ancho-banda-UL
  ENDIF
ELSE /* El sentido es downlink */
  IF Flujo.Protocolo-transporte = RTCP THEN
    Ancho-banda = Obtener-ancho-banda-RTCP-DL
  ELSE /* El flujo es RTP o UDP */
    Ancho-banda = Obtener-ancho-banda-DL
  ENDIF
ENDIF
Regla-flujo = Crear-regla-flujo (Flujo.Sentido
                                Flujo.IP-origen,
                                Flujo.Puerto-origen,
                                Flujo.IP-destino,
                                Flujo.Puerto-destino,
                                Flujo.Protocolo-transporte,
                                Ancho-banda,
                                Clase-QoS)
  AÑADIR Regla-Flujo A Listado-reglas-flujo
ENDFOR
ENDFOR
Computar-solicitud-QoS (Listado-reglas-flujo)

```

Las función **Obtener-ancho-de-banda-UL** permite derivar el ancho de banda necesario para un flujo de usuario RTP o UDP en sentido *uplink*. Esta función se define a continuación.

```

FUNCTION Obtener-ancho-banda-UL
  IF (Max-ancho-banda-UL = NULL) THEN
    RECUPERAR Componente-informacion-previo
    IF (Componente-informacion-previo = NULL) THEN
      Ancho-banda-UL = Derivar-ancho-banda (Tipo, Formatos)
    ELSE
      IF (Componente-informacion-previo.Formatos = Formatos) THEN

```

```

        RETURN Componente-informacion-previo.Max-ancho-banda-UL
    ELSE
        Ancho-banda-UL = Derivar-ancho-banda (Tipo, Formatos)
    ENDIF
ENDIF
ELSE /* Max-ancho-banda-UL no es nulo */
    Ancho-banda-UL = Max-ancho-banda-UL
ENDIF
RETURN Ancho-banda-UL
ENDFUNCTION

```

Del mismo modo, la función **Obtener-ancho-de-banda-DL** permite derivar el ancho de banda necesario para un flujo de usuario RTP o UDP en sentido *downlink*. Su definición es idéntica a la de la función **Obtener-ancho-banda-UL**, simplemente reemplazando los términos “UL” por “DL”.

La función **Obtener-ancho-banda-RTCP-UL** permite derivar el ancho de banda necesario para un flujo RTCP en sentido *uplink*. Dicha función se define a continuación (la función **Obtener-Ancho-banda-RTCP-UL** es igual, intercambiando los términos “UL” por “DL”):

```

FUNCTION Obtener-ancho-banda-RTCP-UL
    IF (Max-ancho-banda-RS ESTA DISPONIBLE) AND
        (Max-ancho-banda-RR ESTA DIPONIBLE) THEN
        Ancho-banda-RTCP-UL = Max-ancho-banda-RS +
            Max-ancho-banda-RR
    ELSE
        Ancho-banda-UL = Obtener-ancho-banda-UL
        IF (Max-ancho-banda-RS ESTA DISPONIBLE THEN
            Ancho-banda-RTCP-UL = MAX [0.05 * Ancho-banda-UL,
                Max-ancho-banda-RS]
        ELSE
            IF (Max-ancho-banda-RR ESTA DISPONIBLE THEN
                Ancho-banda-RTCP-UL = MAX [0.05 * Ancho-banda-UL,
                    Max-ancho-banda-RR]
            ELSE
                Ancho-banda-RTCP-UL = 0.05 * Ancho-banda-UL
            ENDIF
        ENDIF
    ENDIF
    RETURN Ancho-banda-RTCP-UL
ENDFUNCTION

```

La función **Derivar-clase-QoS** permite derivar algorítmicamente la clase de QoS que le corresponde a los flujos de usuario de un determinado componente de información. Para ello, la función toma como argumentos el tipo del componente (ej. audio o vídeo) y el listado de formatos posibles para éste (ej. el listado de codecs en el caso de RTP). Con estos argumentos, la función deriva la clase de QoS resultante atendiendo a los requisitos impuestos

por el conjunto de codecs. Así, por ejemplo, la clase de QoS asignada a un componente de información de audio de baja calidad en general no coincidirá con la clase de QoS asignada a un componente de información de audio de alta calidad.

La función **Crear-regla-flujo** simplemente crea una regla de flujo en el formato aceptado por el CCCP. Para ello, recibe la dirección IP origen, el puerto origen, la dirección IP destino, el puerto destino, el protocolo, el ancho de banda requerido y la clase de QoS a la que pertenece el flujo de usuario. Como resultado, devuelve una regla de flujo que puede ser proporcionada directamente al CCCP para su instalación.

Finalmente, la función **Computar-solicitud-QoS** genera la solicitud de reserva de recursos de QoS que finalmente se envía al CCCP. En principio, el listado *Listado-reglas-flujo* contiene el conjunto de reglas de flujo que deberían estar instaladas en la pasarela residencial para soportar la sesión multimedia. Así, la solicitud generada por esta función simplemente incluye, para la sesión multimedia, un listado con las reglas de flujo que deben ser instaladas, borradas y/o modificadas en la pasarela residencial para que el conjunto final de reglas de flujo instaladas sea el equivalente al indicado en *Listado-reglas-flujo*.

6.4.3. Activación y desactivación de reglas de flujo

Existen casos en los que es necesario que los flujos de usuario asociados con un componente de información sean configurados en la pasarela residencial en estado inactivo. Si un flujo de usuario se encuentra en estado inactivo, el nivel de datos no permite el paso de las tramas correspondientes al flujo (esto es, las tramas del flujo son descartadas en la pasarela residencial). Esto es necesario, por ejemplo, cuando el atributo de direccionalidad del componente de información es “a=inactive”, así como en un modelo de gestión de los recursos *reserve-commit* si aun no se ha confirmado el establecimiento de la sesión.

Para soportar esta característica, cada regla de flujo proporcionada al CCCP incluye un parámetro “ACTIVO”, indicando si el flujo de usuario correspondiente a la regla debe estar en estado activo o inactivo. El pseudo-código que determina el estado de este parámetro para una regla de flujo asociada con un componente de información se indica a continuación:

