

2. INTRODUCCIÓN TEÓRICA AL IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM, IMS

2.1 Antecedentes

En las Comunicaciones Móviles, *Global System for Mobile communication* (**GSM**) el actual sistema de Segunda Generación (2G)¹ está en una fase madura, la tecnología es robusta, bien conocida y probada, las redes están desplegadas al máximo de su cobertura y prácticamente se ha logrado una penetración total en el público. Los circuitos en los que se basa **GSM** están optimizados para transportar voz y eventualmente datos a una velocidad limitada a decenas de *Kbps*. Sin embargo, la demanda de cada vez más ancho de banda para la implementación de nuevos servicios saturan la capacidad de red de GSM. Para ello, se desarrollaron *General Packet Radio Service* (**GPRS**) y *Universal Mobile Telecommunications System* (**UMTS**), estándares que denominados 2.5G y 3G han ido añadiéndole cada vez más capacidad a la red móvil. En estos sistemas se introduce el concepto de dominio, con lo que el núcleo de su arquitectura queda dividida en dos de ellos: el dominio de conmutación de circuitos, *Circuit Switched* (**CS**) y el dominio de conmutación de paquetes, *Packet Switched* (**PS**).

- El **dominio CS** de conmutación de circuitos presente en **GPRS** y **UMTS** es una evolución de la tecnología usada en las redes de segunda generación (2G). Los circuitos en este dominio, como ya se mencionó con anterioridad, fueron diseñados para transportar casi exclusivamente voz, aunque pueden ser usados para transportar mensajes instantáneos y otros pequeños datos. La tendencia actual, y las redes celulares la siguen, es sustituir este dominio por tecnología de conmutación de paquetes.
- El **dominio PS** de conmutación de paquetes proporciona acceso IP a Internet. Mientras los terminales 2G pueden actuar como un módem para transmitir paquetes IP sobre circuitos, los terminales 2.5G y 3G usan tecnología nativa de conmutación de paquetes para interpretar comunicaciones de datos. De esta forma, las transmisiones de datos son mucho más rápidas y se multiplica el ancho de banda disponible para el acceso a Internet. Los usuarios pueden acceder al *Web*, consultar el correo electrónico, descargar videos, y realizar muchas otras tareas de una manera similar a lo que pueden hacer sobre

¹Se especifica **GSM** como sistema de Segunda Generación (2G) por estar siempre centrados en las Comunicaciones Móviles en Europa, sin embargo, el alcance de los fenómenos descritos es, y ha sido siempre global.

2.2. JUSTIFICACIÓN: ¿POR QUÉ IMS?

cualquier otra conexión, como *Asymmetric Digital Subscriber Loop* ([ADSL](#)) o cable.

No obstante, el estándar 3G que más capacidad ofrecía, [UMTS](#), ha tenido una lenta y tardía introducción. Por ejemplo, desde que en España se adjudicaran las cuatro licencias allá por el año 2000, han tenido que pasar cuatro años (en los grandes núcleos de población, ya que en las zonas más despobladas y rurales el retraso ha sido aún mayor) para poder ver una infraestructura que ofreciera capacidades de ancho de banda y condiciones aceptables en relación con lo establecido por la especificación.

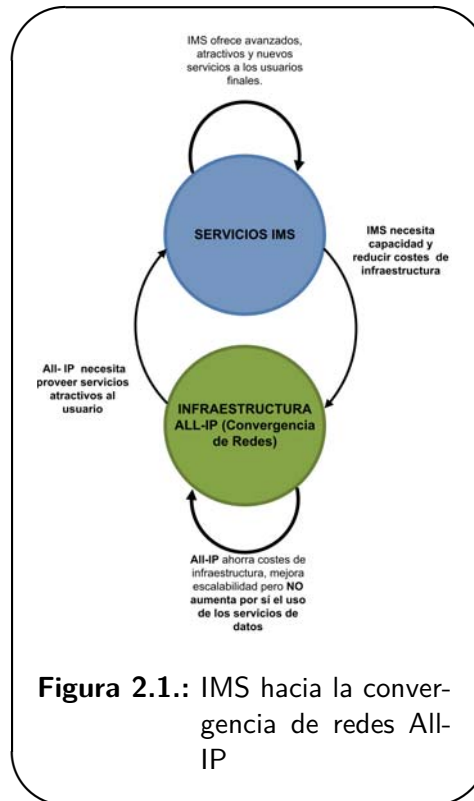
Hoy en día es posible calificar el estado del despliegue de la tecnología [UMTS](#) como avanzado. Sin embargo, fueron tales las expectativas que despertó, que analizando la evolución desde su fase de especificación hasta la actualidad, no se observa más que una desaceleración en el despliegue de esta tecnología tan prometedora. Quizás fuera la incompletitud o ambigüedad de las especificaciones del *Third Generation Partnership Project* ([3GPP](#)). O bien la desorbitada inversión que hicieron las compañías en los concursos de adjudicación de las bandas del espectro. Inversión desproporcionada frente a la falta de amortización por la ausencia del despliegue tecnológico por un lado y de servicios (es obvio que sin tecnología de acceso no hay oferta de servicios) por otro. Fuera cual fuera la razón predominante del retraso de [UMTS](#) se intuye — sin realizar un análisis estratégico detallado — que al fin y al cabo, la razón del éxito de una tecnología es la demanda por parte del usuario.

Pero la aparición de IMS no se queda ahí. IMS es el gran catalizador de la convergencia de redes en torno al **All-IP**. En primer lugar, recoge en su especificación multitud de pasarelas hacia usuarios situados en otras redes de acceso, con la particularidad de que el plano de transporte se lleva a cabo mediante redes de tránsito IP². Y, en segundo lugar, estas otras redes de acceso (cada vez con una mayor capacidad y un menor coste) necesitan de los servicios IMS para atraer a los usuarios y así encontrar un modelo de negocio. Es posible establecer, como se ilustra en la figura 2.1 un **círculo All-IP - Servicios IMS**

2.2 Justificación: ¿Por qué IMS?

En el repaso a la motivación del proyecto y los antecedentes de IMS se han dado vueltas sobre la idea de IMS como proveedor de los servicios de Internet en movilidad y en todo momento haciendo uso de tecnologías de las redes móviles. Por otro lado, los operadores actualmente ya proveen un gran rango de servicios, así como un acceso a Internet haciendo uso del dominio de paquetes de [GPRS](#) y [UMTS](#). Es en este punto donde se hace uso de lo explicado en secciones anteriores sobre la convergencia de redes. El contar con un dominio de paquetes en las redes 3G significaba que cualquier usuario, por ejemplo, podía instalar un cliente VoIP en su terminal 3G y establecer

²Cuando se habla de plano de transporte no se refiere a la capa de transporte del modelo TCP/IP, implementada por los protocolos [TCP](#) o [UDP](#). Se refiere al modelo de separación funcional en redes telemáticas de nueva generación, [NGN](#): plano de servicios, plano de control y plano de transporte.



conversaciones VoIP sobre el dominio conmutación de paquetes. Entonces, al tener ya un acceso a los servicios de Internet a través del dominio de paquetes de las redes móviles actuales, surge la pregunta: ¿por qué IMS? ¿Para qué se necesita?

La respuesta a la pregunta se levanta sobre tres pilares: **QoS** (Quality of Service, calidad de servicio), **tarificación**, e **integración de servicios**. A continuación se desarrollan los tres factores de manera que la adopción de IMS quede elocuentemente justificada:

1. **Calidad de servicio (QoS)**. En el dominio de conmutación de paquetes presente en las redes **UMTS** se lleva a cabo una provisión de servicios multimedia en tiempo real del tipo *best effort*³ sin garantías de **QoS**. Un ejemplo de las desventajas de la falta de contratos de **QoS** puede ser el de la llamada VoIP desde un cliente instalado en un terminal de tercera generación que haga uso de la red **UMTS**. En un momento de la conversación es posible escuchar la voz de la otra persona perfectamente clara y justo después resultar ininteligible, causando una mala experiencia de usuario.

Es por ello que una de las razones para lanzar IMS fue la de proporcionar la **QoS** necesaria para poder disfrutar con garantías de una sesión multimedia en

³Un servicio *best effort* es precisamente lo opuesto a un servicio con calidad de servicio, **QoS**. En los servicios *best effort* la red no ofrece garantías de ancho de banda ni de retrasos en la conexión que realiza el usuario para disfrutar del servicio determinado. La **QoS** es justamente lo contrario, ya que para un servicio con **QoS**, la red garantiza ciertas características en la conexión de un usuario.

2.2. JUSTIFICACIÓN: ¿POR QUÉ IMS?

tiempo real. En el momento de establecer la sesión es IMS quien se encarga de proveer una [QoS](#) a la sesión de tal modo que los usuarios saben de antemano las condiciones en las que se llevará a cabo la comunicación.

2. **Tarificación.** Hasta ahora, la tarificación de servicios de datos se venía realizando por número de *bytes* transferidos durante la sesión. Así, por ejemplo, una videollamada podía generar grandes gastos para el usuario. De la misma manera, esos *bytes* podían haber sido de un correo electrónico o de una página web, que el operador no hubiera podido distinguirlo. Por tanto, de ahí que el operador no pueda crear una oferta según servicios.

Es éste un aspecto básico en el desarrollo de los distintos modelos de negocio que puede traer consigo IMS, ya que se crea la posibilidad de establecer esquemas de tarificación más versátiles. Por ejemplo: tarifa plana de navegación web, precio fijo por cada mensaje instantáneo, precio único de videollamada, etc. Todos ellos son independientes del número de *bytes* que circulen por la red. De este modo se logran ventajas para el usuario, al poder disponer de tarifas más beneficiosas, y para el operador, dado que esta versatilidad en la tarificación repercute en el éxito de la oferta comercial de sus servicios.

3. **Integración de servicios.** La tercera razón esgrimida para llevar a cabo IMS fue la de proporcionar interfaces estándar a los desarrolladores de servicios. De este modo, los operadores se aprovechan de la poderosa industria de creación de servicios, permitiendo que toda la comunidad de desarrolladores conozca qué requiere IMS de ellos para que estos desarrollen los servicios IMS. De este modo, los operadores pueden usar servicios de terceros, combinarlos, integrarlos con servicios ya disponibles y proporcionar al usuario uno completamente nuevo y mejor adaptado. El ejemplo clásico en la literatura es el del operador que dispone de un servicio de mensajería escrita como el [SMS](#). Por otro lado, un desarrollador independiente conoce las interfaces que IMS le ofrece y desarrolla un conversor texto a voz *text-to-speech*. El operador puede combinar estos dos servicios e integrarlos en una aplicación para la lectura de mensajes escritos para invidentes.

La integración de redes puede traducirse como el paso de la concepción de un servicio, una red a N servicios, una red. Siguiendo con el anterior ejemplo, el servicio de mensajes cortos, [SMS](#), precisaba de elementos propios en la red en la arquitectura de red de segunda generación. Sin embargo, en IMS, es IMS la propia red y son N los servicios que se acomodan sin variar los elementos de la arquitectura.

Hay que añadir que algunos autores incluyen un cuarto pilar: el del uso de **URIs** (Uniform Resource Identifier) en vez de números de teléfono [7] para identificar a usuarios, servicios y nodos. Manejar nombres al estilo de direcciones de correo electrónico supone una asociación directa con el usuario mientras que los números de teléfono son prácticamente imposibles de recordar.

En conclusión, el objetivo de IMS no es sólo proporcionar nuevos e innovadores servicios basados en el éxito de Internet y disponibles en un terminal móvil. El

objetivo real es el de proporcionar **todos los servicios** que se pueden encontrar en Internet, disponibles en movilidad, y con capacidad de *roaming*⁴ entre operadores. De este modo, no existirá diferencia entre una sesión VoIP entre dos usuarios IMS, entre un usuario IMS y un usuario conectado a Internet ni entre dos usuarios en Internet. Todas estas sesiones estarán haciendo uso del mismo protocolo.

Asimismo, las interfaces disponibles para desarrolladores antes citadas están basadas también en protocolos de Internet. Ésta es la auténtica razón por la que se puede afirmar que IMS es el elemento clave para la convergencia entre el mundo de las Comunicaciones Móviles e Internet: emplea tecnologías celulares para así disfrutar de acceso ubicuo a tecnologías de Internet donde se puedan encontrar servicios atractivos.

A pesar de todas estas características de los servicios que IMS hace posible, IMS no define las aplicaciones o servicios que pueden ofertarse el usuario final, sino la infraestructura y capacidades del servicio que los operadores o proveedores de servicio pueden emplear para construir sus propias aplicaciones y producir su oferta de servicios. El operador IMS puede elegir orquestar los servicios de forma independiente, combinada o en multitud de variantes. Como ejemplo se pueden poner los dos grupos siguientes de servicios finales:

- Los denominados **servicios heredados** (las llamadas básicas de voz, la mensajería textual, la mensajería multimedia, el correo electrónico, etc.), en los cuales el usuario percibirá la misma calidad que cuando se prestan a través de los sistemas tradicionales.
- Los **servicios multimedia avanzados**. En este tipo de servicios se incluyen la videoconferencia; la audioconferencia con audio *mono* o estéreo; la videoconferencia para personas sordas, vídeo más texto en tiempo real; la multiconferencia en vídeo, audio o texto; la difusión de contenidos de televisión o radio; el vídeo bajo demanda conocido como *Video on Demand* (**VoD**); la mensajería instantánea y el chat multimedia con servicios de presencia y grupos *Presence and Group Management* (**PGM**) integrados; los videojuegos interactivos multiusuario; el servicio *Push-To-Talk over Cellular* (**PoC**), un símil al *walkie-talkie* actual; etc.

En este sentido, IMS no impone límites, son la capacidad de la red de acceso y las características de los terminales las que fijan las restricciones.