```
IF a=inactive THEN
  ACTIVO = NO
ELSE
  IF reserve-commit AND session-not-established
    ACTIVO = NO
  ELSE
    ACTIVO = YES
  ENDF
ENDIF
```

Como caso especial del pseudo-código anterior, las reglas de flujo cuya dirección IP/puerto origen y dirección IP/puerto destino se especifican como “*” serán instaladas siempre en modo inactivo (ACTIVO = NO), puesto que se trata de reglas parcialmente especifica-

das que permitirían el paso de todo flujo de usuario para el protocolo de transporte asociado con la regla.

6.5. Procedimientos de control de sesión

En esta sección se examinan los distintos procesos que son ejecutados por el SIP SP para su integración en los procedimientos de control de sesión de la NGN de TISPAN. Estos procesos permiten realizar una gestión automática de los recursos de QoS en el entorno residencial del usuario final. Así, a continuación se describen distintos escenarios de señalización, relacionados con el establecimiento y la liberación de sesiones multimedia, indicándose para cada caso la funcionalidad desempeñada por el SIP SP.

6.5.1. Establecimiento de sesión

La figura 6.3 muestra un ejemplo de establecimiento de sesión multimedia entre dos terminales NGN. La figura incluye el intercambio de mensajes señalización SIP entre el UE que inicia la sesión desde el entorno residencial, y el Core IMS de la NGN de TISPAN. En el ejemplo, se asume un procedimiento de gestión de recursos *reserve-commit* en la pasarela residencial. Asimismo, se supone que el nivel de datos de la pasarela residencial implementa una función de NAT y que el SIP SP ejecuta la funcionalidad de un ALG. Los procedimientos asociados con la recuperación de asociaciones de NAT y con el control de los recursos de QoS se indican en negrita.

1. El terminal iniciador envía una solicitud INVITE de SIP, incluyendo una oferta SDP, hacia el P-CSCF en el Core IMS. Esta solicitud INVITE llega al RGW, siendo redirigida desde el nivel de de datos hacia el SIP SP. Tras recibir la solicitud, el SIP SP realiza las siguientes funciones:
 - A partir de la oferta SDP, deriva la información de servicio correspondiente a la sesión multimedia. Con dicha información de servicio, el SIP SP obtiene el conjunto de reglas de flujo que deben estar instaladas en la pasarela residencial para soportar la sesión multimedia con las demandas de QoS requeridas. Ahora, el SIP SP genera una solicitud de reserva de recursos de QoS, que incluye el conjunto de operaciones que deben ser realizadas sobre la configuración de la pasarela residencial (en este caso, las operaciones consisten simplemente en instalar las reglas de flujo derivadas). Finalmente, esta solicitud se envía al CCCP. El módulo CAC en el CCCP verifica si la QoS expresada por las reglas de flujo puede ser proporcionada con los recursos disponibles. En caso afirmativo, el CCCP realiza las operaciones incluidas en la solicitud (esto es, la instalación de las reglas de flujo) y responde al SIP SP, confirmando que las operaciones han sido realizadas con éxito.
 - Almacena la oferta SDP y el conjunto de reglas de flujo derivado, para uso posterior.

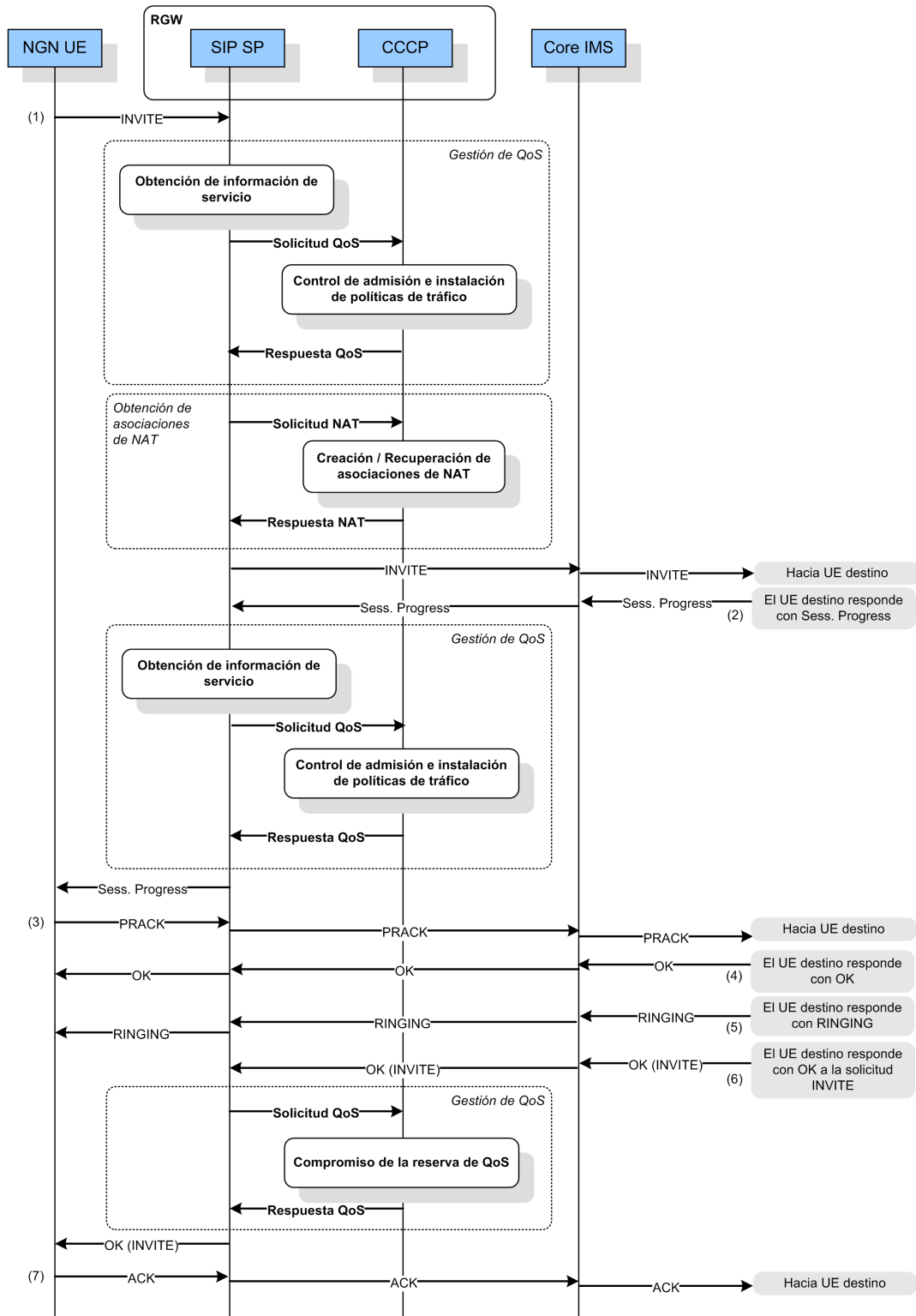


Figura 6.3: Procedimientos de establecimiento de sesión en el RGW

- Genera una solicitud de asociaciones de NAT, incluyendo en ella todos los pares de dirección IP y puerto internos que sea necesario cambiar en la solicitud SIP por información de direccionamiento pública (esto es, pares de dirección IP y puerto globalmente alcanzables). Esta solicitud es enviada al CCCP. Éste, a su vez, procesa la solicitud, recuperando las asociaciones de NAT solicitadas (creándolas en caso de que no existieran previamente). Estas asociaciones se incluyen en una respuesta a la solicitud, la cual es enviada de vuelta hacia el SIP SP.
- Tras recibir la respuesta, el SIP SP realiza la funcionalidad de un ALG, cambiando la información de direccionamiento interna de la solicitud INVITE por sus asociaciones de NAT correspondientes.
- Tras finalizar con los procedimientos de NAT traversal, el SIP SP almacena las asociaciones recibidas del CCCP para uso posterior.

Finalmente, el SIP SP reinyecta de nuevo la solicitud INVITE en el nivel de datos del RGW, exactamente en el mismo punto desde el que la recibió. De este modo, la solicitud llegará al P-CSCF en el Core IMS del usuario iniciador. Finalmente, solicitud será procesada en el Core IMS y reenviada hacia el dominio IMS del usuario destino.

2. El UE destino responde con una respuesta SIP *Session in Progress*, la cual contiene una respuesta SDP. Dicha respuesta indica el conjunto de componentes de información aceptados por el UE. Para cada componente de información aceptado, supondremos que el UE destino ha aceptado un único formato (ej. codec en el caso de RTP). Tras su procesamiento en el Core IMS del usuario iniciador, la respuesta llega finalmente a la pasarela residencial, donde es redirigida hacia el SIP SP. Éste realiza entonces las siguientes funciones:

- A partir de la respuesta SDP y de su oferta correspondiente, deriva la información de servicio correspondiente a la sesión multimedia. A partir de ésta, genera el conjunto de reglas de flujo que deben encontrarse instaladas en la pasarela residencial para garantizar las demandas de QoS requeridas para los componentes de información aceptados. Finalmente, conocido el conjunto de reglas previamente instaladas y el conjunto de reglas recientemente derivadas, el SIP SP genera una solicitud de reserva de recursos de QoS con el conjunto de operaciones que deben ser realizadas sobre la configuración de la pasarela residencial (esto es, instalación, borrado y modificación de reglas de flujo), para que la configuración referente a la sesión se corresponda únicamente con el conjunto de las reglas de flujo derivadas. Finalmente, la solicitud se envía al CCCP.
- Típicamente, una solicitud de reserva de recursos de QoS asociada con una respuesta SDP no requerirá la ejecución de procedimientos de control de admisión, ya que tras el procesamiento de la oferta SDP correspondiente a la respuesta ya se ha realizado una reserva de recursos adecuada para garantizar el correcto desempeño de la sesión. En ese caso, la respuesta SDP proporciona la información de direccionamiento asociada con el remitente de la respuesta, y permite al mismo tiempo conocer la demanda final de QoS requerida. Es posible que

los requisitos de QoS asociados con la sesión sean inferiores a los inicialmente considerados (por ejemplo, porque se han descartado componentes de información ofertados). En tal caso, el módulo CAC en el CCCP simplemente actualiza la información de estado asociada con la sesión, liberando los recursos de QoS previamente reservados que finalmente no son necesarios.

En cualquier caso, es posible que el UE indique, en la respuesta SDP, mayor demanda de QoS de la inicialmente considerada. En tal caso, tras recibir la solicitud de reserva recursos de QoS, el módulo CAC en el CCCP ejecuta los procedimientos de control de admisión que permiten verificar si las operaciones contenidas en la solicitud pueden ser realizadas con los recursos disponibles.

Finalmente, si es posible, el CCCP realiza todas las operaciones de configuración contenidas en la solicitud sobre la pasarela residencial, confirmando al SIP SP que las operaciones han sido realizadas correctamente.

- Si es necesario, modifica el contenido de la respuesta *Session in Progress*, cambiando los pares de dirección IP y puerto públicos por sus asociaciones internas correspondientes. Para ello, el SIP SP consulta la información de estado que mantiene sobre dichas asociaciones, no siendo normalmente necesario consultar de nuevo al CCCP a tal efecto.

Ahora, el SIP SP reinyecta la respuesta *Session in Progress* en el nivel de datos de la pasarela residencial, en el mismo punto del que se recibió. Finalmente, la respuesta SIP es enviada al UE iniciador en el entorno residencial.

- 3-5. El establecimiento de sesión continúa, a partir de este momento, de acuerdo con las especificaciones de TISPAN ([TIS06d]). Así, suponiendo que la respuesta SDP en el *Session in Progress* indica únicamente un formato (ej. un único codec en el caso de RTP) para cada componente de información, la solicitud PRACK no contiene carga SDP. Esta solicitud es a su vez confirmada por el UE destino mediante una respuesta OK. Tras el envío de la respuesta OK por parte del UE destino, éste comienza el proceso de alerta del su usuario correspondiente (ej. el teléfono comienza a sonar) y genera una respuesta RINGING de SIP para la solicitud INVITE, que es enviada hacia el UE iniciador. Para todas las solicitudes se siguen ejecutando los procedimientos de NAT traversal, cambiándose los pares de dirección IP y puerto internos por sus pares públicos correspondientes (y al revés para las respuestas correspondientes a las solicitudes).
6. Finalmente, el usuario destino acepta la llamada, y una respuesta OK a la solicitud INVITE es enviada hacia el UE iniciador. Dicha respuesta es recibida en la pasarela residencial, siendo redirigida hacia el SIP SP. Tras recibir la respuesta OK, el SIP SP inicia el proceso de compromiso de la reserva de recursos de QoS. Ello supone, simplemente, activar el conjunto de reglas de flujo que actualmente se encuentran instaladas en la pasarela residencial para la sesión. Así, el SIP SP genera una nueva solicitud de reserva de recursos de QoS, en la que requiere la modificación de las reglas contenidas en el último conjunto derivado a partir de la información de servicio para, de este modo, establecer el parámetro de estado para cada regla de flujo a ac-

tivo (“ACTIVO = YES”). A partir de este momento, el nivel de datos en la pasarela residencial permite el paso del tráfico de datos correspondiente a las reglas de flujo.

Tras activar las reglas de flujo asociadas con la sesión, el SIP SP reinyecta la respuesta OK en el nivel de datos de la pasarela residencial. De este modo, la respuesta es redirigida hacia el UE iniciador.

7. Finalmente, la respuesta OK es confirmada por el UE iniciador con una solicitud ACK, que es enviada hacia el UE destino.

De este modo, en un esquema de gestión de recursos *reserve-commit*, se desactiva el tráfico de usuario previamente al establecimiento de la sesión (esto es, hasta que se recibe la respuesta OK a la solicitud INVITE). Sin embargo, si la política del operador permite este tráfico “temprano” en la red, es posible usar un modelo *single-stage*. En este caso, las reglas de flujo instaladas en cualquier solicitud de reserva de recursos de QoS enviada al CCCP incluyen el parámetro de estado a activo (ACTIVO = YES).

6.5.2. Cancelación del establecimiento de sesión

Por otro lado, es posible que la sesión no pueda ser establecida, debido a la carencia de recursos de QoS en la pasarela residencial para satisfacer las demandas impuestas por la sesión. En tal caso, la solicitud de reserva de recursos de QoS enviada por el SIP SP al CCCP será respondida con error, y las operaciones de configuración incluidas en la solicitud no serán realizadas. En tal caso:

- Si existía una reserva de recursos de QoS previa, resultado del procesamiento anterior de cargas SDP, el SIP SP debe liberar los recursos reservados para la sesión. Para ello, el SIP SP genera una solicitud de liberación de recursos de QoS, en la que incluye las operaciones de configuración necesarias, que en este caso son simplemente operaciones de borrado del conjunto de reglas de flujo que actualmente se encuentran instaladas para la sesión en la pasarela residencial.
- Si no se ha enviado al UE iniciador una respuesta OK confirmando el establecimiento de la sesión, el SIP SP genera una respuesta 500 de SIP (*Server Internal Error*) para la solicitud INVITE. Dicha respuesta es enviada hacia el UE iniciador.
- Si se ha recibido alguna respuesta de SIP a la solicitud INVITE en la pasarela residencial, será necesario terminar la sesión en el lado destino. Para ello:
 - Si la sesión no ha sido todavía establecida en el lado destino, el SIP SP genera y envía una solicitud CANCEL de SIP hacia el UE destino.
 - Si la sesión ya ha sido establecida en el lado destino (esto es, se ha recibido la respuesta OK a la solicitud INVITE en la pasarela residencial), el SIP SP genera y envía una solicitud BYE hacia el UE destino.

La figura 6.4 muestra un ejemplo en el que la sesión no puede ser establecida, debido a que la QoS demandada tras la recepción de la primera respuesta SDP no puede ser satisfecha con los recursos disponibles. En tal caso, tal y como se ha comentado, el SIP SP responde la solicitud INVITE de SIP con una respuesta 500 (*Server Internal Error*), que es enviada hacia el UE iniciador. Tras recibir esta respuesta, el UE iniciador elimina la información local que mantiene sobre el diálogo SIP y sobre la sesión multimedia, y envía una solicitud ACK de SIP que es recibida por el SIP SP.

Igualmente, dado que la sesión todavía no ha sido establecida, el SIP SP genera y envía una solicitud CANCEL de SIP hacia el UE destino, cuyo propósito es el de cancelar el procesamiento de la solicitud INVITE. La solicitud CANCEL es una solicitud que se procesa salto a salto, siendo respondida en cada *proxy* SIP con estado que atraviesa con una respuesta OK de SIP. Finalmente, cuando el UE destino recibe la solicitud CANCEL, éste responde la solicitud INVITE con una respuesta 487 (*Request Terminated*).

En el ejemplo, existe una reserva de recursos de QoS en la pasarela para la sesión, como resultado del procesamiento de la solicitud INVITE. Esta reserva debe ser liberada por el SIP SP, como parte de la cancelación del establecimiento de la sesión. Este procedimiento de liberación de recursos, por simplicidad, no se ha indicado en la figura 6.4.

6.5.3. Liberación de sesión

La figura 6.5 muestra dos escenarios de señalización, correspondientes a la liberación de la sesión establecida en la sección anterior. La primera parte de la figura (etiquetada como “Caso 1”), muestra el caso de uso correspondiente a la liberación de la sesión por parte del usuario final, mientras que el segundo caso de uso (etiquetado como “Caso 2”) se corresponde con el escenario de liberación de sesión iniciado por la red (esto es, por el Core IMS del UE iniciador o destino). En ambos casos, la pasarela residencial recibirá una solicitud BYE de SIP, que será redirigida al SIP SP para su tratamiento.

El SIP SP genera una solicitud de liberación de recursos de QoS, en la que incluye el conjunto de operaciones de configuración que deben ser realizadas en la pasarela residencial para liberar los recursos actualmente reservados para la sesión. Dicha solicitud contiene, simplemente, el último conjunto de reglas de flujo derivado para su eliminación. Finalmente, la solicitud es enviada al CCCP para su tramitación. Tras recibir la confirmación del CCCP de que la solicitud ha sido cursada con éxito, el SIP SP genera una solicitud de borrado de asociaciones de NAT, en la que requiere la eliminación de las reglas de NAT asociadas con los componentes de información que conforman la sesión (las asociaciones de NAT correspondientes a la señalización SIP en sí misma, no se eliminan, pudiendo ser reutilizadas en futuras sesiones). Finalmente, la solicitud es enviada al CCCP, el cual realiza las operaciones de borrado y responde de vuelta al SIP SP. A continuación, el SIP SP reinyecta la solicitud BYE de SIP en el nivel de datos de la pasarela residencial (realizando previamente las funciones de NAT *traversal* necesarias sobre ésta) en el mismo punto del que se recibió.

Eventualmente, la respuesta OK a la solicitud BYE será recibida en la pasarela residencial y redirigida al SIP SP. Tras recibir esta respuesta, el SIP SP borra la información que mantiene asociada con el diálogo SIP y con la sesión multimedia, y reinyecta de nuevo la

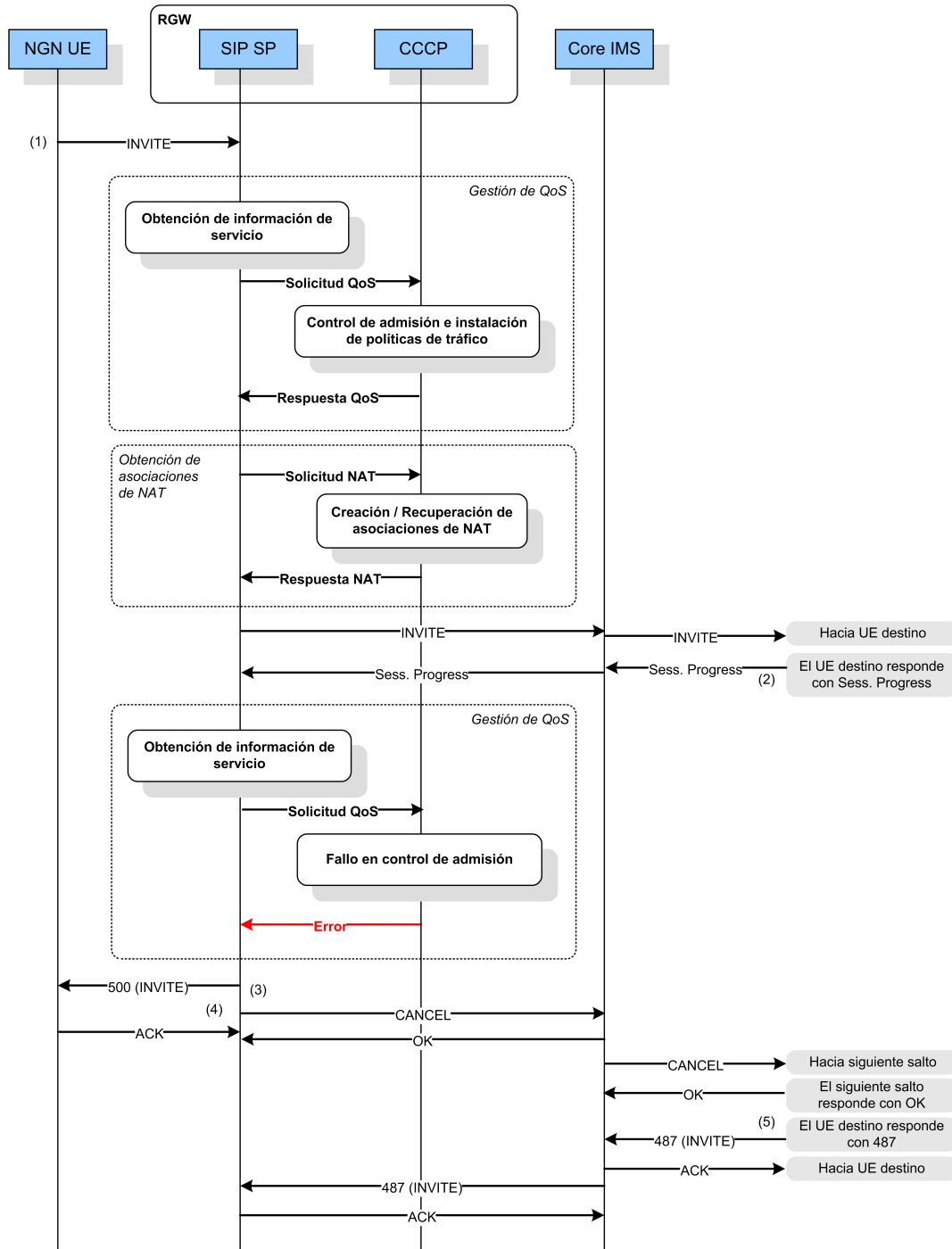


Figura 6.4: Cancelación del establecimiento de la sesión

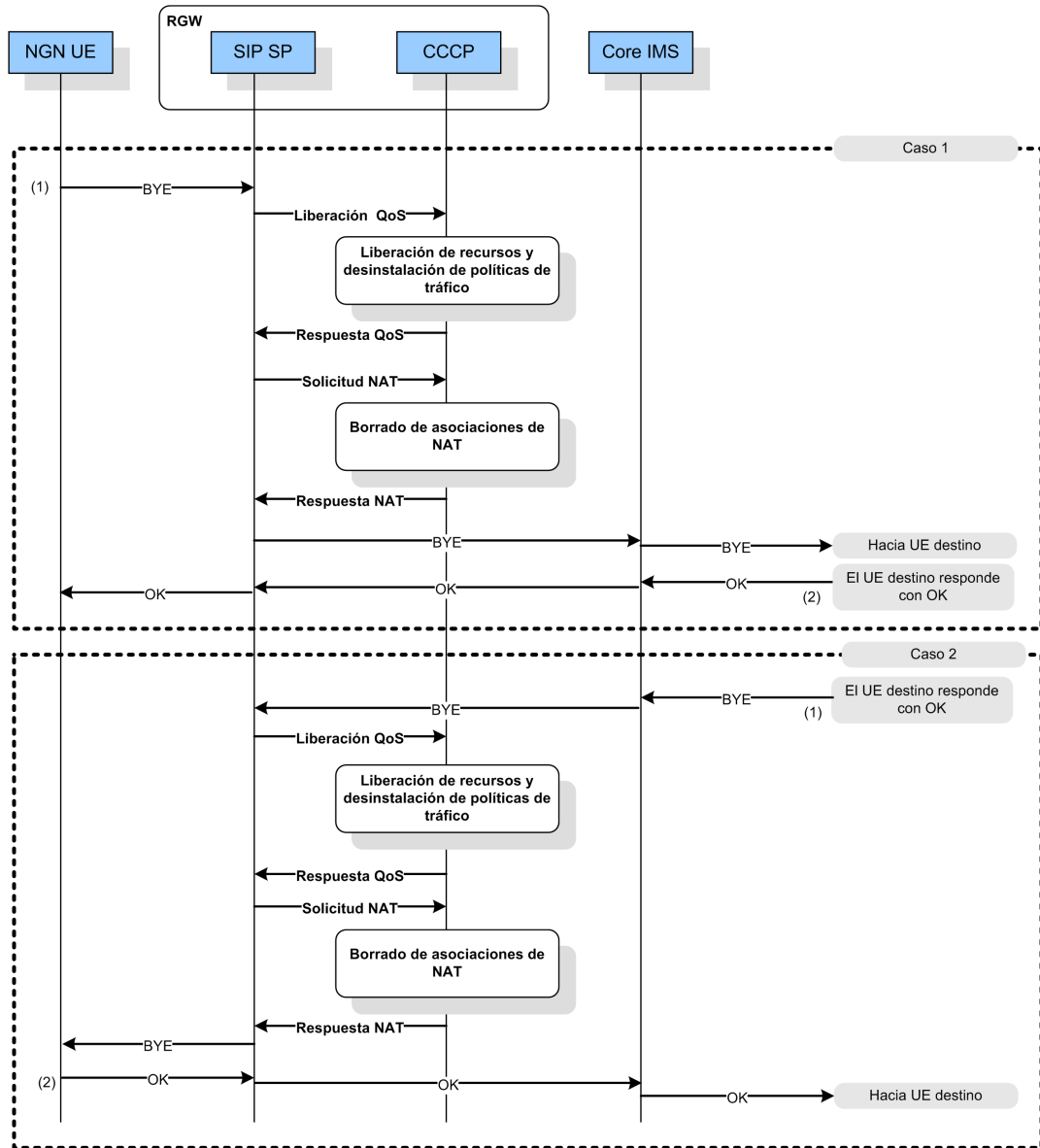


Figura 6.5: Liberación de la sesión

respuesta en el nivel de datos de la pasarela residencial en el mismo punto desde el que la recibió.

6.6. Procedimientos de NAT traversal

En esta sección se describen los procedimientos de NAT traversal que han sido implementados para el protocolo SIP en la pasarela residencial. En concreto, se han considerado dos soluciones, las cuales se describen brevemente a continuación.

6.6.1. Pasarela a nivel de aplicación

La primera solución que se ha considerado para afrontar la problemática de SIP y NAT traversal consiste en implementar una pasarela a nivel de aplicación (*Application Level Gateway*, **ALG**) específica del protocolo SIP. A tal efecto, se ha extendido la funcionalidad básica del SIP SP (esto es, control de sesión y configuración automática de la QoS) para proveer la funciones asociadas con un ALG de SIP. Dichas funciones consisten en modificar los mensajes SIP recibidos en el SIP SP, cambiando el direccionamiento interno de la red del cliente contenido en el mensaje por direccionamiento público globalmente alcanzable (y viceversa, según proceda). En concreto, ejecutar la funcionalidad de un ALG implica realizar los siguientes cambios:

- Para los mensajes SIP transmitidos desde la red residencial hacia la red de acceso:
 - Cabecera *Contact*. Si el mensaje de SIP es una solicitud REGISTER, esta cabecera incluye la dirección de contacto que el UE remitente desea registrar. En tal caso, esa es la dirección en la que el UE desea recibir futuras solicitudes INVITE (esto es, anuncio de sesiones entrantes). Por otro lado, si la cabecera *Contact* está contenida en un mensaje SIP enviado dentro de un diálogo (ej. INVITE, Session in Progress), esta incluye la información de direccionamiento que será utilizada por el destinatario del mensaje para el envío de futuras solicitudes en el diálogo. En ambos casos, el SIP SP debe cambiar la información de direccionamiento interna contenida en la cabecera *Contact* por información de direccionamiento pública globalmente alcanzable.
 - Cabecera *Via* de las solicitudes SIP. En principio, si dicha cabecera incluye un parámetro “rport”, el SIP SP no modificará la cabecera. En caso contrario, el SIP SP debe cambiar el direccionamiento interno contenido en el campo “sent-by” de dicha cabecera por direccionamiento público.
 - La carga SDP (oferta o respuesta). Para cada línea “m=” de la carga SDP, el SIP SP debe cambiar la dirección IP y el puerto de transporte indicados para el componente de información por su par público correspondiente. Además, si el protocolo de transporte asociado con el componente es RTP, también debe cambiar la información de direccionamiento correspondiente al tráfico RTCP.

- Para los mensajes SIP transmitidos desde la red de acceso hacia la red residencial:
 - Campo *Request-URI* de las solicitudes SIP. Este campo indica la dirección del UE destinatario de la solicitud (de hecho es la dirección a la que la solicitud es finalmente enviada). El SIP SP deberá cambiar el direccionamiento público contenido en este campo por el direccionamiento interno que le corresponde.
 - La cabecera *Via* de las respuestas SIP. Al igual que en el sentido contrario, si la cabecera *Via* contiene un parámetro “rport”, el SIP SP no modificará dicha cabecera. En caso contrario, debe cambiar el direccionamiento público contenido en el campo “sent-by” por direccionamiento interno.

Para realizar los cambios indicados, el SIP SP recoge todas las asociaciones de NAT que desea obtener, y las incluye en una solicitud de asociaciones de NAT que es finalmente enviada al CCCP. EL CCCP, tras recibir la solicitud, recupera las asociaciones solicitadas (creándolas si estas no existían previamente) y envía dichas asociaciones al SIP SP en una respuesta. Finalmente, el SIP SP utiliza dichas asociaciones para realizar los cambios.

6.6.2. STUN

La segunda solución que se ha considerado para resolver la problemática de SIP y NAT *traversal* consiste en implantar una solución basada en STUN (*Simple Traversal of User Datagram Protocol Through Network Address Translators*). En esta solución, el UE, localizado en el entorno residencial, dispone de un cliente STUN, de modo que el UE se responsabiliza de obtener las asociaciones de NAT necesarias para construir apropiadamente los mensajes SIP que transmite. Esta solución presenta la ventaja de que no es específica del protocolo SIP.

Sin embargo, el problema radica en que STUN no puede ser utilizado si el tipo de NAT es simétrico, siendo este justamente el caso para la funcionalidad de NAT disponible en la implementación de la pasarela residencial de MUSE. Para solventar este problema, se ha implementado la solución basada en STUN indicada en la figura 6.6.

Según se observa en la figura, la solución presentada consiste en la implementación de un nuevo proceso de señalización, el STUN SP (*STUN Signalling Process*). Este proceso recibirá todos los mensajes STUN que lleguen a la pasarela desde el entorno residencial (el nivel de datos de la pasarela será configurado a tal efecto). Tras recibir una solicitud STUN del tipo “*Binding Request*”, el STUN SP realizará las siguientes funciones:

- Obtiene la dirección IP y puerto origen de la solicitud STUN. Esta información se incluye en una solicitud de asociaciones de NAT que es enviada al CCCP. El CCCP, tras recibir la solicitud, obtiene la asociación de NAT (creándola si ésta no existía previamente) y devuelve dicha asociación en una respuesta al STUN SP.
- Una vez obtenida la respuesta, el STUN SP genera una respuesta STUN de tipo “*Binding Response*” en la que incluye la asociación de NAT recuperada del CCCP. Dicha

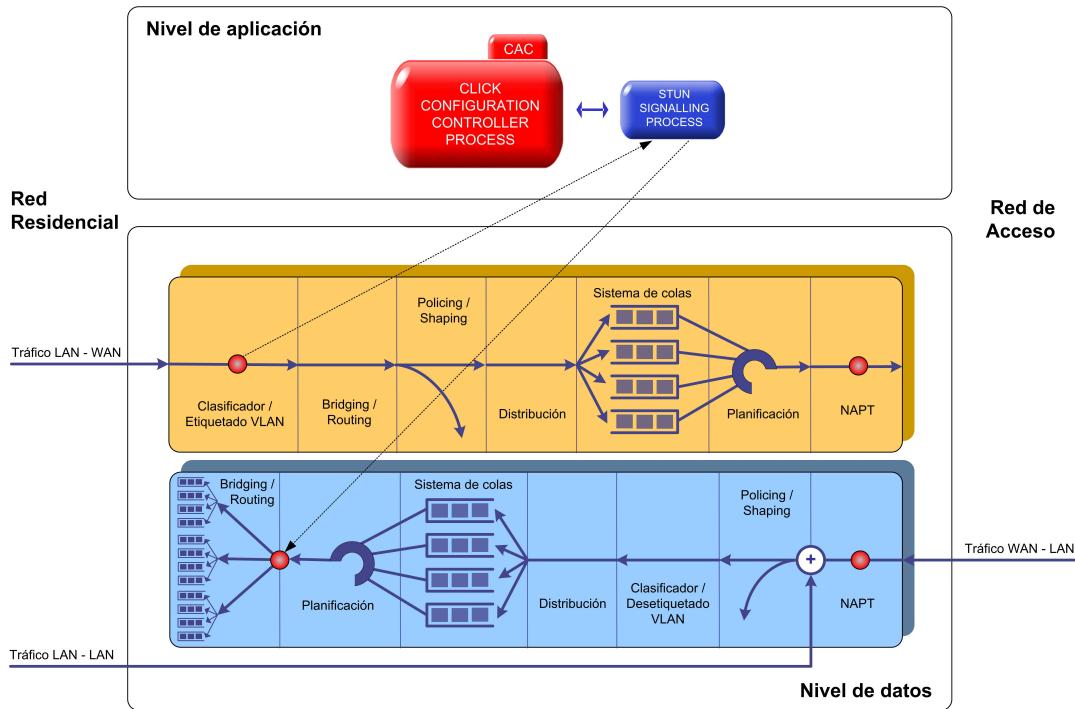


Figura 6.6: Arquitectura de la solución basada en STUN

respuesta se incluye en una trama, cuya dirección IP y puerto destino son los indicados como dirección IP y puerto origen de la solicitud STUN “*Binding Request*”.

- Finalmente, la trama es encaminada hacia el entorno residencial, siendo reinyectada en el nivel de datos en el punto indicado en la figura.

6.6.3. Consideraciones de uso

En la solución NGN de TISPAN, el P-CSCF ejecuta procedimientos de NAT *traversal* en caso de que una funcionalidad de NAT sea realizada en el nivel de transporte. En cualquier caso, la introducción de una pasarela residencial permite ejecutar estos procedimientos en el límite formado por el entorno residencial y la red de acceso a la NGN, proporcionando de esta manera una solución más descentralizada que reduce la carga de procesamiento en el P-CSCF y en el subsistema RACS.

El uso de la solución basada en ALG o en STUN en la pasarela residencial dependerá de la configuración del UE. En caso de que éste utilice un cliente STUN (en este caso, los mensajes SIP generados por el UE contienen direccionamiento globalmente alcanzable), la pasarela residencial no realizará ninguna modificación adicional sobre los mensajes SIP asociados con la sesión. En caso contrario, si el UE no utiliza un cliente STUN, los mensajes SIP generados por éste contendrán direccionamiento interno del entorno residencial, con lo que será necesario utilizar la funcionalidad ALG según se ha especificado en este apartado.

6.7. Conclusiones

En este capítulo, se ha propuesto un conjunto de extensiones a la solución de QoS presentada en la primera versión de especificaciones de la NGN de TISPAN. Estas extensiones permiten gestionar automáticamente los recursos de QoS en el entorno residencial del usuario, garantizando además una reserva adecuada de los recursos de transporte en el sentido *uplink* de la red de acceso.