⁴El *roaming* consiste en ingresar en una red de un operador distinto al propio y seguir disfrutando de la misma experiencia de usuario de una manera totalmente transparente. En el *roaming* surgen dos conceptos: **Home network**, red doméstica o red de servicio local, donde el usuario contrató sus servicios y opera habitualmente. Y la **visited network** o red visitada, donde el usuario se encuentra en itinerancia o *roaming*. Popularmente se recurren a los términos en inglés y en este proyecto se usarán conjuntamente con la denominación en español.

2.3 Tendencias Todo-IP (*All-IP*) en 3G e IMS y convergencia del IETF con 3GPP

2.3.1 Tendencias hacia la convergencia: el All-IP

Si se analiza la trayectoria de los servicios de datos sobre las redes [GPRS](#) y [UMTS](#) [8] se extraen resultados decepcionantes si se comparan el *boom* que se produjo con servicios tan básicos e incluso denostados en un principio como el [SMS](#) [9], o el crecimiento vertiginoso en las ventas de teléfonos móviles con cámara integrada. Son por tanto, estos ejemplos de éxito los que dan la certeza sobre el dinamismo y rentabilidad del mercado de las Comunicaciones Móviles, pero que hacen replantearse aún más los casos como los de [GPRS](#) y [UMTS](#) que no han cumplido sus expectativas: Excelentes tecnologías sin la salida comercial ni las aplicaciones atractivas para los usuarios vaticinadas en un principio. Estas razones hacen mirar a la industria de las Comunicaciones Móviles hacia el éxito de Internet, creando una senda de convergencia entre ambos mundos.

Por ello se introduce en el seno del 3GPP el concepto de **All-IP**. El All-IP es una visión de la industria sobre la arquitectura de las redes de comunicaciones futuras, que ofrece diversos modos de acceso – denominado en la bibliografía como multiacceso, agnosticismo en el acceso o *IMS Multi-Access* ([IMA](#)) en inglés [10] – que se integran de forma transparente en una capa de red basada en el protocolo de Internet, IP. Estas futuras redes de comunicaciones futuras giran en torno al concepto de Red de Nueva (o Siguierte) Generación, que en la literatura anglosajona se encuentra como *New Generation Networking* o [NGN](#), siglas que se usarán en adelante. El modelo de NGN se plantea como la solución que permitirá llevar a cabo las propuestas del modelo All-IP de forma adecuada. Se presenta, por tanto, como una solución para la convergencia de las redes con interfaces de alta velocidad, con seguridad y calidad garantizadas y que facilita el despliegue de los servicios, tanto actuales como futuros. El objetivo fundamental para los operadores será optimizar las inversiones y asegurar unos rápidos retornos de éstas.

No obstante, lograr una convergencia tecnológica en torno a la opción *Todo IP* no garantiza que esa evolución se cristalice en un aumento del tráfico de datos en las redes móviles. De hecho, para el operador supone una reducción en los costes de infraestructura, una mejor escalabilidad y capilaridad de la red y una simplificación de la operación y mantenimiento. El modelo *Todo IP* no garantiza unos mayores beneficios económicos porque no aumenta por sí mismo el uso de los servicios de datos.

Es por todo ello que el [3GPP](#) decidió evolucionar desde su versión o *release* 99 hacia la 3GPP Release 5 o R5 . En la llamada 3GPP Release 99, se dispone un acceso IP en movilidad, sin embargo en la realidad los servicios más empleados por los usuarios móviles siguen siendo los tradicionales (voz y SMS), los servicios de datos ganan en uso y adeptos, pero sin reportar los beneficios esperados a los operadores ni impulsando la creación de un gran número de servicios. Son estas carencias las que la 3GPP R5 pretende subsanar mediante la inclusión de IMS al núcleo de la red móvil. Como se puede resumir de la especificación, **IMS es un sistema de control**

de sesión diseñado con tecnologías de Internet adaptadas al mundo móvil que permite proporcionar aplicaciones móviles multimedia sobre conmutación de paquetes. Además, el papel de IMS como proveedor de capacidades para nuevos servicios que resumía el gráfico de la figura 2.1 hace posible el aprovechamiento de las ventajas que ofrece All-IP a los operadores y permitiendo ofrecer servicios atractivos que atraen a los abonados móviles en esta nueva cultura de la comunicación a través de los datos.

2.3.2 Sinergias entre grupos de estandarización: el IETF con el 3GPP

Como se ha mencionado con anterioridad, IMS tiene como objetivo el uso de los protocolos de Internet. Sin embargo, estos protocolos no estaban a priori preparados para funcionar en la arquitectura de IMS, no estaban adaptados al entorno de redes móviles. Existían incluso situaciones que el 3GPP⁵ planteaba para dar más funcionalidades a IMS, pero ningún estándar del *Internet Engineering Task Force* (IETF) cubría. Sin embargo la intención del 3GPP era la de aprovechar todas las ventajas de los servicios que se creaban para Internet para portarlos de una manera cómoda al entorno móvil. Establecer una colaboración con el IETF era mucho más sensato que modificar los protocolos de Internet por sí mismos, por lo que sellaron una colaboración [11]. La meta parecía clara: encontrar soluciones que cumplieran los requisitos de IMS y que al mismo tiempo fueran lo suficientemente generales como para adaptarse a otros entornos. Hoy por hoy es posible ver el fruto de esta colaboración reflejado en RFCs que en muchos casos ni mencionan a IMS, cumpliendo así el objetivo de portabilidad y aplicabilidad general. No son normas específicas para IMS, son extensiones que hacen que algunos protocolos de Internet existentes tengan una mayor proyección en el futuro, adaptándose de este modo a las tendencias de hoy en día.

Las sinergias producidas de esta colaboración se resumen en tres áreas:

■ Internet

Dentro de los protocolos de Internet se encuentran trabajos conjuntos en la especificación de IPv6 y DNS:

- El grupo de trabajo encargado de desarrollar *Internet Protocol version 6* (IPv6) incluyó unas pautas de cómo implementar este protocolo en un terminal o *host*⁶ móvil. Cuando se detecta que el terminal hace uso de un acceso GPRS/UMTS el sistema sigue las pautas especificadas por el protocolo. Sin

⁵No hay que olvidar que el 3GPP nació para evolucionar las especificaciones de GSM hacia un sistema celular de tercera generación, mientras que el 3GPP2 tenía el mismo cometido, pero partiendo de los sistemas norteamericanos y asiáticos de segunda generación (2G). Ya que las especificaciones del IMS del 3GPP2 se basan en las del 3GPP, cuando se hable de IMS en realidad se está haciendo referencia al 3GPP IMS, aunque a veces las diferencias sean insignificantes.

⁶Se hace referencia a *host* en el sentido de un equipo, máquina o terminal conectado a una red.

embargo, si el terminal accede desde una red móvil pero del tipo *Wireless Local Area Network* (WLAN) — como se contempla en futuras releases del 3GPP —, el protocolo trata al terminal como un *host* de Internet tradicional, como si se tratara de un PC.

- Respecto al *Domain Name Server* (DNS) existieron dudas de cómo se llevaría a cabo el descubrimiento de los servidores de DNS en IMS. Se decidió no usar *Dynamic Host Configuration Protocol* (DHCP), sino usar mecanismos específicos para las redes de acceso 3G.

■ Área de Gestión y Operaciones (*Operations and Management*)

La mayoría de los esfuerzos en este área se concentraron en los protocolos *Common Open Policy Service* (COPS) y *Diameter*. Se desarrollaron estándares y borradores para cubrir las necesidades de las distintas interfaces relacionadas con las políticas de tráfico (en el caso de COPS) y sobre las interfaces encargadas del *Authentication, Authorization and Accounting* (AAA).

■ Área de transporte

Una vez se eligió *Session Initiation Protocol* (SIP) como protocolo de control de sesión para IMS se construyó un equipo de trabajo para desarrollar el entonces inmaduro protocolo de sesión para cumplir los requerimientos del 3GPP. Se llegó a una RFC [12] que sin embargo no cubría aún los vastos objetivos de convergencia con la red móvil. Para ello, el IETF construyó un grupo para encontrar los requerimientos que aún le faltaban a SIP, priorizarlos y mandarlos al grupo de trabajo del protocolo, que era y es el encargado de desarrollar las numerosas extensiones para hacer de SIP un protocolo más completo y adaptado a las necesidades del 3GPP.

2.3.3 El 3GPP Release 5 y la génesis de los servicios IP Multimedia

IMS fue diseñado inicialmente en 3GPP *Release* 5 para su uso sobre el subsistema de transporte la red móvil de tercera generación. El modelo teórico de las redes móviles divide el sistema en diferentes dominios y planos. Así, IMS implementa el plano de control de los servicios IP multimedia, mientras que GPRS/UMTS proporciona las funciones de plano de transporte, tal como se puede ver en la figura 2.2. De esta forma, la función de IMS en los servicios IP multimedia incorpora el procesado y actuación sobre la señalización y el control de los recursos del plano transporte. GPRS/UMTS se encarga de proporcionar conectividad IP dentro del dominio de la red móvil, tanto para la señalización como para los datos multimedia de usuario. Siguiendo la filosofía establecida en la separación funcional típica de UMTS y de las redes IP, el flujo de datos correspondiente a la señalización viaja de forma separada a los flujos de datos multimedia de usuario, proporcionando en ambos casos GPRS/UMTS el servicio de transporte. Sin embargo, el **flujo de señalización**, que tiene su origen y fin en los terminales de usuario participantes en el servicio, es **transferido vía IMS**, al contrario de lo que ocurre con los **datos de usuario**

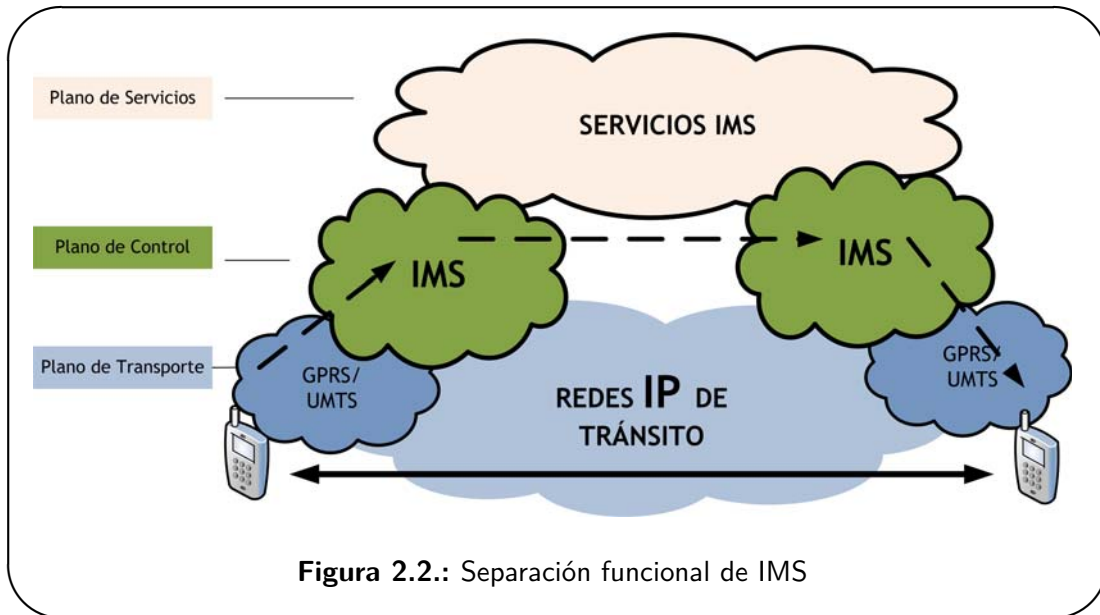
que **se transfieren** directamente entre los terminales **sin atravesar** el subsistema **IMS**. Este concepto establecido en la arquitectura permite, fundamentalmente, emplear tecnologías de Internet, y origina el atractivo de disponer de los servicios IP multimedia. Por otro lado, como IMS fue diseñado para una red evolucionada de **GSM** hereda ciertas cualidades intrínsecas del mundo móvil, como son:

- Las **sesiones interoperador**. Los abonados de un operador IMS tienen la posibilidad de cursar sesiones IP multimedia con abonados localizados en la red 3G IMS de otro operador. La arquitectura de IMS, las entidades funcionales y sus protocolos, están diseñados para la interconexión con otros sistemas IMS de otros operadores. En este caso, los flujos de datos de una sesión se transportan por el sistema **GPRS/UMTS** en la red origen, por una red, o redes, IP de tránsito interoperador y por la red GPRS/UMTS destino. En el caso de las sesiones interoperador, los flujos de señalización siempre recorrerán ambos sistemas IMS.
- La **itinerancia**. IMS soporta la itinerancia de tipo nativo, lo que se define como la capacidad del sistema de admitir y dar servicio a abonados de otros operadores que emplean la misma tecnología, y con los que se tiene el acuerdo de negocio pertinente. Cuando un abonado está en itinerancia, el subsistema IMS visitado encamina la señalización del abonado itinerante hasta el IMS nativo del abonado, desde donde se reencamina la sesión hacia su destino.
- La interconexión con redes y **servicios heredados**. IMS contempla la interconexión con las redes de circuitos *Signaling System 7* (**SS7**) para servicios de llamadas de voz. Por tanto, existen elementos IMS para el interfuncionamiento entre las sesiones multimedia con los componentes de audio y las redes *Public Switched Telephone Network* (**PSTN**), **GSM** o el dominio de conmutación de circuitos de la propia red 3G. De esta forma, los abonados con la innovadora tecnología IMS siempre podrán seguir comunicándose con otros abonados no IMS. Asimismo, el sistema está diseñado para proporcionar interoperación con redes de circuitos que admiten teleconferencias multimedia (por ejemplo, videollamadas), como aquellas basadas en 3G-324M o H.324. La interconexión con las redes IP multimedia externas e Internet. La futura Internet albergará servicios IP multimedia avanzados, especialmente para el caso de comunicaciones en tiempo real o con altos requisitos de **QoS**. IMS incorpora componentes para el interfuncionamiento con las redes IP multimedia externas, de forma que los abonados IMS podrán mantener comunicaciones con los usuarios de la Internet multimedia.
- La **seguridad** integrada. Uno de los factores clave del éxito de GSM fue que incorporaba intrínsecamente mecanismos de seguridad, soportados por la tarjeta SIM. IMS requiere autenticación de abonado y especifica sus propios mecanismos y arquitectura de seguridad, que son independientes de los propios de **UMTS**. De este modo, la suscripción IMS está soportada por una aplicación lógica llamada ISIM (IMS SIM) que ejecuta funciones de autenticación de abonado durante su registro en IMS, además de contener datos de la suscripción de abonado, de igual forma que la SIM en GSM y la

USIM (UMTS SIM) en 3G. La ISIM reside, junto con la aplicación USIM, en la tarjeta inteligente física. Por tanto, un abonado que desee acceder a IMS, en primer lugar deberá autenticarse y registrarse con el núcleo de red UMTS empleando la USIM, y posteriormente autenticarse y registrarse con IMS utilizando la ISIM.