Estas extensiones se basan en la introducción de una pasarela residencial en la red del usuario final. Esta pasarela participa en los procesos de control de sesión, de modo que:

- Durante el establecimiento de la sesión multimedia, la pasarela procesa las cargas SDP intercambiadas para, de este modo, derivar las demandas de QoS asociadas con la sesión. A partir de estas demandas, la pasarela ejecuta los procesos de control de admisión, verificando si éstas pueden ser satisfechas con los recursos disponibles en el entorno residencial. En caso afirmativo, la pasarela configura su nivel de datos para soportar la sesión multimedia. En caso negativo, la pasarela termina el establecimiento de la sesión multimedia.
- Durante el proceso de liberación de la sesión, la pasarela residencial libera los recursos de QoS asociados con la sesión.

De este modo, la pasarela residencial provee una gestión apropiada de los recursos de QoS en el entorno residencial. Dicha gestión es igualmente apropiada para cualquier escenario de establecimiento de sesión SIP, siendo por tanto la propuesta presentada aplicable a cualquier Red de Próxima Generación con plano de control IMS. Finalmente, la pasarela proporciona funcionalidades de NAT *traversal* para el protocolo SIP basadas en ALG y STUN.

Capítulo 7

Escenarios de pruebas

7.1. Introducción

En este capítulo se describen los procedimientos basados en prototipos reales que se han utilizado para validar experimentalmente las propuestas presentadas en los capítulos 5 y 6. Dichos procedimientos han consistido en la implementación de un prototipo de Servidor de Aplicación Multiusuario (*Multiparty Application Server*, MAS) y de la arquitectura presentada en las figuras 6.2 y 6.6. Cada implementación se ha evaluado sobre un escenario de pruebas específico, estando ambos descritos en este capítulo.

El capítulo se organiza del siguiente modo. En el apartado 7.2 se describe el prototipo de MAS que se ha implementado, así como el escenario de validación sobre el que se ha evaluado su funcionamiento. El apartado 7.3 cubre la implementación de los elementos de la arquitectura de QoS de la pasarela residencial de MUSE, así como la implementación del soporte STUN en la misma. Del mismo modo, en este apartado se describe el escenario de validación en el que se ha evaluado el funcionamiento de la pasarela residencial con las extensiones propuestas. Finalmente, en el apartado 7.4 se incluyen las principales conclusiones obtenidas a lo largo de este capítulo.

7.2. Validación experimental del servidor de aplicación multiusuario

En este apartado se describen los distintos procesos que se han utilizado para la validación experimental de los procedimientos de control de sesión multiusuario descritos en el capítulo 5. A tal efecto, se ha desarrollado un prototipo de MAS que cumple con las siguientes especificaciones indicadas en dicho capítulo:

- Soporte de los procedimientos de establecimiento de sesiones multimedia multiusuario en entornos de red con plano de control IMS.

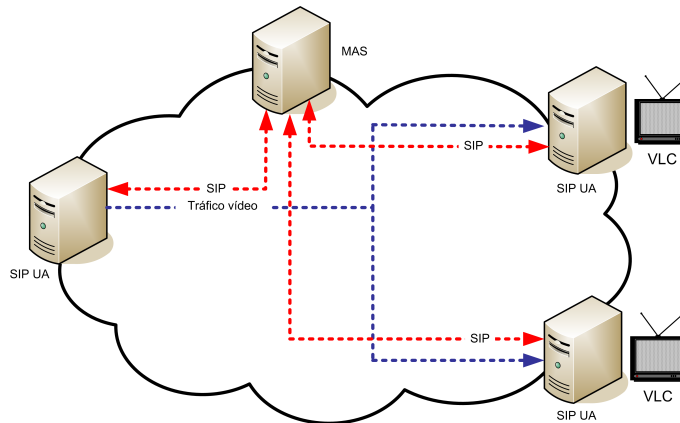


Figura 7.1: Aplicación de vídeo streaming

- Soporte del modelo de negociación de la descripción de la sesión multimedia multiusuario (descrito en el apartado 5.2.3).
- Soporte del mecanismo de notificación del estado de la sesión (descrito en apartado 5.2.7)

La implementación del prototipo de MAS se ha realizado en Java (versión 1.6.0), y se ha utilizado la API JAIN-SIP (versión 1.2) [RO08]. Esta API provee soporte para el desarrollo de aplicaciones basadas en el protocolo SIP, según se define en [Cer02]. Asimismo, contiene una librería SDP (JAIN-SDP) que soporta la gestión de cargas SDP

Finalmente, para evaluar el funcionamiento del prototipo de MAS implementado, se ha desarrollado una aplicación sencilla de vídeo *streaming*. Dicha aplicación se describe en la figura 7.1.

Como se observa en la figura, la aplicación consta de un UE, que soporta las distintas extensiones descritas en el capítulo 5 y que desea transmitir un vídeo a otros dos UEs, que también soportan dichas extensiones y que lo reproducirán localmente a medida que lo reciban. Para ello, el UE transmisor inicia el establecimiento de una sesión multimedia multiusuario indicando, en la *Request-URI* de la solicitud INVITE, la URI SIP del grupo conformado por los tres usuarios. Dicha solicitud llega al MAS, que se encarga de gestionar el establecimiento de la sesión multimedia entre los tres UEs participantes. En principio, esta sesión multimedia está constituida por un único componente de información de vídeo, que se transmitirá directamente sobre UDP en el plano de usuario. El MAS asignará a dicho componente una dirección *multicast* IP. Asimismo, se asume que los UEs deben ejecutar algún proceso de reserva de recursos de QoS como paso previo al establecimiento de la sesión. Dicho proceso se simula, en cada UE, mediante un tiempo de espera aleatorio.

Tras el establecimiento de la sesión, el UE iniciador comienza la transmisión UDP del vídeo a la dirección multicast IP asignada por el MAS al componente de información. El vídeo es transmitido por el UE iniciador y reproducido localmente en los UEs destino mediante la herramienta VLC [VL08], que se ejecuta automáticamente con los parámetros que

Source	Destination	Protocol	Info
10.211.55.2	163.117.139.54	SIP/SDP	Request: INVITE sip:group@163.117.139.54;transport=udp, with session description
163.117.139.54	10.211.55.2	SIP/SDP	Status: 183 Session progress, with session description
10.211.55.2	163.117.139.54	SIP/SDP	Request: PRACK sip:f20d31ee29bb63cc@163.117.139.54:10064, with session description
163.117.139.54	10.211.55.2	SIP/SDP	Status: 200 OK, with session description
10.211.55.2	163.117.139.54	SIP/SDP	Request: UPDATE sip:f20d31ee29bb63cc@163.117.139.54:10064, with session description
163.117.139.54	10.211.55.2	SIP/SDP	Status: 200 OK, with session description
163.117.139.54	10.211.55.2	SIP	Status: 200 OK
10.211.55.2	163.117.139.54	SIP	Request: ACK sip:f20d31ee29bb63cc@163.117.139.54:10064
163.117.139.54	10.211.55.2	SIP	Request: NOTIFY sip:10.211.55.2:41042;transport=udp
10.211.55.2	163.117.139.54	SIP	Status: 200 OK
163.117.139.54	10.211.55.2	SIP	Request: NOTIFY sip:10.211.55.2:41042;transport=udp
10.211.55.2	163.117.139.54	SIP	Status: 200 OK

Figura 7.2: Tráfico de señalización SIP intercambiado entre el UE iniciador y el MAS

se obtienen como resultado de la negociación de la descripción de la sesión.

En la figura 7.2 se muestra una captura del tráfico de señalización SIP intercambiado entre el UE iniciador y el MAS. Dicha captura se ha realizado utilizando la herramienta Ethereal [Enpa08] en el equipo del UE iniciador. Según se observa en la figura, el intercambio de mensajes de señalización coincide con el de la figura 5.1. Así, la solicitud INVITE es enviada desde el UE iniciador hacia el MAS, conteniendo en el campo *Request-URI* la URI SIP del grupo formado por los tres usuarios (“*sip:group@163.117.139.54*” en la figura). Los mensajes INVITE, *Session in Progress*, PRACK y OK transportan carga SDP, puesto que es en dichos mensajes en los que se realiza la negociación de la descripción de la sesión. Los mensajes UPDATE y OK también transportan carga SDP, indicando el estado actual de las precondiciones de QoS. No existe respuesta RINGING a la solicitud INVITE, puesto que se trata de una aplicación de transferencia de datos en la que no se requiere que ningún usuario destino confirme el establecimiento de la sesión. Cuando uno de los UEs destino acepta el establecimiento de la sesión, envía una respuesta OK hacia el MAS, el cual a su vez genera una nueva respuesta OK para la solicitud INVITE recibida desde el UE iniciador. Por otro lado, el MAS genera una solicitud NOTIFY, incluyendo el estado de la sesión multimedia multiusuario, que es enviada hacia el UE iniciador y hacia el UE que ha aceptado el establecimiento de la sesión (sólo la primera se observa en la figura). Finalmente, cuando el MAS recibe la respuesta OK desde el otro UE destino, éste genera una nueva solicitud NOTIFY, indicando el estado de la sesión, la cual es enviada a los tres UEs participantes. Dicha solicitud es el segundo mensaje NOTIFY mostrado en la figura.

En la figura 7.3 se muestra una captura del tráfico de señalización SIP intercambiado entre el MAS y el UE que ha aceptado el establecimiento de la sesión multimedia multiusuario en último lugar. Dicha captura ha sido realizada en el equipo en el que se ejecuta el UE. En este caso, se observa como el UE recibe una única solicitud NOTIFY, la cual es generada cuando éste acepta el establecimiento de la sesión (esto es, tras enviar la respuesta OK a la solicitud INVITE).

Source	Destination	Protocol	Info
163.117.139.54	10.37.129.2	SIP/SDP	Request: INVITE sip:user3@10.37.129.2:41051, with session description
10.37.129.2	163.117.139.54	SIP/SDP	Status: 183 Session progress, with session description
163.117.139.54	10.37.129.2	SIP/SDP	Request: PRACK sip:user3@10.37.129.2:41051, with session description
10.37.129.2	163.117.139.54	SIP/SDP	Status: 200 OK, with session description
163.117.139.54	10.37.129.2	SIP/SDP	Request: UPDATE sip:user3@10.37.129.2:41051, with session description
10.37.129.2	163.117.139.54	SIP/SDP	Status: 200 OK, with session description
10.37.129.2	163.117.139.54	SIP	Status: 200 OK
163.117.139.54	10.37.129.2	SIP	Request: NOTIFY sip:user3@10.37.129.2:41051
163.117.139.54	10.37.129.2	SIP	Request: ACK sip:user3@10.37.129.2:41051
10.37.129.2	163.117.139.54	SIP	Status: 200 OK

Figura 7.3: Tráfico de señalización SIP intercambiado entre el MAS y un UE destino

7.3. Validación de la arquitectura de QoS de la pasarela residencial

En este apartado se describen los distintos procesos que se han utilizado para validar la arquitectura de QoS presentada en 6.3, así como la solución de NAT traversal basada en STUN presentada en 6.6. Para ello, ambas extensiones han sido implementadas sobre la plataforma básica proporcionada por la pasarela residencial desarrollada en el proyecto MUSE. El prototipo finalmente implementado cumple con las especificaciones proporcionadas en el capítulo 6:

- Integración en los procedimientos de control de sesión de la NGN de TISPAN (basados en SIP).
- Soporte de configuración automática de la QoS en el entorno residencial del usuario final.
- Soporte de mecanismos de NAT traversal (ALG y STUN).

La implementación de ambas extensiones se ha realizado utilizando Java (versión 1.5.0). Asimismo, en la implementación del SIP SP (*Signalling Process*) se ha utilizado la API JAIN-SIP (versión 1.2).

Este prototipo ha sido validado en el ámbito del proyecto MUSE. A tal efecto, la dirección del proyecto creó un paquete de trabajo específico a cargo de los procesos de validación. Adicionalmente, su funcionamiento ha sido validado en [RPVJGa07] y [RPW⁺07]. Finalmente, para evaluar el prototipo de pasarela residencial desarrollado, en el contexto de esta Tesis Doctoral, se ha implementado el escenario de red mostrado en la figura 7.4.

Según se observa en la figura, el escenario de red consiste en dos entornos residenciales, interconectados mediante un equipo que simula una red de acceso Ethernet. En cada entorno residencial se ha instalado un videoteléfono SIP *software* y un cliente de vídeo SIP, ambos ejecutándose en un ordenador tipo PC:

- El videoteléfono SIP soporta el establecimiento de videollamadas, en las que se utilizan dos componentes de información (esto es, uno de vídeo y otro de audio). En este escenario, se ha utilizado la herramienta de videotelefonía Kapanga [Kap08]. No

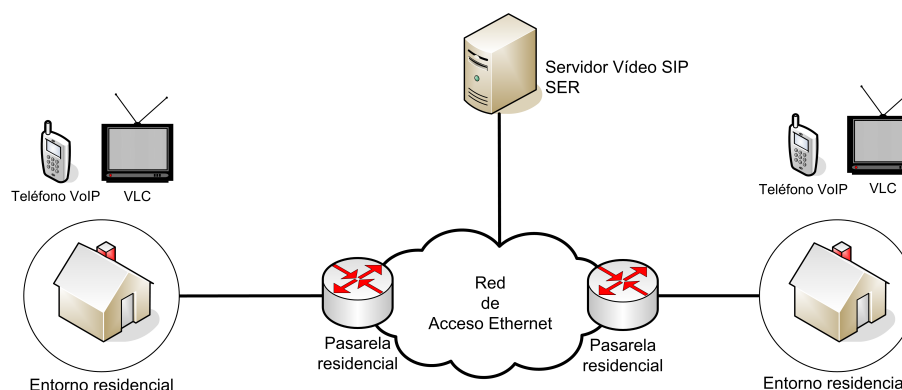


Figura 7.4: Escenario de red para validar la pasarela residencial