- **La Calidad de Servicio (QoS).** El subsistema 3G hace uso de la arquitectura de QoS de GPRS/UMTS, que define una jerarquía de portadoras adecuadas para servicios con diferentes requisitos de QoS. Por todo ello, se han definido nuevas funciones e interfaces opcionales en la 3GPP *Release 5* que permiten que IMS controle y autorice el uso de recursos del subsistema de transporte GPRS/UMTS. Estas funciones son opcionales, y, en caso de no estar presentes, la asignación de recursos a las sesiones IMS se controlaría mediante los mecanismos ordinarios propios de GPRS/UMTS y la suscripción de abonado GPRS/UMTS.
- **La provisión de servicios.** IMS posibilita un desarrollo rápido y simplificado de servicios siguiendo el modelo Internet. La arquitectura IMS cuenta con interfaces o pasarelas hacia servidores de aplicaciones. En lo que respecta a las aplicaciones, éstas pueden modificar el transcurso de una sesión multimedia de una forma muy similar a como lo hacen las aplicaciones de red inteligente, que pueden actuar y modificar una llamada de voz, con la ventaja de la simplicidad y facilidad del desarrollo de las aplicaciones web. De este modo se pueden establecer una serie de criterios en la suscripción de usuario IMS, de forma que el control de una sesión se traspase a un servidor de aplicaciones. Esto posibilita la implementación de todos los servicios suplementarios tradicionales, así como nuevos servicios avanzados. Por otro lado, IMS define componentes de pasarela que interactúan con las plataformas del plano de servicios tradicional de la red 3G, como OSA y CAMEL⁷. De esta forma, las aplicaciones heredadas OSA y CAMEL pueden también actuar sobre las sesiones IP multimedia, permitiendo la provisión de servicios IMS desarrollados por terceras partes.
- **La tarificación y facturación.** En la tarificación de servicios IP multimedia intervienen el sistema de facturación de GPRS/UMTS y el sistema de facturación de IMS. Este último registra los datos relacionados con la sesión IMS, tales como los usuarios implicados, la duración, los componentes multimedia empleados y la QoS autorizada, y los asocia a los correspondientes registros de tarificación de GPRS/UMTS que se originaron como consecuencia del transporte de los flujos multimedia y la señalización de IMS en el plano de transporte. De esta forma, es posible facturar los servicios según su duración, contenidos, volumen de datos, destino de la sesión o las diferentes combinaciones de los anteriores. Por otro lado, el sistema soporta tanto tarificación *online* como *offline*, lo que se traduce en la facturación *postpago* y *prepago*, necesaria para atender a todo el mercado de clientes potenciales.

⁷Se verá el significado de estas siglas más adelante, en una descripción más detallada de la arquitectura de red de IMS.



2.4 Protocolos utilizados en IMS

Hasta la inclusión de IMS en la arquitectura de la *Release 5* del 3GPP, no existía la **reutilización de protocolos** que se fomenta hoy día. Por aquel entonces, los organismos hoy integrantes del 3GPP, desarrollaban los protocolos prácticamente desde cero, como por ejemplo fue el caso de la [ETSI](#) con el GSM en Europa.

Con la decisión de basar [IMS](#) en protocolos IP desarrollados por el [IETF](#), se dio un paso de gigante en dos direcciones:

1. La reutilización de protocolos. El 3GPP, con el desarrollo de IMS aprovecha la experiencia de organismos como el IETF o la ITU-T en el desarrollo de protocolos robustos, reduciendo así tiempo y costes en el desarrollo y estandarización.
2. La evolución y el desarrollo comercial de los protocolos del IETF.

2.4.1 Sesión

IMS es un subsistema fundamentado en sesiones⁸ multimedia y por ende requiere de protocolos que describan y controlen dichas sesiones.

■ Control de sesión

Para el control de sesión se barajaron, en el seno del 3GPP tres protocolos, obviamente basados en IP: el ***Bearer Independent Call Control*** ([BICC](#)) una

⁸Aunque se haya mencionado el término de **sesión** en múltiples ocasiones, se refiere a aquellas comunicaciones que van desde simples llamadas de voz, hasta complicados intercambios de audio, vídeo y datos entre varias partes o incluso un intercambio de un mensaje instantáneo.

evolución del *ISDN User Part* (**ISUP**) de la ITU-T; el **H.323** también de la ITU-T; o **SIP**, mencionado con anterioridad en la sección **1.4.2**) del IETF. Finalmente se eligió SIP como protocolo de control de sesión por la facilidad que aportaba en la creación de nuevos servicios y su gran capacidad de extensión.

SIP es un protocolo para el establecimiento y gestión de sesiones multimedia sobre redes IP. Basado en los dos protocolos de Internet más importantes – *Simple Mail Transfer Protocol* (**SMTP**) (protocolo para el envío de correos electrónicos) y, en mayor medida, *HyperText Transfer Protocol* (**HTTP**) (protocolo Web) – SIP establece y gestiona sesiones extremo a extremo (**e-2-e**, *end to end*) sin diferenciar la naturaleza de cada uno de los extremos (usuario o red). Para ello se nutre, además, de toda la herencia que dejan los protocolos de Internet. En concreto, dado que SIP tiene una estructura similar a la de HTTP (hasta el punto de compartir los códigos de respuesta) SIP aprovecha la vasta comunidad de desarrolladores de aplicaciones web para crear aplicaciones SIP, así como adopta todos los *frameworks* de servicios, como por ejemplo los Java Servlets para HTTP⁹.

SIP es el protocolo de señalización de IMS que aporta las funciones y capacidades necesarias para el registro, establecimiento, mantenimiento y liberación de las sesiones multimedia. Para IMS, SIP precisa ciertos requerimientos que adapten su uso a las redes celulares de paquetes del 3GPP. Es aquí donde se habla del **perfil 3GPP de SIP** [13], que ha obligado a SIP a añadir un número de extensiones, cabeceras privadas y opciones para los nodos y terminales de IMS.

Métodos SIP Mediante un modelo de cliente servidor, SIP soporta un número de métodos que pueden usarse para implementar servicios. Los principales, aunque se irá viendo a lo largo del documento, son:

- **REGISTER**: Crea una asociación entre una SIP **URI**¹⁰ y una dirección de contacto. Es necesario para enrutar sesiones entrantes hacia ese usuario.
- **INVITE**: Crea una sesión.
- **BYE**: Termina una sesión.
- **SUBSCRIBE**: Suscripción a un recurso.
- **NOTIFY**: Notifica cambios sobre el estado de un recurso.
- **ACK**: Asentimiento final a una petición de INVITE.
- **PRACK**: Asentimiento provisional para una petición de INVITE.

Asimismo, las respuestas del protocolo SIP – heredadas de HTTP – se engloban en las siguientes seis categorías:

⁹ Se verá más adelante que la comunidad de desarrollo software crea para SIP los SIP Servlets, aplicaciones alojadas en un servidor que en este caso establece comunicaciones basadas en el protocolo SIP.

¹⁰El protocolo SIP toma el esquema de direccionamiento de internet, mediante el uso de Uniform Resource Identifiers (**URIs**) para identificar usuarios, servidores, proxies, etc. Utiliza direcciones con el formato: **sip:usuario@equipo** donde el equipo puede estar descrito como un dominio o una dirección IP [12]. Ejemplo: sip:chema@proyectominerva.org

- 1xx: Respuestas informativas.
- 2xx: Respuestas de éxito.
- 3xx: Respuestas de redirección (*Redirection Responses*).
- 4xx: Respuestas de fallo del cliente.
- 5xx: Respuestas de fallo del servidor.
- 6xx: Respuestas de fallo global.

Se verán detalles de este protocolo a lo largo de todo el documento. De este modo se completarán aspectos que no quedan explicados en este apartado o no lo hacen con total completitud. No obstante, para tener una primera referencia de los métodos SIP se ilustra un mensaje SIP típico con un ejemplo de REGISTER:

REGISTER sip:registrar.biloxi.com SIP/2.0

Via: SIP/2.0/UDP bobspc.biloxi.com:5060;branch=z9hG4bKnashds7

Max-Forwards: 70

To: Bob <sip:bob@biloxi.com>

From: Bob <sip:bob@biloxi.com>;tag=456248

Call-ID: 843817637684230@998sdasdh09

CSeq: 1826 REGISTER

Contact:<sip:bob@192.0.2.4>

Expires: 7200

Content-Length: 0

■ Características de la sesión

SIP es un protocolo de sesión estructurado en forma de mensajes de texto. Sin embargo es un protocolo independiente del formato o características que describen la sesión. Es aquí donde entra en juego el protocolo ***Session Description Protocol*** (SDP). Aunque SDP no pasa de ser un breve texto que recoge las características de la sesión que describe, es este formato textual el que permite incluirlo como contenido *Multipurpose Internet Mail Extension* (MIME) dentro de un mensaje del propio protocolo SIP.

Mediante SDP, los extremos de una sesión pueden indicar sus capacidades multimedia y definir el tipo de sesión que se desea mantener. Además, con SDP los extremos deciden qué flujos multimedia compondrán la sesión, de manera que

2.4. PROTOCOLOS UTILIZADOS EN IMS

```
v=0  
o=Bob 234562566 236376607 IN IP4 192.0.0.2  
s= Plan para el fin de semana  
c=IN IP4 192.0.0.2  
t=0 0  
m=audio 30000 RTP/AVP 0  
a=sendrecv  
m=video 30002 RTP/AVP 31  
a=sendrecv
```

Figura 2.3.: Ejemplo de un mensaje SDP como descripción de una sesión multimedia.

establecerán a qué tipos de medios multimedia corresponden dichos flujos (audio, video, etc.) y qué *codecs* soportan y desean emplear para cada flujo, así como la configuración específica de los *codecs* anunciados. Mediante este intercambio de señalización se negocia la **QoS**, tanto en el establecimiento como durante la sesión en curso, si es necesario. Este dinamismo es una novedad en el sector de las telecomunicaciones, donde la **QoS** es estática y viene impuesta por las redes y el servicio final solicitado. Por otro lado, en las redes 3GPP el operador puede configurar IMS para elegir qué tipos de medios y *codecs* desea soportar en su red, incluso puede personalizar cada perfil de usuario IMS para que éste pueda realizar un determinado tipo de sesiones IP multimedia, rechazando cualquier otra comunicación IMS que difiera de sus políticas.

En la figura 2.3 se aprecia que una descripción de sesión SDP contiene una parte correspondiente a la sesión (hasta la línea `t=`) y otra correspondiente a los medios implicados (desde el primer `m=` hasta el final). Todas las líneas SDP tienen el formato **tipo=valor**, estando el tipo identificado por una sola letra.

En este ejemplo, se observan campos relativos a la sesión como el asunto de la sesión (línea `s=`), la versión, el identificador y la dirección IP del usuario (campos `v=`, `o=` y `c=`), etc.

Referentes al formato de los medios utilizados en el ejemplo quedan descritas las características del flujo de datos multimedia (indicado por `m=`), como por ejemplo los *codecs* de audio y video. Y el campo `a=`, que indica que los flujos son bidireccionales.

Es aquí donde se ha de volver a resaltar, como ya se apuntó al comenzar a tratar SDP, que SIP es un protocolo independiente del formato de descripción de la sesión. Y aunque la popularidad de SDP haya situado a este protocolo como protagonista en

las descripciones de sesión de IMS, no quiere decir que no fuera posible usar otro. SIP es un protocolo textual, y como tal puede albergar contenido [MIME](#) adjunto. Si por ejemplo, la intención fuera establecer unas reglas para describir sesiones dentro de una empresa se podría imponer un convenio y utilizar cualquier descripción de sesión siempre y cuando ambos extremos pudieran entenderla. Es la libertad y versatilidad de los protocolos textuales.

■ Protocolo de AAA (Authentication, Authorization, and Accounting)

En la literatura en español se hace uso de estas siglas derivadas del inglés para tratar de la seguridad informática en una red. En IMS, la **AAA** (en español Autenticación, Autorización y Contabilidad o *triple A*) se lleva a cabo con el protocolo **Diameter**. Diameter es una evolución de RADIUS, un protocolo encargado de la seguridad ampliamente usado en Internet y un viejo conocido del 3GPP (RADIUS es el protocolo de AAA en GSM).

Diameter, como otros protocolos encargados del AAA, se implementa sobre las interfaces entre los nodos que requieran alguno de estos servicios. Dentro de Diameter existen aplicaciones concretas y algoritmos que se aplican según qué servicio de AAA se precise. Por ejemplo, IMS define una aplicación de Diameter para interactuar con SIP durante el establecimiento de sesión y otra para llevar a cabo contabilizaciones de control de crédito.