obstante, si bien esta aplicación está basada en SIP e implementa un cliente STUN, no soporta los procedimientos de control de sesión indicados en [TIS06d]. En cualquier caso, es una aplicación apropiada para validar el funcionamiento del SIP SP, puesto que los procedimientos de control de sesión implementados por éste son apropiados para cualquier escenario de establecimiento de sesión SIP, y la QoS demandada sigue derivando automáticamente a partir de las cargas SDP intercambiadas.

- El cliente de vídeo SIP permite solicitar la recepción de un vídeo determinado, siendo este localmente reproducido en el PC mediante la herramienta VLC. Dicho cliente soporta los procedimientos de control de sesión especificados en [TIS06d].

Por otro lado, a la red de acceso se conecta un equipo tipo PC que soporta las siguientes aplicaciones/servicios:

- Un *Proxy/Registrar* SIP (SIP Express Router [SER08]). Esta aplicación soportará el registro de los videoteléfonos, actuando además como proxy SIP en los procedimientos de establecimiento y de liberación de llamadas.
- Un Servidor de vídeo SIP. Este servidor atiende las peticiones recibidas desde los entornos residenciales que han sido realizadas por los clientes de vídeo SIP, estando a cargo de servir los vídeos requeridos. Este servidor soporta los procedimientos de control de sesión especificados en [TIS06d].

En el escenario considerado, se han realizado las siguientes pruebas:

- Validación de los procedimientos de control de sesión en el SIP SP. Mediante la herramienta de captura de tráfico Ethereal se ha verificado que el SIP SP participa en los procedimientos de control de sesión, de acuerdo con las especificaciones contenidas en el capítulo 6. En concreto, se ha verificado como el SIP SP cancela el establecimiento de la sesión multimedia cuando no existen suficientes recursos en el entorno residencial para satisfacer las demandas de QoS asociadas con la sesión.

- Gestión de los recursos de QoS en el entorno residencial. La implementación de la pasarela residencial proporcionada provee una herramienta de gestión Web que permite visualizar en cualquier momento el estado de los recursos de QoS en el entorno residencial (ej. ancho de banda disponible en las interfaces, flujos asignados a las colas de procesamiento, etc.). De este modo, ha sido posible verificar que la gestión de los recursos de QoS se realiza de manera apropiada en los distintos escenarios de señalización relacionados con el control de la sesión (establecimiento, rechazo de establecimiento y liberación).
- Validación de las funcionalidades de NAT *traversal*. Utilizando los videoteléfonos de los entornos residenciales, es posible establecer videollamadas realizando las funcionalidades de NAT *traversal* mediante un cliente STUN o mediante la funcionalidad ALG de la pasarela residencial. En cualquier caso, se verifica que las llamadas se establecen apropiadamente, y que los componentes de información se intercambian entre ambos videoteléfonos pasando a través de las funcionalidades de NAT de ambas pasarelas residenciales. Asimismo, la herramienta de captura de tráfico Ethereal permite verificar las asociaciones de NAT que se han incluido en los mensajes SIP intercambiados. Además, la herramienta de gestión Web de la pasarela residencial permite verificar que dichas asociaciones han sido apropiadamente configuradas en el nivel de datos de cada pasarela.

7.4. Conclusiones

En este capítulo se han detallado los mecanismos empleados para la validación experimental de las propuestas presentadas en 5 y 6. A tal efecto, se ha implementado un prototipo de MAS, cuyo funcionamiento se ha validado mediante su integración en un escenario concreto de aplicación, consistente en una aplicación de vídeo *streaming*. Por otro lado, se han implementado las extensiones propuestas a la arquitectura de pasarela residencial de MUSE para, de este modo, soportar la gestión automática de los recursos de QoS en el entorno residencial de la Red de Próxima Generación de TISPAN, así como los procedimientos de NAT *traversal* necesarios por el uso de SIP en el plano de control. Finalmente, la pasarela residencial se ha integrado en un escenario de red que ha permitido verificar el apropiado funcionamiento de las implementaciones realizadas.

De este modo, los procesos de prueba experimental presentados han posibilitado verificar la validez de las soluciones propuestas, mediante su instanciación en prototipos *software* cuyo funcionamiento ha sido apropiadamente verificado en escenarios de aplicación concretos.

Capítulo 8

Conclusiones

8.1. Conclusiones

El proceso de especificación de la tecnología UMTS como estándar global 3G ha resultado en el desarrollo del Subsistema Multimedia IP (IMS). IMS es una arquitectura de control, basada en el protocolo IP, que proporciona un conjunto de funcionalidades esenciales en la provisión de servicios en UMTS. En este contexto, cada vez cobran mayor importancia los servicios multiusuario, que involucran el intercambio de información entre múltiples participantes en el servicio (ejemplos son el servicio de Conferencia o el servicio *Push-to-talk*).

Sin embargo, las especificaciones desarrolladas hasta la fecha por el 3GPP para esta clase de servicios no proveen una plataforma genérica que permita configurar el servicio y entregarlo de manera eficiente al usuario final, siendo típicamente los procesos de configuración del servicio dependientes de éste, lo que incrementa los costes de desarrollo.

Por otro lado, hoy en día existen numerosos esfuerzos de estandarización relacionados con el campo de Redes de Próxima Generación (NGN), con el objeto de desarrollar nuevas infraestructuras de red con capacidades que permitan entregar al usuario los servicios del futuro con garantías de QoS e integrando las redes de acceso fijas y móviles disponibles en el mercado. Entre las iniciativas más importantes en el campo de las Redes de Próxima Generación, adquiere especial relevancia la propuesta por el grupo TISPAN de ETSI, que trabaja en el desarrollo de una NGN basada en las especificaciones desarrolladas por el 3GPP para IMS.

En esta Tesis Doctoral se han propuesto extensiones a los procedimientos de control de sesión de IMS para soportar escenarios en los que los servicios involucran la participación de múltiples usuarios. Estas extensiones consisten en la introducción de un Servidor de Aplicación (MAS), cuya lógica de servicio permite extender los procedimientos de control de sesión uno-a-uno, especificados por el 3GPP para IMS, al contexto multiusuario. Los procedimientos de control de sesión ejecutados por el MAS permiten establecer sesiones multimedia multiusuario, soportando que distintos UEs participen en el intercambio de los distintos componentes de información que componen la sesión y resultando en la selección de un único formato para cada componente de información aceptado. Además, los UEs

participantes son informados sobre el estado de la sesión multimedia multiusuario ante los cambios producidos en ésta (por ejemplo, por el abandono de un participante), lo que les permite realizar un uso eficiente de los recursos de QoS en las redes de transporte. Finalmente, el tráfico de usuario asociado con los componentes de información aceptados se transmite mediante el empleo de un servicio de entrega *multicast* a nivel de red, lo que proporciona una mayor eficiencia de transmisión, mayor escalabilidad, mayor tolerancia a fallos y mayor compatibilidad con otros servicios de Internet basados en dicha tecnología de entrega. Estas extensiones han sido publicadas en [VSV⁺07] y [VSV⁺on].

Además, esta propuesta ha sido validada experimentalmente mediante la implementación de un prototipo *software* del MAS. Este prototipo se ha integrado en un escenario de aplicación concreto (una aplicación de vídeo *streaming*) sobre el que se ha evaluado apropiadamente su funcionamiento, verificándose la validez de la solución presentada.

Por otro lado, se han propuesto extensiones a la solución de QoS presentada en la primera versión de especificaciones de la NGN de TISPAN. Estas extensiones permiten proporcionar QoS en el entorno residencial del usuario, garantizando además una reserva adecuada de los recursos de transporte en el sentido *uplink* de la red de acceso. Estas extensiones se han publicado en [VGV⁺06a], [VGV⁺07] y [VVG⁺07c], y consisten en la introducción de una pasarela residencial en la red del usuario final. Esta pasarela participa en los procesos de control de sesión realizando, a partir de los mensajes de SIP intercambiados, una gestión automática de los recursos de QoS en el entorno residencial del usuario. Dicha gestión es igualmente apropiada para cualquier escenario de establecimiento de sesión SIP, siendo por tanto la propuesta presentada aplicable a cualquier Red de Próxima Generación con plano de control IMS. Asimismo, la pasarela proporciona funcionalidades de NAT *traversal* para el protocolo SIP basadas en ALG y STUN.

Esta propuesta ha sido validada, mediante la implementación de estas extensiones en el prototipo de pasarela residencial desarrollado en el marco del proyecto europeo MUSE. El funcionamiento del prototipo final ha sido validado internamente dentro del proyecto, así como en [RPVJGa07] y [RPW⁺07]. En el contexto de esta Tesis doctoral, el apropiado funcionamiento del prototipo final ha sido verificado en un escenario de red concreto, con varios entornos residenciales sobre los que se ofrecen distintos servicios multimedia (en concreto, un servicio VoIP y un servicio de vídeo bajo demanda).

Otras publicaciones relacionadas con el contenido de esta Tesis Doctoral son [VVG⁺on], [VVG⁺07a], [VGVA07], [RPV⁺07], [GVVA07], [VVG⁺07b], [VGV⁺06b] y [VGP⁺06].

8.2. Líneas futuras

En este apartado se incluyen algunas líneas abiertas de investigación que resultan de interés para extender el trabajo desarrollado en la presente Tesis Doctoral.

Por un lado, en el capítulo 5 se describen extensiones a los procedimientos de control de sesión en IMS para, de este modo, soportar la gestión de sesiones multimedia en entornos multiusuario. La solución presentada es válida para cualquier tecnología empleada en la red

de acceso, siempre que los UEs necesiten ejecutar procedimientos de reserva de recursos de QoS (esto ocurre, por ejemplo, en el caso de una red de acceso UMTS). Igualmente, en este capítulo se realizan una serie de consideraciones generales que permiten aplicar la solución presentada sobre otras redes de acceso en las que los UEs no necesitan realizar una reserva de recursos. Es posible, sin embargo, que existan escenarios en los que el servicio multiusuario involucre la participación simultánea de UEs en ambos tipos de redes de acceso. Para cubrir estos casos, será necesario definir nuevos procedimientos en la lógica de servicio del MAS que permitan gestionar de manera consistente la señalización SIP y las precondiciones de QoS intercambiadas durante los procedimientos de establecimiento de sesión.

Por otro lado, se asume, a lo largo de este capítulo, que los UEs soportan la extensión de fiabilidad de respuestas provisionales de SIP [RS02b] y la extensión de integración de la gestión recursos y SIP [CMR02] [CK05]. No se han considerado, no obstante, los casos en los que los UEs no son terminales IMS y no soportan ambas extensiones. Estos casos deberán ser tenidos en cuenta si se desea desarrollar una solución general que permita interactuar a los terminales IMS y no IMS en la ejecución de servicios multiusuario.

Otra línea de trabajo que resulta interesante de cara a extender las soluciones presentadas, consiste en estudiar la aplicación del servicio portador MBMS para implementar los contextos PDP compartidos que se han descrito en el capítulo 5. A tal efecto, será necesario afrontar la problemática indicada en el capítulo 2, relativa al uso de MBMS en la provisión de servicios multiusuario. Un aspecto especialmente relevante a este respecto consiste en estudiar cómo debe ser la interacción entre MBMS y la funcionalidad PCC (*Policy and Charging Control*) de IMS, de cara a ejecutar los procesos de autorización de la QoS que se requiere para cada servicio portador MBMS (según se indica explícitamente en [3rdb], donde se describe la funcionalidad de PCC, el soporte de portadoras *multicast* no se cubre en este documento).