■ Otros protocolos

SIP/SDP y Diameter son los dos protocolos más importantes dentro de IMS. Sin embargo, en la provisión de los servicios IP multimedia intervienen una serie de protocolos que se describen a continuación:

- **Políticas de tráfico y QoS:** El protocolo **COPS** es un protocolo que funciona con un simple modelo de cliente y servidor que intercambian peticiones y respuestas. El servidor de COPS se denomina *Policy Decision Point* (**PDP**) e intercambia información de políticas de tráfico con su cliente o *Policy Enforcement Point* (**PEP**). El servidor COPS o PDP se coloca en el núcleo del subsistema IMS y se denomina **Policy Decision Function** (**PDF**), mientras que el papel de PEP lo hace el nodo *Gateway GPRS Support Node* (**GGSN**) de la arquitectura de la red de acceso **GPRS/UMTS**¹¹. De este modo se lleva a cabo el control de acceso al nivel de medios y políticas de **QoS**, mecanismos que deciden si un usuario está autorizado para mandar y recibir datos multimedia, y en el caso de estar autorizado, establecer con qué calidad de servicio.

IMS soporta varios modelos para acomodar una **QoS** entre dos usuarios extremo a extremo. No obstante, en el núcleo de red IMS, como en Internet –

¹¹No interés del proyecto describir con profundidad la arquitectura de la red de acceso 3G (**GPRS** en su fase temprana y **UMTS** en las versiones más maduras). Sin embargo, es crucial conocer qué nodos la componen y cuál es su funcionalidad básica para entender el acceso a IMS en la convergencia de los servicios multimedia de Internet y las redes celulares.

he aquí otro signo de la convergencia de redes – son dos los principales modelos para proporcionar **QoS**: el modelo de servicios integrados o **Integrated Services** y el modelo de servicios diferenciados o **Differentiated Services (Diffserv)**. Para el modelo de servicios integrados, IMS hace uso del protocolo *Resource ReSerVation Protocol (RSVP)*, mientras que mediante mensajes COPS entre el PDF y el GGSN se indican códigos *Diffserv* hacia las redes de paquetes que los soporten y así aplicar este modelo de diferenciación de tráfico según parámetros de calidad de servicio.

Otra función del protocolo COPS dentro de esta interfaz es la de intercambiar datos de tarificación, un *IMS Charging IDentifier (ICID)* hacia el plano de usuario. De la misma manera, la red de acceso es capaz de enviar identificadores de tarificación hacia IMS. Con este procedimiento se hace posible la unificación de la información de tarificación de IMS y de la red de acceso en un mismo sistema de facturación.

- **Transporte de datos multimedia:** La elección del protocolo de transporte siempre depende del tipo de datos que se acomoda en niveles superiores. Tradicionalmente, en el modelo TCP/IP, han dominado la capa de transporte dos protocolos: **Transmission Control Protocol (TCP)** y **User Datagram Protocol (UDP)** (User Datagram Protocol). Mientras que **TCP** se usa para transportar datos de manera fiable (retransmitiendo los datos que se hubieran perdido y por ende permitiendo retardos y *ecos*) y **UDP** para el transporte no fiable (sin retransmitir los datos que no hubieran llegado al destino) pero asegurando un retardo y eliminando posibles latencias y *ecos*.

He aquí una gran ventaja de **UDP** para la comunicaciones en tiempo real. Un ejemplo es la conversación telefónica donde la pérdida de una palabra reporta una mejor experiencia de usuario que soportar continuos retardos o *ecos* que hagan imposible la fluidez de la conversación. Sin embargo, **UDP** no es adecuado para transportar grandes cantidades de datos, ya que carece de mecanismos de control de congestión. Es por ello que el IETF se encuentra desarrollando el protocolo **Datagram Congestion Control Protocol (DCCP)**.

IMS hace uso de de **Real-time Transport Protocol (RTP)** sobre **UDP** y su correspondiente protocolo de control **RTP Control Protocol (RTCP)**. **RTP** permite transportar datos multimedia en tiempo real como audio y vídeo y **RTCP** aporta estadísticas de **QoS** e información de sincronización. **DCCP** puede usarse en el futuro para transportar **RTP** pero hoy en día no es un protocolo lo suficientemente maduro para que IMS lo adopte.

- **Control de pasarelas de medios:** IMS adopta el protocolo H.248 del IETF y la ITU-T, más y mejor conocido como **MEdia Gateway Control (MEGACO)** para el control de las pasarelas o *gateways* de medios, situadas en el plano de usuario, también llamado de transporte o de medios¹².

¹²En la siguiente sección se verá ampliamente la arquitectura de IMS, poniendo gran atención a la división de ésta en diferentes capas.

2.5 Arquitectura de IMS

En la figura 2.4 se representa la arquitectura del IP Multimedia Subsystem tal y como se establece en el estándar del 3GPP [14]. Se muestran las funciones¹³ e interfaces más importantes.

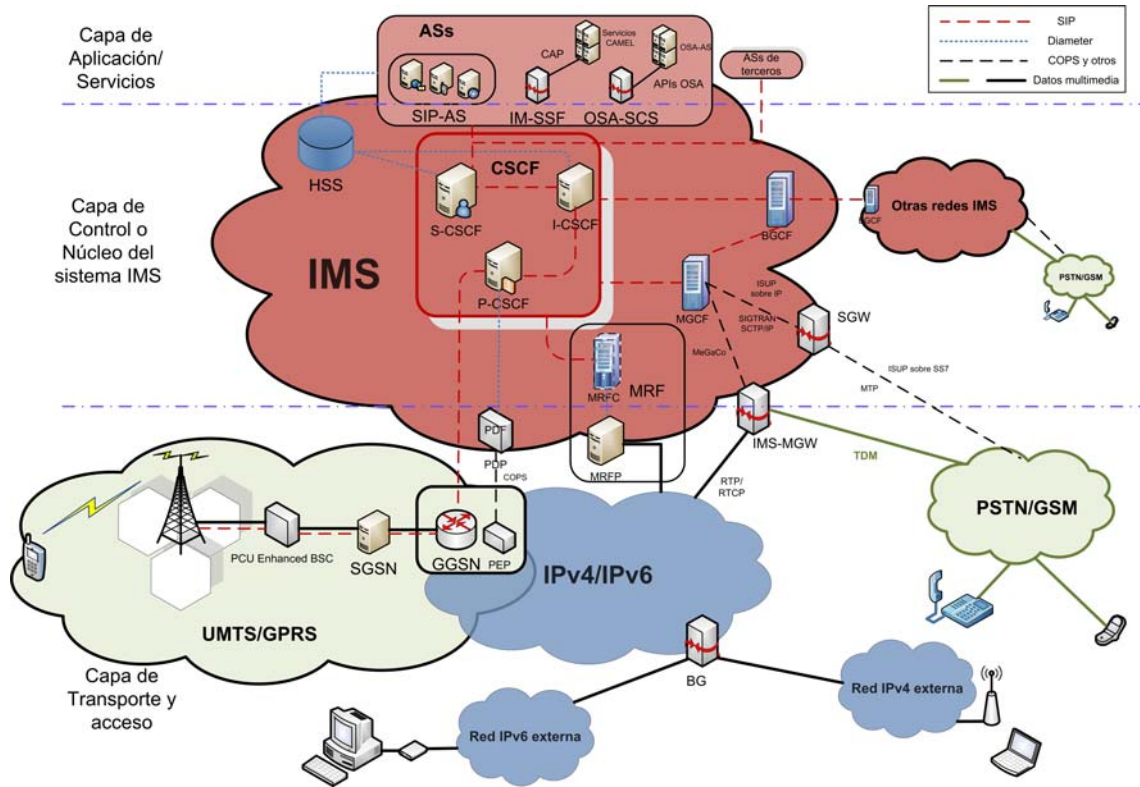
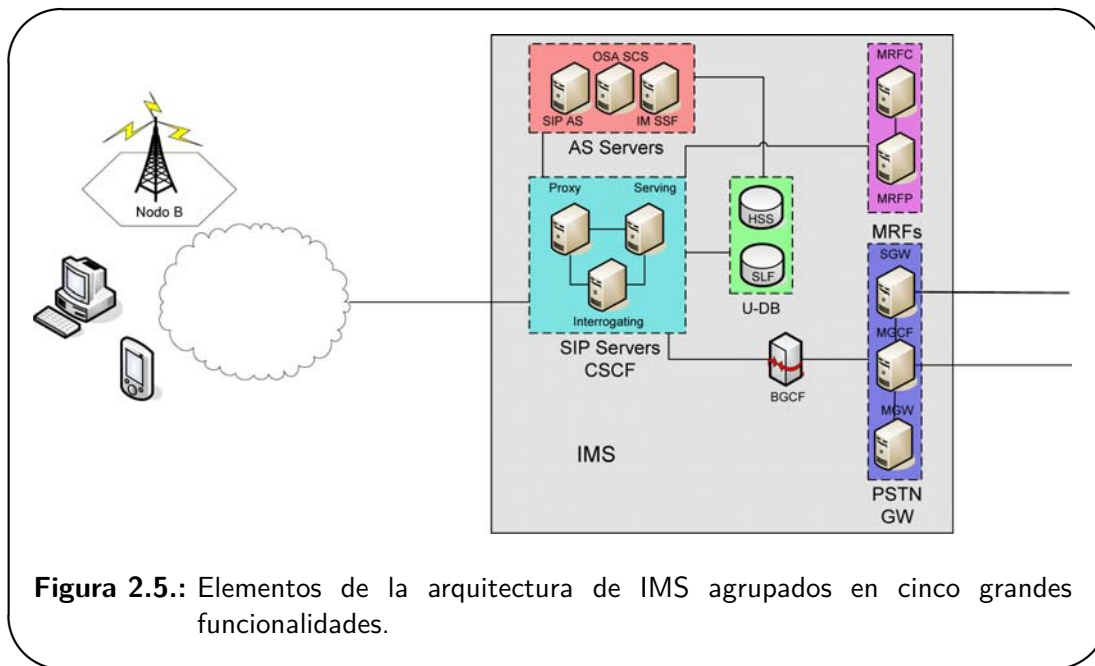


Figura 2.4.: Arquitectura del 3GPP Release 5 donde se introduce por primera vez el subsistema IMS.

En la figura, se observan varios dominios representados por nubes. El acceso a la red, en verde, está pensado, para las primeras *releases*, desde redes celulares 3G, las antiguas *PSTN* y desde cualquier red con conectividad IP, cumpliendo así con la prometida convergencia. Así, es posible observar tanto un terminal móvil en comunicación con una red de acceso GSM o *GPRS/UMTS*, como equipos conectados mediante xDSL (en red cableada o inalámbrica) a redes IPv4/IPv6. Y es que es el dominio de transporte IP, en azul, el que proporciona esta versatilidad en el acceso. Si a esta interoperabilidad en el acceso se le añade la posibilidad de disfrutar de cualquier servicio que se pueda encontrar en Internet en el día de hoy, o de mañana, se estará describiendo, en realidad, la red IMS.

Por el momento, sin atender aún a la división en las capas funcionales, el estudio se centra en la descripción del nuevo subsistema introducido en la arquitectura de

¹³En IMS se estandarizan funciones y no necesariamente nodos. Sin embargo, la mayoría de los proveedores asocian una función a un nodo, aunque podrían perfectamente agruparlas, separarlas, etc.



esta nueva *release* del 3GPP. Como en otras secciones, se está haciendo referencia a IMS, cuyos elementos se sitúan sobre la nube roja, a veces en su interior, otras en el borde, dando una idea global del ámbito de acción de cada una de las **funciones** o **nodos**.

En el núcleo de IMS se agrupan los diferentes nodos en cinco importantes entidades, recuadradas en la figura 2.5:

- **CSCF** (*Call Session Control Function*): El CSCF es el nodo más importante del IMS, ya que desarrolla la función de servidor SIP y proxy, procesando y enrutando toda la señalización SIP de IMS. El CSCF puede escenificar tres papeles dentro del plano de control de IMS:
 - **P-CSCF** (Proxy-CSCF): El P-CSCF es el primer punto de contacto del usuario con el IMS. Es la entrada de la señalización SIP que parte del terminal y va dirigida a la red — bien para ser encaminada hacia otro terminal IMS o hacia los servidores de aplicación que se verán más adelante —. Entre las funciones del P-CSCF se encuentran las de autenticar al usuario de cara a la red IMS, revisión de mensajes SIP y su compresión/descompresión¹⁴, y de seguridad.
- El P-CSCF puede llevar incluido el PDF que se vio en la sección 2.4.1. Como ya se apuntó, el PDF autoriza recursos y gestiona la QoS sobre el plano de transporte.
- **I-CSCF** (*Interrogating-CSCF*): El I-CSCF es un nodo intermedio que da soporte a la operación IMS. El I-CSCF ayuda a otros nodos a determinar el siguiente salto de los mensajes SIP y a encaminar la señalización —

¹⁴La compresión de los mensajes SIP entre el terminal y el P-CSCF tiene como objetivo reducir los tiempos de transmisión de la señalización SIP en la interfaz radio.

para ello obtiene información de localización mediante una interfaz con el HSS/SLF basada en Diameter —. Durante el registro, el P-CSCF se apoya en el I-CSCF para determinar el S-CSCF que ha de servir a cada usuario. En situaciones de *roaming* y en sesiones interred, el I-CSCF es el punto de entrada conocido por la red IMS externa e indica el siguiente salto a realizar para la señalización. Opcionalmente, el I-CSCF efectúa funciones de ocultación de la topología de la red IMS ante redes externas, encriptando información sensible como puede ser el número de servidores, sus nombres DNS, sus capacidades, etc.

- **S-CSCF** (*Serving-CSCF*): El S-CSCF es la pieza clave en el plano de control. Tiene tres funciones principales: **Servidor SIP**, **control de sesión** y actuar como un **SIP registrar**¹⁵.

El S-CSCF mantiene, como se ve en la figura 2.4, una comunicación constante con el *Home Subscriber Server* (HSS) a través de una interfaz Diameter con el fin de realizar tareas de autenticación, descarga de perfiles de usuario y para informar al HSS de la asignación del S-CSCF a un usuario durante el registro.

Es de especial importancia la descarga de los perfiles de usuario, ya que estos incluirán los perfiles de servicio. Con estos, los S-CSCF¹⁶ sabrán encaminar la señalización SIP hacia los servidores de aplicación.

Por último, el S-CSCF aplica las políticas del operador de red impidiendo a los usuarios ejecutar servicios u operaciones para los que no está autorizado. Además de generar los registros de tarificación.

- Base de datos: En el **HSS** (*Home Subscriber Server*) se almacena la información relativa a los usuarios. Heredando la funcionalidad del *Home Location Register* (HLR) de GSM contiene todos los datos de suscripción y contratos del usuario necesarios para llevar a cabo sesiones de datos multimedia. Estos datos incluyen información de localización, seguridad (conteniendo información de AAA) y perfiles de usuario¹⁷. Asimismo, el HSS también registra qué S-CSCF tiene asignado cada usuario.

Cuando la red soporta a muchos usuarios son necesarias varias bases de datos o HSSs. A su vez, el hecho de disponer de más de un HSS requiere la colocación del *Subscription Locator Function* (SLF) que asigna a cada usuario uno de los HSS que se encuentran en la red.

Tanto el HSS como el SLF implementan el protocolo Diameter en sus comunicaciones.

¹⁵Al no existir prácticamente textos sobre IMS en castellano se mantiene la denominación anglosajona de esta funcionalidad del S-CSCF. No obstante, hay que aclarar que un *registrar* no es más que un *registrador* o gestor de registros de los usuarios en la red IMS. De esta manera se lleva a cabo una asociación entre la dirección IP del usuario y su dirección SIP o *Public User Identity*

¹⁶Los nodos CSCF podrán variar en cada red por razones de escalabilidad y redundancia

¹⁷Se verá más adelante que este nuevo concepto de perfil de usuario permite la integración de los servicios y aumenta la versatilidad en la suscripción y personalización de servicios, así como una tarificación más ajustada a la realidad.

- Servidores de aplicación, **AS** (*Application Server*) y las pasarelas con destino al plano de servicios: Los servidores de aplicación (en adelante también será posible encontrarlos como ASs) son una entidad SIP destinada a albergar y ejecutar servicios IMS. Según el modo de funcionamiento de los servicios alojados en los servidores de aplicación, estos podrán actuar como un proxy SIP, como un agente de usuario (UA o *User Agent* popularmente) SIP o como un *Back-To-Back-User Agent* (**B2B-UA**) o agente de usuario *back-to-back*.

El 3GPP define interfaces IMS entre el S-CSCF y el plano de servicios, de esta manera la señalización puede desviarse hacia el plano de servicio en base a una serie de criterios que se recogen en el perfil de abonado, que el HSS aloja y que el S-CSCF descarga durante el registro de cada abonado.

El S-CSCF puede transferir la señalización SIP de un registro o sesión hacia un servidor de aplicaciones:

- **SIP**: El SIP *Application Server* (**SIP AS**) es el servidor de aplicaciones que alberga y ejecuta servicios IP Multimedia basados en SIP. Sus interfaces serán nativas en SIP por lo que no precisan de ninguna pasarela a modo de “traductor” como las que se tratarán a continuación. El SIP AS puede estar tanto en la *home network* como en una red de algún tercero.
- **OSA-SCS** (*Open Service Access-Service Capability Server*): Este servidor de aplicaciones (AS) proporciona soporte para aplicaciones desarrolladas por terceras partes alojadas en el OSA *Application Server*. Esta interfaz permite acceder a IMS de manera segura desde redes externas. Desde el plano de control IMS se verá este nodo como un AS comunicado via SIP con el S-CSCF. Desde el plano de servicios, se verá como una interfaz con el OSA-AS y las Application Programming Interfaces (**APIs**) que permiten a terceros crear servicios para IMS. El servidor de capacidades OSA (OSA-SCS) se coloca en la red doméstica o *home network*, mientras que los servidores de aplicación OSA pueden estarlo tanto en la red doméstica como en redes de terceras partes o *third party networks*.
- **IM-SSF** (*IP Multimedia Service Switching Function*). *Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic* (**CAMEL**) era la plataforma desarrollada para habilitar servicios GSM. Mediante un funcionamiento similar al de redes inteligentes, las peticiones de servicios eran atendidas mediante un reencaminamiento al servidor CAMEL. GSM y también **GPRS** hicieron uso de CAMEL para solucionar problemas complicados de tarificación y *roaming* por ejemplo la marcación y la contabilidad de uso en un *roaming* en el extranjero.

El IM-SSF traduce SIP al protocolo de comunicaciones de CAMEL, el *CAMEL Application Part* (**CAP**). De esta forma, es posible reutilizar los servicios CAMEL de GSM en IMS; permitiendo por ejemplo, que el **GSMSCF** pueda controlar una sesión IMS. El IM-SSF se encuentra en la red del operador o *home network*.

Se ha de remarcar aquí que estos tres tipos de servidores de aplicación se comportan como SIP ASs hacia el núcleo IMS – bien con funcionalidad

de SIP proxy, agente de usuario SIP (como un usuario más) o como un agente de usuario *back-to-back* —. Además, los OSA-SCS e IMS-SSF tienen otros cometidos cuando se comunican con las aplicaciones OSA o CAMEL respectivamente.

- Pasarelas hacia otras redes:

Básicamente, IMS precisa de una interconexión con redes de conmutación de circuitos (CS) como son las redes PSTN, RDSI, GSM, etc. Por tanto, el 3GPP define una serie de elementos que representan la arquitectura de interconexión o *interworking*.

- Pasarelas hacia redes PSTN/CS del plano de usuario:

Los elementos que componen la arquitectura de interconexión de IMS proporcionan interfaces de datos y señalización hacia redes de conmutación de circuitos. Permitiendo así a los terminales IMS realizar y recibir llamadas entre IMS y las redes de circuitos. Estos elementos son:

- **MGCF** (*Media Gateway Control Function*): El MGCF es un controlador de pasarelas que traduce SIP en ISUP¹⁸ (ISDN User Part), un protocolo de aplicación para el Sistema de Señalización número 7 o SS7, el encargado de establecer las llamadas en las redes PSTN. Asimismo, controla la pasarela de medios¹⁹ **Media GateWay** (**MGW**) mediante el protocolo MeGaCo o H.248.

- **MGW**: La pasarela de medios MGW traduce el protocolo de datos multimedia en tiempo real RTP a las distintas codificaciones usadas en las transmisiones sobre redes de circuitos. La pasarela MGW es capaz de enviar y recibir datos sobre RTP para sesiones IMS y a la vez hace uso de varios *time slots* del esquema de modulación *Pulse Code Modulation* (PCM) de cara a transmitir por la interfaz CS.

Además, es posible realizar una transcodificación cuando los *codecs* en una misma sesión son distintos. Un ejemplo común es la transcodificación entre el *codec* AMR del terminal IMS y el G.711 del terminal PSTN.

- **SGW** (*Signaling GateWay*): La pasarela SGW es el elemento que interconecta el subsistema IMS con las redes de conmutación de circuitos PSTN. Entre sus funciones, está la de realizar una traducción entre los sistemas de señalización. Es el caso de transformar ISUP sobre IP en ISUP sobre MTP, como parte de la torre de protocolos del SS7, sistema de control de las redes PSTN. Para ello, recurre a la conversión de protocolos de las capas más bajas.

¹⁸El controlador de pasarelas de medios MGCF está situado en el *core* de IMS, sobre un transporte IP. Por lo tanto, empaquetará ISUP sobre IP. Se verá que la pasarela SGW (Signaling GateWay) desempaquetará ISUP de IP y lo colocará de nuevo en la pila de SS7, inteligible para las redes PSTN.

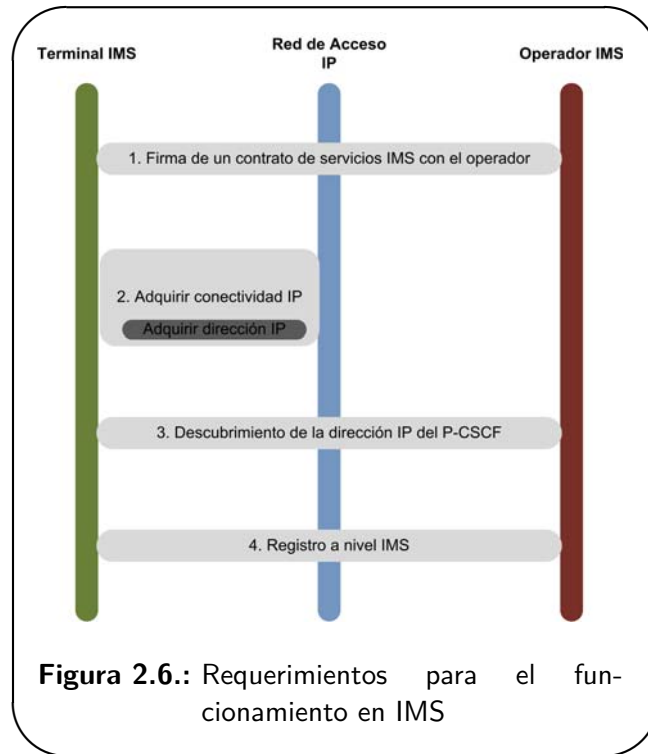
¹⁹Se ha venido denominando indistintamente medios y datos al mismo concepto de datos multimedia.

- **Encaminamiento basados en números de teléfono:** El 3GPP incluyó en su especificación para IMS un elemento que añadía la funcionalidad de encaminar sesiones basadas en números de teléfonos tradicionales: el ***Breakout Gateway Control Function (BGCF)***. El BGCF es un servidor SIP que permite atender sesiones originadas en un terminal IMS y dirigir las hacia un usuario en una red de conmutación de circuitos (CS), como pueden ser la *PSTN* o *PLMN*. Para ello, el BGCF basándose en el número de teléfono del destinatario:
 - Selecciona la red apropiada cuando se establece una sesión interred con el dominio de conmutación de circuitos (CS).
 - Seleccionar la pasarela PSTN/PLMN adecuada cuando se establece una sesión dentro de la misma red donde se encuentra el BGCF.
- **Funciones de recursos multimedia MRF (Media Resource Function):** Proporcionan recursos multimedia en la *home network* tales como *conferencing*, *Interactive Voice Response (IVR)*, el sistema telefónico que atiende al usuario mediante respuestas de voz grabada, etc. Los *Media Resources* pueden descomponerse en:
 - **MRFC (Multimedia Resource Function Controller)**, un nodo del plano de señalización o control que actúa como un agente de usuario conectado al S-CSCF a través de una interfaz SIP y controla los recursos multimedia en el *Media Resource Function Processor (MRFP)* mediante mensajes MeGaCo o H.248.
 - **MRFP (Media Resource Function Processor)** es un nodo del plano de usuario que implementa procesamiento, mezclado y otras funciones relacionadas con los datos multimedia.

2.6 Funcionamiento de IMS

En este apartado se estudiará el funcionamiento de IMS, tratando de ver, mediante el análisis de los procedimientos más comunes, el papel que tiene cada elemento de la arquitectura.

En primer lugar se repasan los requisitos para acceder a IMS. En segundo lugar, se estudia el registro en la red como proceso necesario para que el abonado pueda acceder a los servicios IP multimedia. Tras esto, se lleva a cabo un análisis del establecimiento de sesión como funcionalidad que permite iniciar las comunicaciones con otros abonados y con los servicios multimedia. Posteriormente, se incluye el estudio de la provisión de servicios por parte de los servidores de aplicación. Y finalmente se ve la interconexión de IMS a otras redes, básicamente, tal y como se ha venido tratando en la sección 2.5, redes de conmutación de circuitos.



2.6.1 Fases previas al funcionamiento en IMS

Debido a la concepción de IMS como una red de control de servicios superpuesta al plano de acceso basado en IP; el terminal IMS ha de cumplir ciertos requisitos para atravesar los elementos necesarios de la arquitectura y así llegar a su destino, el núcleo IMS. En la figura 2.6 se muestran los pasos que el terminal de IMS tiene que dar para obtener funcionalidad dentro del núcleo de red.

Como se observa, los pasos a dar son:

1. Establecer un contrato con el operador. Al igual que con la subscripción a otros servicios como el de telefonía móvil o acceso a internet, es necesario establecer unas condiciones con el operador para acceder a los servicios IP Multimedia que ofrezca en su red IMS.
2. Adquirir conectividad IP. Es preciso obtener acceso a una red de acceso con conectividad IP – en la bibliografía en inglés *IP Connectivity Access Network* (**IP-CAN**) – como **GPRS/UMTS**, o en futuras *releases* del 3GPP, **ADSL**, o **WLAN**. Este acceso IP es necesario debido a la propia naturaleza de IMS, sustentado por un plano de transporte IP. Como parte de la obtención de esta conectividad, el terminal IMS ha de adquirir una dirección IP. Normalmente, si el acceso es vía **GPRS/UMTS**, el operador asignará una dirección IP pública²⁰ y dinámica vía protocolos de asignación dinámica como **DHCP**.

²⁰Es necesario contactar con el terminal desde el exterior, por ejemplo desde Internet. Para ello, la solución más factible para el operador es la de proveer una dirección pública temporal (puesto que las direcciones IPv4 son un recurso escaso) durante la sesión IMS.