También, una línea de trabajo a seguir consiste en estudiar los mecanismos de facturación asociados con la solución presentada, a través de la funcionalidad PCC de IMS.

Finalmente, en el capítulo 6 se indican extensiones a la solución de QoS presentada en la primera versión de especificaciones de la NGN de TISPAN para, de este modo, cubrir el entorno residencial del usuario. Las aportaciones descritas en este capítulo se basan, no obstante, en sesiones IMS establecidas entre dos UEs, en las que la transmisión de información se realiza en el plano de usuario mediante tecnologías de entrega *unicast*. Una línea de trabajo futura a este respecto consiste en extender la solución presentada en este capítulo para soportar en la pasarela residencial el control de sesiones multimedia multiusuario, de acuerdo con los procedimientos detallados en el capítulo 5, configurando automáticamente la QoS requerida en el entorno residencial para la ejecución de servicios multiusuario basados en tecnologías de entrega *multicast* a nivel de red.

Parte III

Apéndice

Apéndice A

Estado de la sesión multimedia multiusuario

En este apéndice se describe el conjunto de elementos de información, recogidos en el paquete de eventos *conference* (véase [RSL06]), que serán utilizados para la generación del documento de información sobre la sesión multimedia multiusuario que se enviará en el cuerpo de las solicitudes NOTIFY desde el MAS. Dicho documento describirá el estado de la sesión, proporcionando a los UEs que han aceptado el establecimiento de la misma información apropiada para un uso eficiente de los recursos de QoS.

En la figura A.1 se indica la estructura seguida por los distintos elementos de información a la hora de componer el documento de información sobre la sesión. Dicha estructura se deriva de la definida en [RSL06], teniendo en cuenta únicamente aquellos elementos de información que son necesarios en el contexto de la sesión multimedia multiusuario. En los siguientes apartados se describe en detalle la semántica que tendrá asociada cada uno de estos elementos.

A.1. Elemento de información <conference-info>

El documento de información sobre la sesión multimedia multiusuario comienza con el elemento raíz <conference-info>, para el cual se utilizarán los siguientes atributos (definidos en [RSL06]):

entity

Contiene la URI SIP generada por el MAS para la sesión multimedia multiusuario.

state

Indica si el documento contiene la información completa sobre el estado de la sesión (valor “*full*”) o únicamente la información que ha cambiado desde el documento previo (valor “*partial*”).

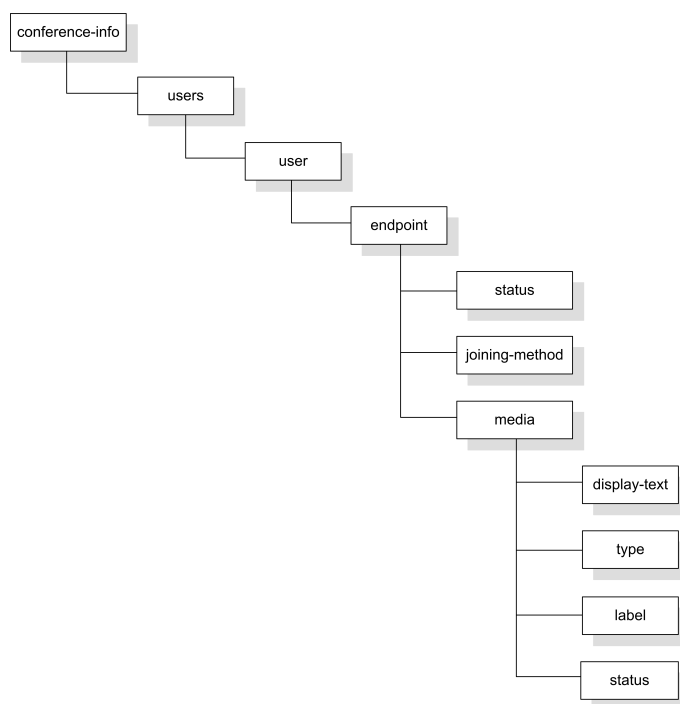


Figura A.1: Estructura de los elementos de información

version

Permite al receptor del documento ordenar apropiadamente las notificaciones recibidas. De acuerdo con [RSL06], el MAS debe incrementar el número de versión para cada notificación enviada que reporta un cambio en el estado de la sesión a un UE suscriptor .

A.2. Elemento de información <users>

El elemento de información <conference-info> contendrá un elemento hijo <users>. Éste, a su vez, es un contenedor de elementos hijo <user>, cada uno de ellos describiendo un único usuario participante en la sesión. Se utilizarán los siguientes atributos para el elemento <user>:

entity

Contiene la URI SIP del usuario al que el elemento <user> hace referencia.

state

Indica si el documento contiene la información completa sobre el usuario (valor “full”), o únicamente la información que ha cambiado desde el documento previo (valor “partial”).

A.3. Elemento de información <endpoint>

En [RSL06] se define, para el elemento <user>, el elemento hijo <endpoint>. Este elemento será utilizado en el contexto de la sesión multimedia multiusuario para almacenar la información sobre el UE de un usuario y sobre los parámetros asociados con la sesión que han sido acordados por éste. Para este elemento de información, se utilizarán los siguientes atributos:

entity

El MAS incluirá aquí la URI SIP indicada por el UE en la cabecera *Contact* recibida desde el <endpoint> en una solicitud INVITE (en caso de ser el UE el iniciador de la sesión) o en una respuesta *Session in Progress* (en caso de no ser el UE el iniciador de la sesión).

state

Indica si el elemento contiene la información completa sobre el UE (valor “*full*”), o únicamente la información que ha cambiado desde el documento previo (valor “*partial*”).

Asociados con el elemento <endpoint> se utilizarán los siguientes elementos hijo:

- <status>: contiene el estado del UE, y tomará uno de los siguientes valores (éste es un subconjunto de los valores definidos en [RSL06]):
 - *pending*: Este es el estado inicial de cualquier UE participante. En el caso de un UE destino, este estado indica que el UE no ha aceptado el establecimiento de la sesión. En el caso del UE iniciador, este estado indica que ningún UE destino ha aceptado el establecimiento de la sesión.
 - *connected*: este estado indica que el UE es un participante activo en la sesión multimedia multiusuario. Así, si el UE es el iniciador de la sesión, éste pasa a estado *connected* si algún UE destino ha aceptado el establecimiento de la sesión. Si el UE no es el iniciador de la sesión, pasa a estado *connected* cuando su usuario correspondiente acepta el establecimiento de la sesión.
 - *disconnected*: no existe diálogo SIP ente el UE y el MAS. El UE pasa a este estado tras abandonar la sesión multimedia multiusuario.
- <joining-method>: indica el modo en el que el UE se convirtió en participante de la sesión multimedia multiusuario. Puede tomar los siguientes valores (éste es un subconjunto de los valores definidos en [RSL06]):
 - *dialed-in*: el UE es el iniciador de la sesión multimedia multiusuario (esto es, envió el mensaje INVITE inicial al MAS)
 - *dialed-out*: el UE recibió una invitación para participar en la sesión multimedia multiusuario (esto es, el MAS envió una solicitud INVITE al UE).
- <media>: contiene información sobre un componente de información, y se incluye para cada componente de información acordado con el UE.

A.4. Elemento de información <media>

Se define un único atributo para el elemento <media>, esto es, el atributo “*id*”. Este atributo es el identificador del componente de información en el contexto del elemento <endpoint> en el que se incluye. Se utilizarán los siguientes elementos hijo para el elemento de información <media>:

- <display-text>: contiene un texto explicativo para el componente de información. El valor de este elemento se corresponde con el del atributo “*i*” de SDP para un componente de información.
- <type>: contiene el tipo del componente de información. El valor de este elemento debe ser uno de los valores registrados para el atributo “*m*” de SDP, esto es, “*audio*”, “*video*”, “*application*” o “*message*”.
- <label>: contiene un identificador único para el componente de información en el contexto de la sesión multimedia multiusuario. El valor de este elemento es asignado por el MAS, y es indicado por éste a los distintos UEs participantes en la sesión mediante el atributo “*label*” de SDP (véase apartado 5.2.7).
- <status>: indica la direccionalidad del componente de información desde el punto de vista del UE. Puede tomar los valores “*sendonly*”, “*recvonly*” o “*sendrecv*”, según se definen en la especificación de SDP.

A.5. Esquema XML

En esta sección se indica el esquema XML del documento de información sobre la sesión multimedia multiusuario. Este esquema es el indicado en [RSL06], restringido a los elementos de información descritos en este anexo.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<xs:schema
targetNamespace="urn:ietf:params:xml:ns:conference-info"
xmlns:tns="urn:ietf:params:xml:ns:conference-info"
xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns="urn:ietf:params:xml:ns:conference-info"
elementFormDefault="qualified"
attributeFormDefault="unqualified">

<!--
  This imports the xml:language definition
-->
<xs:import namespace="http://www.w3.org/XML/1998/namespace"
  schemaLocation="http://www.w3.org/2001/03/xml.xsd" />
```

```
<!--
  CONFERENCE ELEMENT
-->
<xs:element name="conference-info" type="conference-type"/>

<!--
  CONFERENCE TYPE
-->
<xs:complexType name="conference-type">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="users"
      type="users-type" minOccurs="0"/>
    <xs:any namespace="##other" processContents="lax"
      minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
  </xs:sequence>
  <xs:attribute name="entity"
    type="xs:anyURI" use="required"/>
  <xs:attribute name="state"
    type="state-type" use="optional" default="full"/>
  <xs:attribute name="version"
    type="xs:unsignedInt" use="optional"/>
  <xs:anyAttribute namespace="##other" processContents="lax"/>
</xs:complexType>

<!--
  USERS TYPE
-->
<xs:complexType name="users-type">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="user" type="user-type"
      minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
    <xs:any namespace="##other" processContents="lax"
      minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
  </xs:sequence>
  <xs:attribute name="state" type="state-type"
    use="optional" default="full"/>
  <xs:anyAttribute namespace="##other" processContents="lax"/>
</xs:complexType>

<!--
  USER TYPE
-->
<xs:complexType name="user-type">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="endpoint" type="endpoint-type"
      minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
    <xs:any namespace="##other" processContents="lax"
      minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
  </xs:sequence>
  <xs:attribute name="entity" type="xs:anyURI"/>
  <xs:attribute name="state" type="state-type">
```

```

        use="optional" default="full"/>
        <xs:anyAttribute namespace="##other" processContents="lax"/>
    </xs:complexType>

<!--
    ENDPOINT TYPE
-->
<xs:complexType name="endpoint-type">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="joining-method" type="joining-type"
            minOccurs="0"/>
        <xs:element name="media" type="media-type"
            minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
        <xs:element name="status" type="endpoint-status-type"
            minOccurs="0"/>
        <xs:any namespace="##other" processContents="lax"
            minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="entity" type="xs:string"/>
    <xs:attribute name="state" type="state-type"
        use="optional" default="full"/>
    <xs:anyAttribute namespace="##other" processContents="lax"/>
</xs:complexType>

<!--
    ENDPOINT STATUS TYPE
-->
<xs:simpleType name="endpoint-status-type">
    <xs:restriction base="xs:string">
        <xs:enumeration value="pending"/>
        <xs:enumeration value="connected"/>
        <xs:enumeration value="disconnected"/>
    </xs:restriction>
</xs:simpleType>

<!--
    MEDIA TYPE
-->
<xs:complexType name="media-type">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="display-text" type="xs:string"
            minOccurs="0"/>
        <xs:element name="type" type="xs:string"
            minOccurs="0"/>
        <xs:element name="label" type="xs:string"
            minOccurs="0"/>
        <xs:element name="status" type="media-status-type"
            minOccurs="0"/>
        <xs:any namespace="##other" processContents="lax"
            minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
    </xs:sequence>

```



```
        </xs:sequence>
        <xs:attribute name="id" type="xs:string"
            use="required"/>
        <xs:anyAttribute namespace="##other" processContents="lax"/>
    </xs:complexType>

    <!--
        MEDIA STATUS TYPE
    -->
    <xs:simpleType name="media-status-type">
        <xs:restriction base="xs:string">
            <xs:enumeration value="recvonly"/>
            <xs:enumeration value="sendonly"/>
            <xs:enumeration value="sendrecv"/>
        </xs:restriction>
    </xs:simpleType>

    <!--
        JOINING TYPE
    -->
    <xs:simpleType name="joining-type">
        <xs:restriction base="xs:string">
            <xs:enumeration value="dialed-in"/>
            <xs:enumeration value="dialed-out"/>
        </xs:restriction>
    </xs:simpleType>

</xs:schema>
```


Acrónimos

3G Tercera Generación

3GPP *Third Generation Partnership Project*

3GPP2 *Third Generation Partnership Project 2*

AKA *Authentication and Key Agreement*

AF *Application function*

ALG *Application Level Gateway*

ANSI *American National Standards Institute*

API *Application Programming Interface*

AS *Application Server*

ASF *Application Server Function*

B2BUA *Back-to-Back User Agent*

BM-SC *Broadcast Multicast Service Centre*

CAC *Call Admission Control*

CAMEL *Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic*

CAP *Camel Application Part*

CCCP *Click! Configuration Controller Process*

CCF *Charging Collection Function*

CDMA *Code Division Multiple Access*

CDR *Charging Data Record*

CRF *Charging Rules Function*

COPS *Common Open Policy Service*

- CSD** *Click! Signalling Dispatcher*
- DECT** *Digital Extended Cordless Telephone*
- DNS** *Domain Name System*
- EDGE** *Enhanced Data Rates for GSM Evolution*
- FDD** *Frequency Division Duplexing*
- FDMA** *Frequency Division Multiple Access*
- GTP** *GPRS Tunneling Protocol*
- HSS** *Home Subscriber Server*
- I-CSCF** *Interrogating-Call Session Control Function*
- IETF** *Internet Engineering Task Force*
- IM-SSF** *IP Multimedia-Service Switching Function*
- IMS** *IP Multimedia Subsystem*
- IMT-2000** *International Mobile Telecommunications-2000*
- IPsec** *Internet Protocol Security*
- ISC** *IMS Service Control*
- ITU** *International Telecommunication Union*
- ITU-R** *ITU-Radiocommunication Sector*
- ITU-T** *ITU-Telecommunication Standardisation Sector*
- MAP** *Mobile Application Part*
- MAS** *Multiparty Application Server*
- MBMS** *Multimedia Broadcast Multicast Service*
- MUSE** *Multi Service Access Everywhere*
- NASS** *Network Attachment Subsystem*
- NGN** *Next Generation Network*
- OMA** *Open Mobile Alliance*
- OSA** *Open Services Architecture*
- PCC** *Policy and Charging Control*
- PCEF** *Policy and Charging Enforcement Function*

-
- PCRF** *Policy and Charging Rules Function*
- P-CSCF** *Proxy-Call Session Control Function*
- PDF** *Policy Decision Function*
- PDP** *Packet Data Protocol*
- PDP (SBLP)** *Policy Decision Point*
- PEP** *Policy Enforcement Point*
- PSTN** *Public Switched Telephony Network*
- RACS** *Resource and Admission Control Subsystem*
- RAN** *Red de Acceso Radio*
- RDSI** *Red Digital de Servicios Integrados*
- RTP** *Real-time Transport Protocol*
- RTCP** *RTP Control Protocol*
- SBLP** *Service-Based Local Policy*
- SCS** *Service Capability Server*
- S-CSCF** *Serving-Call Session Control Function*
- SDP** *Session Description Protocol*
- SIP** *Session Initiation Protocol*
- SP** *Signalling Process*
- SPR** *Subscription Profile Repository*
- SLF** *Subscription Locator Function*
- STUN** *Simple Traversal of User Datagram Protocol Through Network Address Translators*
- THIG** *Topology Hiding Inter-network Gateway*
- TDD** *Time Division Duplexing*
- TDMA** *Time Division Multiple Access*
- TD-SCDMA** *Time Division Synchronous Code Division Multiple Access*
- UA** *User Agent*
- UAC** *User Agent Client*
- UAS** *User Agent Server*

UE *User Equipment*

UMTS *Universal Mobile Telecommunications System*

UTRAN *Red de Acceso Radio Terrestre Universal*

WCDMA *Wideband Code Division Multiple Access*

Bibliografía

- [VL08] VLC media player. <http://www.videolan.org/vlc/>, April 2008.
- [3rda] 3rd Generation Partnership Project. 3GPP TS 23.198 v7.3.0: Technical Specification Group Core Network and Terminals; Open Service Access (OSA); Stage 2 (Release 7).
- [3rdb] 3rd Generation Partnership Project. 3GPP TS 23.203 v8.1.1: Technical Specification Group Services and System Aspects; Policy and charging control architecture (Release 8).
- [3rdc] 3rd Generation Partnership Project. 3GPP TS 24.141 v8.0.0: Technical Specification Group Core Network and Terminals; Presence service using the IP Multimedia (IM) Core Network (CN) subsystem; Stage 3 (Release 8).
- [3rdd] 3rd Generation Partnership Project. 3GPP TS 29.002 v8.5.0: Technical Specification Group Core Network and Terminals; Mobile Application Part (MAP) specification; (Release 8).
- [3rde] 3rd Generation Partnership Project. 3GPP TS 29.060 v8.3.0: Technical Specification Group Core Network and Terminals; General Packet Radio Service (GPRS); GPRS Tunnelling Protocol (GTP) across the Gn and Gp interface (Release 8).
- [3rdf] 3rd Generation Partnership Project. 3GPP TS 29.212 v7.4.0: Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Policy and charging control over Gx reference point; (Release 7).
- [3rdg] 3rd Generation Partnership Project. 3GPP TS 29.214 v8.0.0: Technical Specification Group Core Network and Terminals; Policy and Charging Control over Rx reference point (Release 8).
- [3rdh] 3rd Generation Partnership Project. 3GPP TS 29.229 v8.1.0: Technical Specification Group Core Network and Terminals; Cx and Dx interfaces based on the Diameter protocol; Protocol details (Release 8).
- [3rdi] 3rd Generation Partnership Project. 3GPP TS 29.278 v7.0.0: Technical Specification Group Core Network; Customised Applications for Mobile network

- Enhanced Logic (CAMEL) Phase 4; CAMEL Application Part (CAP) specification for IP Multimedia Subsystems (IMS) (Release 7).
- [3rdj] 3rd Generation Partnership Project. 3GPP TS 29.329 v8.0.0: Technical Specification Group Core Network and Terminals; Sh interface based on the Diameter protocol; Protocol details (Release 8).
- [3rd07] 3rd Generation Partnership Project. 3GPP TS 23.246 v8.1.0: Specification Group Services and System Aspects; Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Architecture and functional description (Release 8), December 2007.
- [3rd08a] 3rd Generation Partnership Project. 3GPP TR 24.930 v8.0.0: Technical Specification Group Core Network and Terminals; 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 (Release 8), March 2008.
- [3rd08b] 3rd Generation Partnership Project. 3GPP TS 22.246 v8.5.0: Technical Specification Group Services and System Aspects; Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS) user services; Stage 1 (Release 8), March 2008.
- [3rd08c] 3rd Generation Partnership Project. 3GPP TS 23.228 v8.4.0: Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2, April 2008.
- [3rd08d] 3rd Generation Partnership Project. (3GPP TS 24.147 v8.1.0: Technical Specification Group Core Network and Terminals; Conferencing using the IP Multimedia (IM) Core Network (CN) subsystem; Stage 3 (Release 8), March 2008.
- [3rd08e] 3rd Generation Partnership Project. 3GPP TS 24.229 v8.3.0: Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); IP multimedia call control protocol based on Session Initiation Protocol (SIP) and Session Description Protocol (SDP); Stage 3 (Release 8), April 2008.
- [3rd08f] 3rd Generation Partnership Project. 3GPP TS 24.247 v8.1.0: Technical Specification Group Core Network and Terminals; Messaging service using the IP Multimedia (IM) Core Network (CN) subsystem; Stage 3 (Release 8), March 2008.
- [3rd08g] 3rd Generation Partnership Project. 3GPP TS 25.346 v8.1.0: Technical Specification Group Radio Access Network; Introduction of the Multimedia Broadcast Multicast Service (MBMS) in the Radio Access Network (RAN); Stage 2 (Release 8), March 2008.
- [BBC⁺98] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, and W. Weiss. An Architecture for Differentiated Service. RFC 2475 (Informational), December 1998. Updated by RFC 3260.