3. Una vez estos dos primeros requisitos se han cumplido, el terminal IMS necesita “localizar” al P-CSCF. Es decir, necesita conocer su dirección IP. Una vez descubierta esta IP, el terminal podrá enviar y recibir señalización SIP a través del P-CSCF²¹. Este proceso puede estar ligado al acceso a una red de conectividad IP.
4. Cumplidos estos requisitos previos, el terminal IMS realiza un **registro a nivel SIP** en la red IMS. Este registro se lleva a cabo mediante un registro SIP normal²². Si el registro SIP en la red IMS se lleva a cabo con éxito, el terminal IMS puede intercambiar más mensajes de señalización SIP.

2.6.2 Procedimiento de registro en IMS

Una vez el terminal ha adquirido una dirección IP²³ y descubierto la dirección IP del P-CSCF, puede pasar a registrarse en el plano de control de IMS.

Durante este proceso, representado en la figura 2.7, el usuario IMS pide autorización a la red IMS para acceder a los servicios IP multimedia. El registro IMS consta de las siguientes fases:

- (1/2) El terminal (móvil) de usuario (UE, *User Equipment*) envía un petición de registro SIP, **REGISTER**, hacia el P-CSCF.
 - EL P-CSCF realiza una petición DNS para encontrar un I-CSCF en la red *home* del usuario.
 - Le añade un campo para indicar la red visitada en la que se encuentra y reenvía el **REGISTER** hacia el I-CSCF.
- (3/4) El I-CSCF recibe la petición **REGISTER** y envía la petición Diameter UAR (*User Authorization Request*) al HSS. El HSS comprueba que el identificador de usuario es correcto y que existen acuerdos de *roaming* para ese usuario en la red visitada en la que se encuentra, y envía un UAA (*User Authorization Answer*) de vuelta al I-CSCF.
- (5) El I-CSCF recibe el UAA que contiene el S-CSCF asignado al usuario o el criterio para seleccionar uno²⁴. En este último caso, el I-CSCF seleccionaría un S-CSCF apropiado y reenviaría la petición de registro **REGISTER** a ese S-CSCF.
- (6/7) El S-CSCF envía una petición MAR (*Multimedia Authorization Request*) al HSS para descargar los vectores de autenticación²⁵ para desafiar al terminal.

²¹El descubrimiento de la IP del P-CSCF normalmente se realiza cuando el terminal se enciende o se apaga, así como los recursos de un P-CSCF quedan asignados a un terminal durante el tiempo que éste mantenga una sesión.

²²Se verá más adelante que este registro se lleva a cabo con el intercambio de ciertos mensajes SIP.

²³En el caso de IPv6 el terminal recibiría 64 bits de la dirección y construiría los otros 64 para formar la dirección completa de 128 bits del protocolo IPv6

²⁴El I-CSCF tiene una tabla configurable de los S-CSCF que operan en la *home network* y las capacidades que soporta cada uno. Esto permite al I-CSCF escoger el S-CSCF adecuado para cada usuario.

²⁵Sólo la petición SIP de registro SIP se autentica en IMS. Otras peticiones SIP, como **INVITE**, nunca se autorizan, pues van precedidas siempre de un **REGISTER**.

Esta petición incluye la dirección del S-CSCF para que el HSS sepa cuál está asignado al usuario. El HSS envía la respuesta MAA (*Multimedia Authorization Answer*) con los vectores de autenticación.

- (8) El S-CSCF responde al REGISTER con un mensaje 401 Unauthorized (no autorizado) que contiene la información para llevar a cabo el desafío de seguridad.
- (9/10) La respuesta viaja a través del I-CSCF y P-CSCF hasta que alcanza el usuario.
- (11) El usuario construye un nuevo REGISTER incluyendo la respuesta al desafío de seguridad y lo reenvía hacia el P-CSCF.
- (12/13/14/15) La nueva petición alcanza el I-CSCF que envía un nuevo UAR al HSS para encontrar el S-CSCF, a quien reenvía el REGISTER.
- (16/17) El S-CSCF autentica al usuario y envía una petición SAR (*Server Assignment Request*) al HSS para informar que el usuario está registrado y requerir la descarga del perfil de usuario. Esta descarga se incluye en la respuesta SAA (*Server Assignment Answer*) del HSS.
- (18/19/20) El S-CSCF confirma que el usuario está registrado mediante el envío de un SIP 200 OK que atraviesa el I-CSCF y el P-CSCF hasta llegar al usuario.

2.6.3 Establecimiento de sesión

Una vez el usuario se ha registrado en el subsistema IMS puede acceder a los servicios IP multimedia que proporciona IMS. De este modo, un usuario IMS podría establecer una sesión de videoconferencia con otro usuario IMS de otra red y llevarla a cabo en movilidad. Para ello, utilizará el subsistema IMS para intercambiar información de control mediante los protocolos SIP y SDP con el usuario con el que se quiere comunicar. El objetivo de este intercambio de señalización es el establecimiento de una sesión, mediante la cual se conectará con el nodo destino, se negociarán los parámetros de sesión y se activarán los recursos de la red de acceso para soportar la sesión multimedia (en el caso de esta *release* los recursos de GPRS/UMTS como red celular de acceso).

El funcionamiento de IMS en el establecimiento de sesión se muestra en la figuras 2.8 y 2.9 donde se presentan los dos actores que intervienen en la sesión: Alice y Bob.

Lo primero que llama la atención es la completa separación del plano de señalización y de medios. La señalización SIP atraviesa un conjunto de CSCFs, mientras que los datos multimedia se envían de extremo a extremo, de un terminal IMS al otro, sólo atravesando routers IP (o GGSNs si se da el caso, en cualquier caso, un *backbone* IP).

Otra cuestión que se ha de sacar a colación es el hecho de que toda la señalización SIP pasa por el P-CSCF y S-CSCF de las redes de origen: la red donde se efectúa la llamada (en este caso la red que visita Alice en su viaje al Reino Unido, visited.uk)

2.6. FUNCIONAMIENTO DE IMS

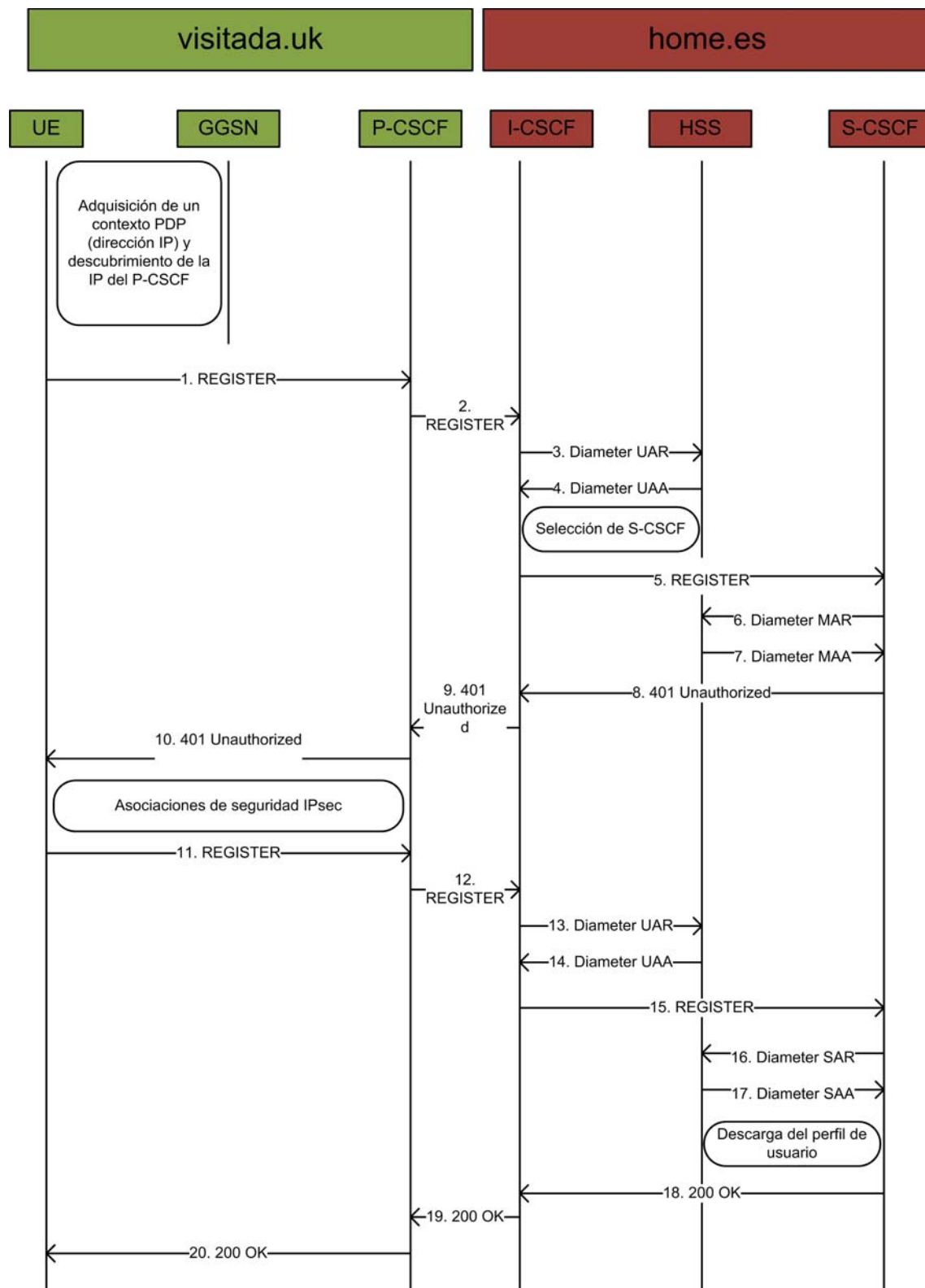
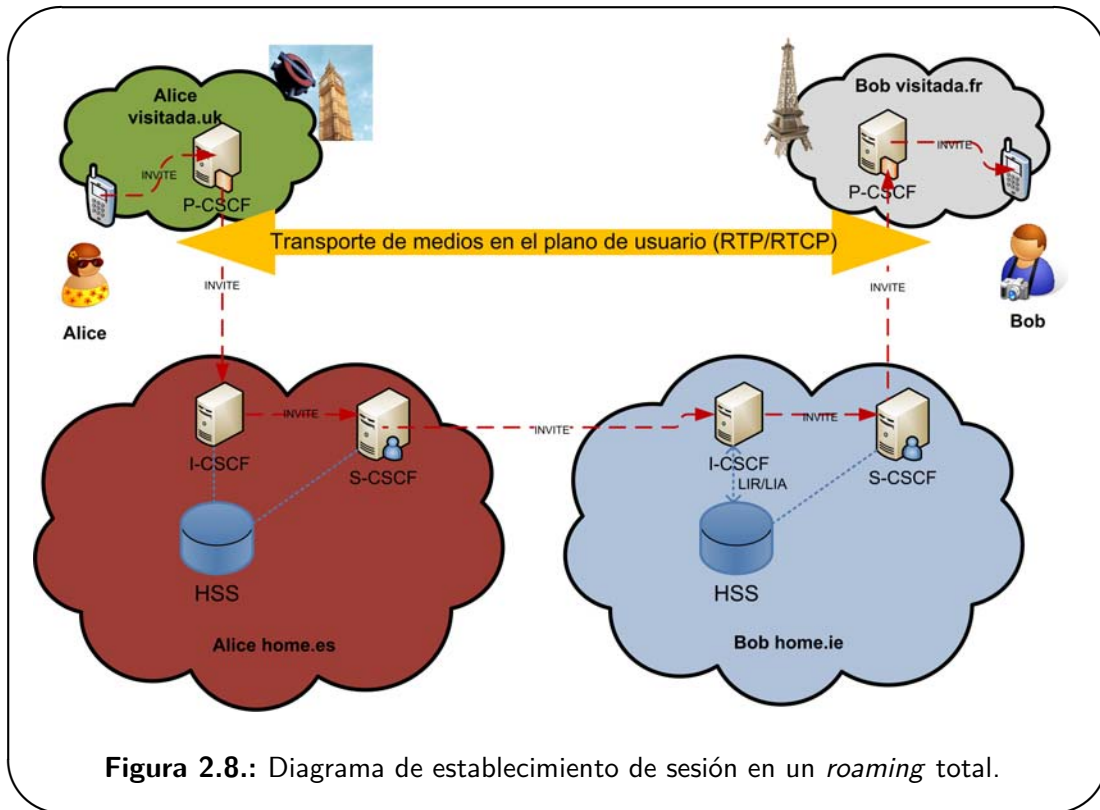


Figura 2.7.: Procedimiento de registro de un terminal IMS en la red.



y la red base del usuario (en este caso la española home.es). Se observa claramente este hecho viendo que ningún mensaje de control de la figura 2.9 “pasa por encima” de estos nodos. La justificación de este hecho se basa en dos razones:

- El P-CSCF es la puerta de entrada de la señalización SIP y el encargado de comprimirla y descomprimirla en la interfaz con el terminal.
- El S-CSCF es atravesado en todas las peticiones para permitir el lanzamiento de servicios de valor añadido que el usuario haya requerido mediante la petición. El S-CSCF juega un papel sumamente importante en la provisión de servicios que envuelvan a uno o más servidores de aplicación. Al colocar el S-CSCF en la red base o *home network* los servicios siempre están disponibles para los usuarios, estén donde estén.

Para comprender mejor el proceso de establecimiento de sesión, se analiza en detalle la señalización presente desde el momento en que dos usuarios registrados desean entablar una comunicación multimedia hasta que el transporte de medios se pone de manifiesto.

El ejemplo partirá de la situación de partida ilustrada en la figura 2.8:

Dos usuarios con terminales IMS: Alice y Bob. Alice tiene su contrato con la operadora que le oferta servicios IP multimedia en España, pero se encuentra de viaje en el Reino Unido. Una situación idéntica de itinerancia o *roaming* es la de Bob. Bob, irlandés, está de turismo en París.