- [BCS94] R. Braden, D. Clark, and S. Shenker. Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview. RFC 1633 (Informational), June 1994.
- [Cam03] G. Camarillo. Compressing the Session Initiation Protocol (SIP). RFC 3486 (Proposed Standard), February 2003.
- [CDK⁺02] B. Cain, S. Deering, I. Kouvelas, B. Fenner, and A. Thyagarajan. Internet Group Management Protocol, Version 3. RFC 3376 (Proposed Standard), October 2002. Updated by RFC 4604.
- [Cer02] V. Cerf. The Internet is for Everyone. RFC 3271 (Informational), April 2002.
- [CJ08] G. Camarillo and A. Johnston. Conference Establishment Using Request-Contained Lists in the Session Initiation Protocol (SIP). Draft-ietf-sip-uri-list-conferencing-02, November 2007 (expires on May 16, 2008).
- [CK05] G. Camarillo and P. Kyzivat. Update to the Session Initiation Protocol (SIP) Preconditions Framework. RFC 4032 (Proposed Standard), March 2005.
- [CLG⁺03] P. Calhoun, J. Loughney, E. Guttman, G. Zorn, and J. Arkko. Diameter Base Protocol. RFC 3588 (Proposed Standard), September 2003.
- [CMR02] G. Camarillo, W. Marshall, and J. Rosenberg. Integration of Resource Management and Session Initiation Protocol (SIP). RFC 3312 (Proposed Standard), October 2002. Updated by RFC 4032.
- [EFH⁺98] D. Estrin, D. Farinacci, A. Helmy, D. Thaler, S. Deering, M. Handley, V. Jacobson, C. Liu, P. Sharma, and L. Wei. Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification. RFC 2362 (Experimental), June 1998. Obsoleted by RFC 4601.
- [Enpa08] <http://ethereal.com/> Ethereal network protocol analyzer, April 2008.
- [GGRVA05] C. Guerrero, J. Garcia-Reinoso, F. Valera, and A. Azcorra. Qos management in fixed broadband residential gateways. *LNCS*, 3754:338–349, 2005. 8th International Conference on Management of Multimedia Networks and Services (MMNS 2005).
- [GMBO⁺03] M. Garcia-Martin, C. Bormann, J. Ott, R. Price, and A. B. Roach. The Session Initiation Protocol (SIP) and Session Description Protocol (SDP) Static Dictionary for Signaling Compression (SigComp). RFC 3485 (Proposed Standard), February 2003. Updated by RFC 4896.
- [GVVA] Jaime Garcia, Ivan Vidal, Francisco Valera, and Arturo Azcorra. Zero config residential gateway experiences for next generation smart homes. *Submitted to Computer Journal (ISSN : 0010-4620)*.
- [GVVA07] Jaime Garcia, Francisco Valera, Ivan Vidal, and Arturo Azcorra. A broadcasting enabled residential gateway for next generation networks. *2nd IEEE International Workshop on Broadband Convergence Networks (BcN 2007)*. ISBN: 1-4244-1297-8, 2007.

- [HJP06] M. Handley, V. Jacobson, and C. Perkins. SDP: Session Description Protocol. RFC 4566 (Proposed Standard), July 2006.
- [Hui03] C. Huitema. Real Time Control Protocol (RTCP) attribute in Session Description Protocol (SDP). RFC 3605 (Proposed Standard), October 2003.
- [Int08a] International Telecommunication Union. <http://www.itu.int>, April 2008.
- [Int08b] Internet Engineering Task Force. <http://www.ietf.org>, April 2008.
- [ITU08] ITU-T NGN Working Definition. http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com13/ngn2004/working_definition.html, April 2008.
- [Kap08] Kapanga Softphone, <http://www.kapanga.net>, 2008.
- [KMC⁺08] Eddie Kohler, Robert Morris, Benjie Chen, John Jannotti, and M. Frans Kaashoek. The Click Modular Router Project. Internet, April 2008. <http://www.read.cs.ucla.edu/click/>.
- [LC06] O. Levin and G. Camarillo. The Session Description Protocol (SDP) Label Attribute. RFC 4574 (Proposed Standard), August 2006.
- [MUS08] MUSE. Multi Service Access Everywhere. Internet, April 2008. <http://www.ist-muse.org/>.
- [Ope07] Open Mobile Alliance (OMA). Push to talk over Cellular (PoC); Architecture; Version 2.0, December 2007.
- [PBC⁺03] R. Price, C. Bormann, J. Christoffersson, H. Hannu, Z. Liu, and J. Rosenberg. Signaling Compression (SigComp). RFC 3320 (Proposed Standard), January 2003. Updated by RFC 4896.
- [RO08] M. Ranganathan and Phelim O'Doherty. JAIN SIP Developer Tools. Internet, April 2008. <https://jain-sip.dev.java.net/>.
- [Roa02] A. B. Roach. Session Initiation Protocol (SIP)-Specific Event Notification. RFC 3265 (Proposed Standard), June 2002.
- [Ros06] J. Rosenberg. A Framework for Conferencing with the Session Initiation Protocol (SIP). RFC 4353 (Informational), February 2006.
- [RPV⁺07] V. Ribeiro, V. Pinto, I. Vidal, J. García, F. Valera, and A. Azcorra. A multimedia ims-enabled residential service gateway. *International Joint Conference on e-Business and Telecommunications (ICETE 2007)*, 2007.
- [RPVJGa07] V. Ribeiro, V. Pinto, F. Valera, and I. Vidal J. Garcia and. Triple play services with qos demonstrator using a broadband residential gateway. *ConfTele2007*, May 2007.
- [RPW⁺07] V. Ribeiro, V. Pinto, J. Wellen, W. Hellenthal, W. Willigenburg, F. Valera, I. Vidal, J. García, and M. Ibañez. A european high speed access platform and residential gateway. *BroadBand Europe (BBEurope 2007)*, December 2007.

- [RS02a] J. Rosenberg and H. Schulzrinne. An Offer/Answer Model with Session Description Protocol (SDP). RFC 3264 (Proposed Standard), June 2002.
- [RS02b] J. Rosenberg and H. Schulzrinne. Reliability of Provisional Responses in Session Initiation Protocol (SIP). RFC 3262 (Proposed Standard), June 2002.
- [RS02c] J. Rosenberg and H. Schulzrinne. Session Initiation Protocol (SIP): Locating SIP Servers. RFC 3263 (Proposed Standard), June 2002.
- [RSC⁺02] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, and E. Schooler. SIP: Session Initiation Protocol. RFC 3261 (Proposed Standard), June 2002. Updated by RFCs 3265, 3853, 4320.
- [RSL06] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, and O. Levin. A Session Initiation Protocol (SIP) Event Package for Conference State. RFC 4575 (Proposed Standard), August 2006.
- [SCFJ03] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. RFC 3550 (Standard), July 2003.
- [SER08] <http://www.iptel.org/ser/> SIP Express Router, April 2008.
- [Tel] Telecommunication Standardization Sector of ITU (ITU-T). ITU-T Recommendation H.248.1: Gateway control protocol; Version 3.
- [Thi08a] Third Generation Partnership Project. <http://www.3gpp.org>, April 2008.
- [Thi08b] Third Generation Partnership Project 2. <http://www.3gpp2.org>, April 2008.
- [TIS05] TISPAN. ETSI ES 282 001 V1.1.1: Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); NGN Functional Architecture Release 1., August 2005.
- [TIS06a] TISPAN. ETSI ES 282 003 V1.1.1: Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); Resource and Admission Control Sub-system (RACS); Functional Architecture., March 2006.
- [TIS06b] TISPAN. ETSI ES 282 004 v1.1.1: Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); NGN Functional Architecture; Network Attachment Sub-System (NASS)., June 2006.
- [TIS06c] TISPAN. ETSI ES 282 007 V1.1.1: Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); IP Multimedia Subsystem (IMS); Functional Architecture., June 2006.
- [TIS06d] TISPAN. ETSI ES 283 003 V1.1.1: Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); IP Multimedia Call Control Protocol based on Session Initiation Protocol (SIP) and Session Description Protocol (SDP) Stage 3., July 2006.

- [TIS06e] TISPAN. ETSI TR 180 001 V1.1.1: Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); NGN Release 1; Release definition., March 2006.
- [TIS06f] TISPAN. ETSI TS 183 017 V1.1.1: Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); Resource and Admission Control; DIAMETER protocol for session based policy set-up information exchange between the Application Function (AF) and the Service Policy Decision Function (SPDF): Protocol specification., March 2006.
- [TIS08] TISPAN. Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking. Internet, April 2008. <http://www.etsi.org/tispan/>.
- [VGG⁺06] F. Valera, J. Garcia, C. Guerrero, V. M. Ribeiro, and V. Pinto. Demo of triple play services with qos in a broadband access residential gateway. In *IEEE Infocom*, April 2006. Barcelona, Spain.
- [VGP⁺06] Francisco Valera, Jaime García, Vitor Pinto, Iván Vidal, Vitor Ribeiro, Carmen Guerrero, and Arturo Azcorra. Pasarela residencial multiservicio con soporte de calidad garantizada para acceso de banda ancha. *Telecom I+D 2006*. ISBN: 978-84-690-4355-4, 2006.
- [VGV⁺06a] I. Vidal, J. Garcia, F. Valera, I.Soto, and A. Azcorra. Adaptive quality of service for next generation residential gateways. *LNCS*, 4267:183–194, 2006. 9th IFIP/IEEE International Conference on Management of Multimedia Networks and Services (MMNS 2006).
- [VGV⁺06b] Iván Vidal, Jaime García, Francisco Valera, Ignacio Soto, and Arturo Azcorra. Propuesta para la extensión extremo a extremo de la calidad de servicio en redes de cuarta generación. *Telecom I+D 2006*. ISBN: 978-84-690-4355-4, 2006.
- [VGV⁺07] I. Vidal, J. Garcia, F. Valera, I. Soto, and A. Azcorra. Integration of a qos aware end user network within the tispán ngn solutions. *Universal Multiservice Networks, 2007. ECUMN '07. Fourth European Conference on*, pages 152–162, February 2007.
- [VGVA07] F. Valera, J. Garcia, I. Vidal, and A. Azcorra. Control de admisión y recursos en pasarelas residenciales 4g. *VI Jornadas de Ingeniería Telemática (Jitel 2007)*. ISBN: 978-84-690-6670-6, 2007.
- [VSV⁺07] I. Vidal, I. Soto, F. Valera, J. Garcia, and A. Azcorra. IMS signalling for multiparty services based on network level multicast. *Next Generation Internet Networks, 3rd EuroNGI Conference on*, pages 103–110, 21-23 May 2007.
- [VSV⁺on] Ivan Vidal, Ignacio Soto, Francisco Valera, Jaime Garcia, and Arturo Azcorra. Multiparty services in the IP Multimedia Subsystem. In *IMS Handbook: Concepts, Technologies, and Services*. CRC Press, Accepted for publication.

- [VVG⁺07a] I. Vidal, F. Valera, J. Garcia, M. Ibañez, R. Seepold, N. Martinez, A. Azcorra, Vitor Ribeiro, V Pinto, H. Balemans, and W. van Willigenburg. Propuesta de pasarela residencial para una red futura de acceso multi-servicio. *VI Jornadas de Ingenieria Telematica (Jitel 2007)*. ISBN: 978-84-690-6670-6, 2007.
- [VVG⁺07b] I. Vidal, F. Valera, J. Garcia, V. Pinto, V. Ribeiro, and A. Azcorra. Qos and authentication experiences within a residential broadband framework. *5th International Conference on Wired/Wireless Internet Communications. Lecture Notes in Computer Science n°4517*. ISSN: 0302-9743, 2007.
- [VVG⁺07c] I. Vidal, F. Valera, J. Garcia, I. Soto, and A. Azcorra. Signalling cases and qos management within tspan ngn residential environments. *Journal of Multimedia*, 2(2):28–36, April 2007.
- [VVG⁺on] Iván Vidal, Francisco Valera, Jaime García, Arturo Azcorra, Vitor Pinto, and Vitor Ribeiro. Experiences with a flexible qos capable residential gateway within a multiservice framework. *Journal of Internet Engineering (1791-177X. 2008)*, Accepted for publication.