Alice y Bob saben que ambos están haciendo turismo por lo que Alice, situada ante

2.6. FUNCIONAMIENTO DE IMS

el Big Ben en Londres, desea entablar una videoconferencia con Bob para que su amigo vea dónde se encuentra y así también saber qué es de él y por dónde anda en su visita a París.

Dentro de la descripción tecnológica, se suponen ambos terminales IMS con idénticas capacidades, la ausencia de provisión de servicios – la comunicación será de cliente a cliente de videoconferencia – y que los terminales están registrados en IMS.

A continuación se describen las fases de las que consta el procedimiento de establecimiento de sesión:

- Alice quiere establecer la videoconferencia IMS con Bob, por lo que su terminal, lanzado por la aplicación cliente instalada, envía (1) la petición **INVITE** al P-CSCF haciendo uso de la asociación de seguridad establecida durante el registro. La petición puede ir comprimida, y tendría la siguiente estructura:

- Mensaje SIP **INVITE**

```
INVITE sip:bob@home.ie SIP/2.0
```

```
Via: SIP/2.0/UDP [1080::8:800:200C:417A]:5059;  
comp=sigcomp;branch=z9hG4bK9h9ab Max-Forwards: 70
```

```
Route: <sip:pcscf1.visitada.uk:5058;lr;comp=sigcomp>,  
<sip:orig@scscf1.home.es;lr>
```

```
Preferred-Identity: "Alice Smith" <sip:alice@home.es>
```

```
Privacy: none
```

```
P-Access-Network-Info: 3GPP-UTRAN-TDD;  
utran-cell-id-3gpp=C359A3913B20E
```

```
From: <sip:alice@home.es>;tag=ty20s
```

```
To: <sip:bob@home.ie>
```

```
Call-ID: 3s09cs03
```

```
Cseq: 127 INVITE
```

```
Require: precondition, sec-agree
```

```
Proxy-Require: sec-agree
```

```
Supported: 100rel Security-Verify: ipsec-3gpp; q=0.1;  
alg=hmac-sha-1-96; spi-c=98765432; spi-s=909767; port-c=5057;
```

port-s=5058

Contact: <sip:[1080::8:800:200C:417A]:5059;comp=sigcomp>

Allow: INVITE, ACK, CANCEL, BYE, PRACK, UPDATE, REFER, MESSAGE

Content-Type: application/sdp

Content-Length: 569

- Seguido del **mensaje SDP** como adjunto MIME dentro del mismo SIP INVITE

v=0

o=- 1073055600 1073055600 IN IP6 1080::8:800:200C:417A

s=- c=IN IP6 1080::8:800:200C:417A

t=0 0

m=video 8382 RTP/AVP 98 99

b=AS:75

a=curr:qos local none

a=curr:qos remote none

a=des:qos mandatory local sendrecv

a=des:qos none remote sendrecv

a=rtpmap:98 H263

a=fmtp:98 profile-level-id=0

a=rtpmap:99 MP4V-ES

m=audio 8283 RTP/AVP 97 96

b=AS:25.4

a=curr:qos local none

2.6. FUNCIONAMIENTO DE IMS

```
a=curr:qos remote none

a=des:qos mandatory local sendrecv

a=des:qos none remote sendrecv

a=rtpmap:97 AMR

a=fmtp:97 mode-set=0,2,5,7; maxframes=2

a=rtpmap:96 telephone-event
```

Es posible identificar fácilmente las cabeceras del mensaje SIP y deducir su significado. Asimismo, se extrae del mensaje SDP la descripción del audio y vídeo que compondrán la videollamada: las líneas `m=` del mensaje indican el puerto por donde se recibirá el flujo de medios y la lista de *codecs* que el terminal soporta para la sesión y el flujo actual. Por último, notar que el mensaje SDP indica el uso de extensiones de prerequisites con la presencia de algunas líneas `a=curr:qos` y `a=des:qos` indicando la *QoS* actual y deseada para los portadores de servicios en el caso concreto de este flujo de medios. Normalmente en el mensaje INVITE aún no se ha producido una asignación de recursos de transporte, por lo que estos parámetros aparecen con el valor `none`.

- Los mensajes de 100 **Trying** son respuestas provisionales para hacer saber al nodo anterior que las peticiones han llegado correctamente. Por tanto, se obviará la descripción de estos mensajes (2/4/...).
- (3) El P-CSCF descifra y descomprime la petición y analiza si la descripción SDP de los datos multimedia es válida y que la ruta para el mensaje corresponde con la especificada en el registro. Esta petición es entonces reenviada hacia el I-CSCF.
- (4) El I-CSCF recibe la petición y la reenvía al siguiente salto, en este caso, el S-CSCF asignado a Alice.
- (5) El S-CSCF recibe la petición y basándose en el perfil de usuario descargado del HSS durante el registro analiza la descripción de la sesión SDP y aplica los *triggers* o “disparadores” de los filtros (*initial Filter Criteria*, **iFC**)²⁶ definidos en el perfil de usuario para determinar si la petición ha de ser reencaminada hacia un servidor de aplicación o AS.
- (6) El S-CSCF, ya que es un caso donde no entran en juego los servidores de aplicación, hace uso de **DNS** para encontrar el I-CSCF en la red base de destino. Para ello se sirve de la **URI** de destino: bob@home.ie.

²⁶Habrà tiempo de ver los *initial Filter Criteria* o iFC en futuras secciones donde se tratarà la provisi3n de servicio por parte de los ASs con mäs detalle.

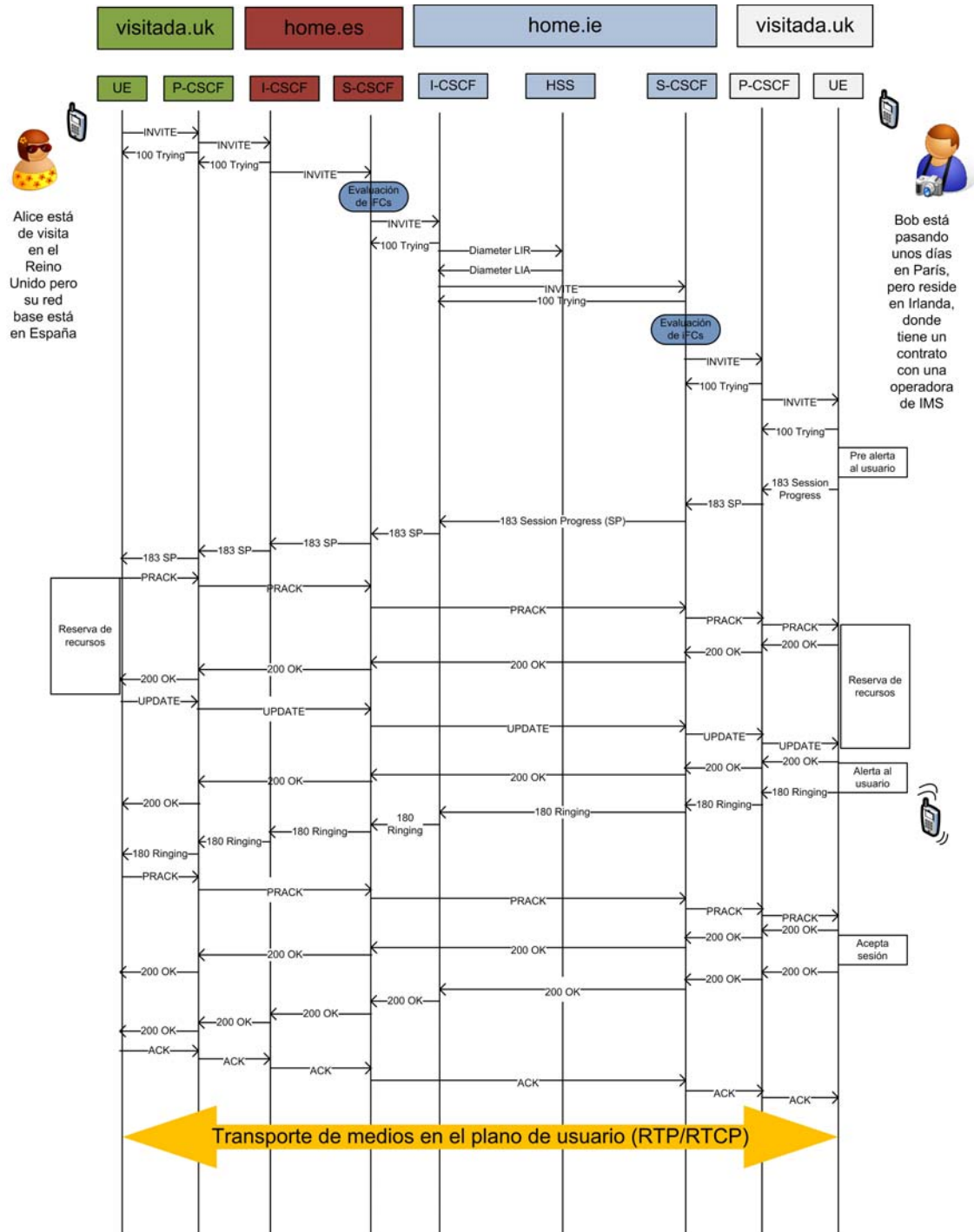


Figura 2.9.: Paso de mensajes en el establecimiento de sesión.

2.6. FUNCIONAMIENTO DE IMS

- (8) Cuando el I-CSCF recibe la petición envía un *Location Info Request* (**LIR**) al HSS para localizar el S-CSCF asignado a ese usuario (Bob).
- (9/10) Con la respuesta del HSS (*Location Info Answer*, LIA), el I-CSCF reenvía la petición al S-CSCF que a su vez aplica el perfil de usuario para determinar si el SDP es el adecuado para Bob y si la petición ha de ser reenviada a algún AS.
- (12) El S-CSCF, ya que no hay ningún servicio provisto encamina la petición INVITE al P-CSCF asignado a Bob (y almacenado desde el registro).
- (14) El P-CSCF comprime y encripta la petición y la envía al terminal IMS de Bob haciendo uso de la asociación de seguridad establecida durante el registro del usuario.
- (16) El terminal de usuario de Bob procesa la descripción de medios SDP incluida en la petición INVITE y construye una respuesta SIP 183 **Session in Progress** que incluye una respuesta SDP a la propuesta del terminal de Alice y la envía hacia el P-CSCF con los mismos mecanismos de seguridad usados hasta entonces.
- (17/.../22) El mensaje de progreso de sesión sigue el camino de vuelta hacia el terminal de origen (usuario Alice).
- (23) El terminal de Alice analiza la descripción SDP en el mensaje 183 **Session in Progress** y construye un mensaje PRACK (*PRovisional ACKnowledgement*, asentimiento provisional) con la respuesta SDP final. En este punto el terminal de origen (el de Alice) puede comenzar con la reserva de recursos de transporte para esta sesión.
- (24/.../27) El mensaje PRACK viaja hacia el destino por los nodos pertinentes.
- (28) El PRACK llega y el terminal destino puede empezar entonces a reservar recursos en base a la descripción SDP. Asimismo, manda un mensaje 200 OK de vuelta al terminal origen. Este OK corresponde al PRACK, no al INVITE.
- (29/.../32) El 200 OK llega al origen atravesando el camino o *path*.
- (33) Cuando el terminal de origen de Alice completa la reserva de recursos envía un mensaje de UPDATE al terminal de destino de Bob.
- (34/.../37) El UPDATE atraviesa el *path* hacia el destino.
- (38/.../42) Se genera una respuesta OK y se envía de vuelta hacia el origen (el terminal de Alice).
- En este punto si el terminal de Bob ha completado su reserva de recursos del plano de usuario se puede avisar al usuario de que existe una llamada de sesión entrante. Esto se transmite al origen mediante el envío de un mensaje 180 **Ringin**g (43/.../48).
- (49) Cuando el terminal de Alice recibe el mensaje 180 **Ringin**g empieza a dar tonos y envía el PRACK (50/.../54) de vuelta hacia el destinatario, Bob. Este PRACK es respondido con un 200 OK (55/.../59).
- En algún momento, Bob, el destinatario de la llamada la acepta y su terminal

envía un 200 OK de vuelta al terminal de Alice (60/.../66), completando así el establecimiento de la llamada. Esto es así porque es realmente este OK la respuesta que completa la transacción del INVITE.

- (67/.../71) Finalmente, el terminal de Alice manda un ACK final hacia el terminal de Bob y la transmisión en el plano de medios puede comenzar. Los terminales IMS de Alice y Bob generan flujos de audio y vídeo que se envían extremo a extremo vía routers IP.

2.6.4 Establecimiento de sesión con provisión de servicios añadidos

El estudio del ejemplo de la sección anterior ilustraba acerca del establecimiento de una sesión multimedia entre dos usuarios IMS. No obstante, ninguno de estos usuarios ejecutaba ningún servicio añadido a la sesión multimedia. Esta sesión, por tanto, chocaba con la filosofía de IMS, donde la idea básica es la de proporcionar el entorno común para ofrecer servicios innovadores.

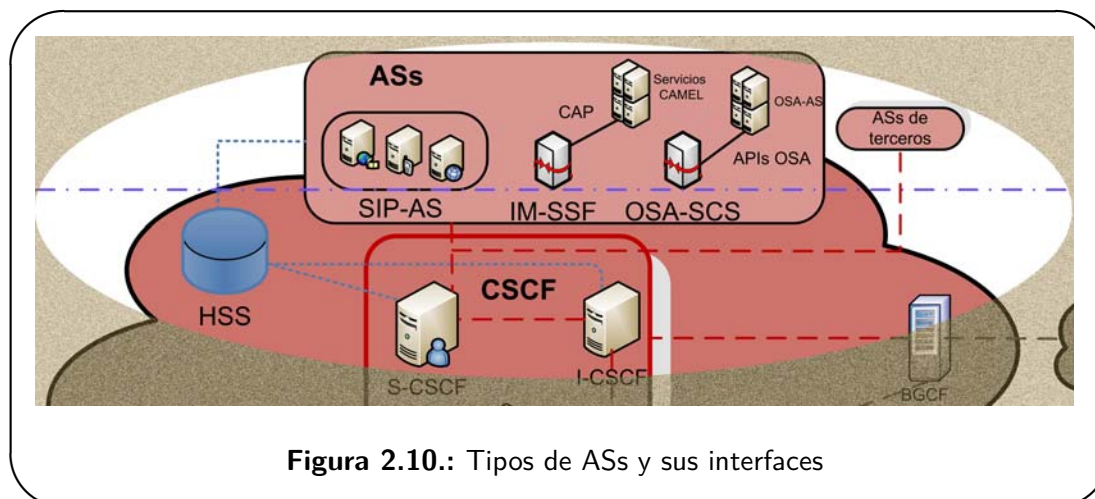
Alejándose del ejemplo pedagógico anterior y acercándose a los verdaderos fines de IMS, es posible elaborar un ejemplo del establecimiento de una sesión real en la que se ofrezca un servicio para la entidad origen de la llamada (Alice), para el destinatario (Bob) o para ambos. Para ello, en este apartado se describen los modos de operación de los ASs — descritos con anterioridad en la sección 2.5 — dentro de su funcionamiento en las sesiones IP multimedia.

Los servidores de aplicación, ASs, como se trató en la sección de arquitectura, pertenecen a la capa de aplicación o plano de servicios de IMS. Normalmente, en una red, coexisten más de un AS. Típicamente, existirán varios, cada uno proveyendo un servicio en particular. Algunos estarán especializados en implementar alguna tecnología, como la tecnología Java, SIP *servlets*, o SIP CGI (*Common Gateway Interface*). Todos ellos, sin embargo, tienen en común la tarea de presentar una interfaz SIP hacia el S-CSCF²⁷.

En la figura 2.10 se ilustran los diferentes tipos y combinaciones de ASs y sus interfaces. Como se observa, es siempre la interfaz con el S-CSCF el vínculo SIP con el *core* IMS de la red doméstica. Es por ello que el S-CSCF es el nodo que involucra a los servidores de aplicación en el establecimiento de sesión.

Además, cualquier AS puede implementar otros protocolos de aplicación como son HTTP o *Wireless Application Protocol* (WAP). Un ejemplo de la ambivalencia de los ASs es el de implementar una interfaz gráfica basada en web (HTTP) o WAP para la configuración de parámetros del AS. Sin embargo, a fecha de hoy no se encuentran descritas en las especificaciones de IMS.

²⁷En muchos rincones de la bibliografía, esta interfaz entre los ASs y el S-CSCF se denomina *IMS Service Control* (ISC), el nombre genérico que tomaba previo a la elección de SIP como protocolo de sesión por parte del 3GPP.



■ Los diferentes roles de los servidores de aplicación

En este apartado se estudia cómo los diferentes ASs (el estudio es válido para cualquier tipo de AS) se comportan de una u otra manera dependiendo del servicio que ofrezcan.

Desde el punto de vista de un protocolo de sesión como SIP, un AS puede tomar los siguientes papeles:

- Agente de usuario (User Agent, UA) origen o destino SIP. Es decir, de emisor o receptor de mensajes de señalización SIP.
- Servidor *proxy* SIP.
- Servidor de redirección SIP.
- Agente de usuario *Back-to-Back* (B2BUA).

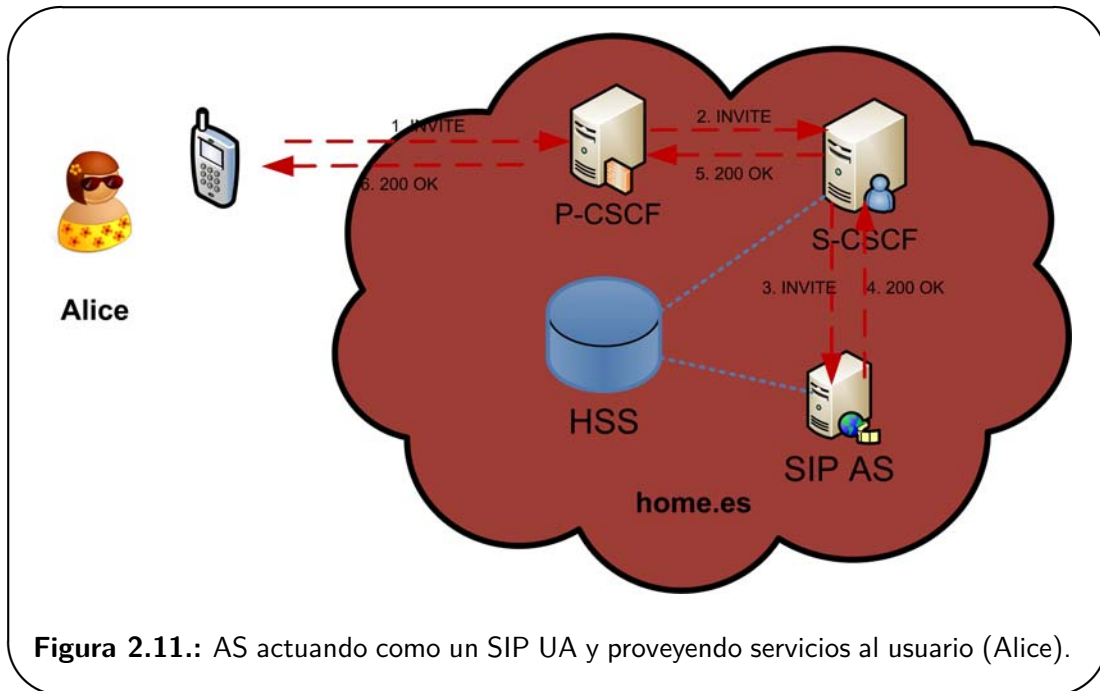
Si en un caso concreto, el servidor de aplicación decide no proporcionar el servicio por cualquier razón, actúa como un *proxy* SIP, asegurándose que los mensajes SIP vuelven al S-CSCF y continúan su camino.

En las siguientes descripciones se realizan peticiones **INVITE**. Esto es así por tratarse de un ejemplo, sin embargo es posible hacer uso de cualquier otra petición (**SUBSCRIBE**, **PUBLISH**,...) sujeta a los iFC ya mencionados en la sección 2.6.3. Toda la señalización está descrita a alto nivel, simplificando el paso de mensajes y ocultando la complejidad de otras transacciones.

- AS como SIP UA:

En la figura 2.11 se muestra cómo el AS se comporta como un agente de usuario SIP (SIP UA) respondiendo con un **200 OK** al mensaje de **INVITE**. En este caso el P-CSCF y el AS están en la red *home* o doméstica pero podrían estarlo en la visitada o en una red de terceras partes (en el caso del AS).

El ejemplo de la figura 2.11 puede tener dos variantes: cuando el AS provee servicios a la otra parte de la llamada con efecto en el origen (por ejemplo actualizaciones de estado en servicios de presencia) o el caso del AS siendo



el agente de usuario origen para proporcionar servicios (un ejemplo sería el servicio de despertador).

- AS como servidor proxy SIP

En esta configuración ilustrada en la figura 2.12 el servidor de aplicación, AS actúa de proxy SIP para proporcionar la lógica del servicio. En este ejemplo, el S-CSCF involucra a un AS reencaminando el INVITE hacia el AS²⁸.

- AS como servidor de redirección SIP

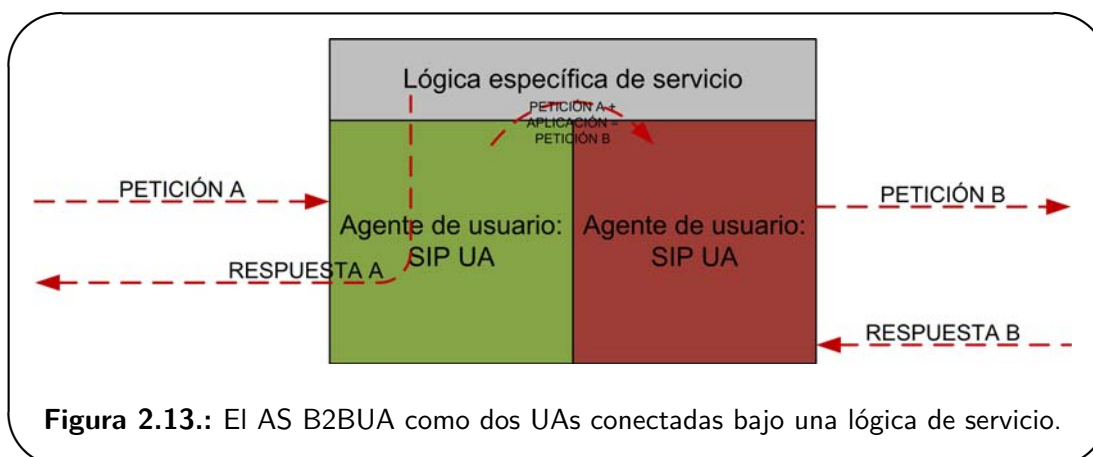
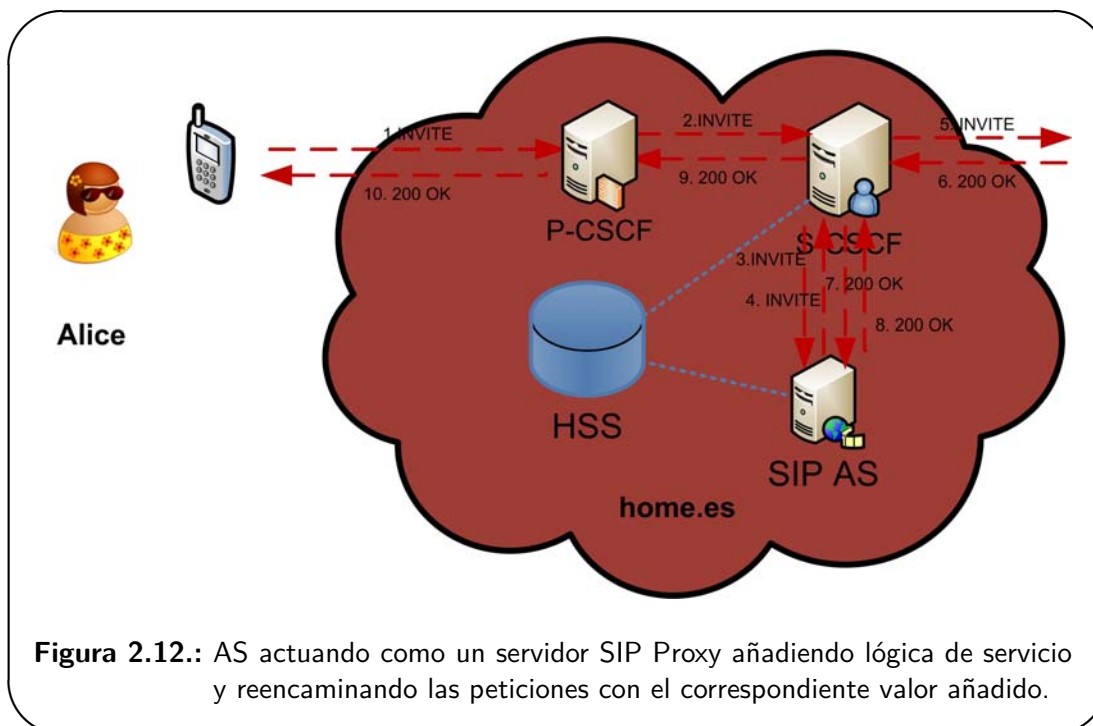
En este caso, el AS implementa un nuevo campo **Contact** en la respuesta SIP con la nueva URI a la que se han de encaminar las nuevas peticiones. Esta nueva URI será entonces la nueva **Request-URI** de las peticiones, y puede dirigir a otras redes IMS.

Un ejemplo típico es el de desvío de llamada. También puede utilizarse para dar servicio de portabilidad de número. En general, estos servidores de redirección se usan cuando se desvían sesiones y el operador no desea formar parte de ellas tras realizar el reencaminado.

- AS como B2BUA:

Ésta es la última configuración que puede adoptar un servidor de aplicación en la ruta de señalización SIP, la de *Back To Back User Agent*. Esta configuración está basada en la aplicación de una lógica de servicio común a dos agentes

²⁸ Además de reencaminar el INVITE; el S-CSCF inserta la cabecera **Route** en el mensaje INVITE que apunta hacia el AS en primer lugar y al S-CSCF en segundo lugar. Esto permite que el AS reencamine la petición hacia el mismo S-CSCF en el camino de vuelta. Además se incluye una información de estado para comprobar que la petición ya ha pasado por el AS. El mensaje **Route** tendría la siguiente forma: **Route: <sip:as.home.es;lr>, <sip:state34@scscf1.home.es;lr>**.



de usuario conectados entre sí. Si se atiende a la figura 2.13 se observa una funcionalidad similar a la del servidor SIP proxy, ya que los UAs reciben peticiones y las reencaminan, reciben respuestas y las entregan al UA correspondiente.

En esta misma figura 2.13 la petición A que llega al primer UA se transforma en la petición B debido a que durante el paso por la lógica de servicio específica de la aplicación pueden cambiar las cabeceras, incluyendo algunas que el SIP *proxy* no puede cambiar como son las **From**, **To**, **Call-ID**, etc. Asimismo, la lógica de servicio puede cambiar la descripción **SDP**.

Por otra parte, los AS B2BUA pueden incluso generar peticiones SIP para un trayecto de la sesión independientemente de que no exista petición desde la otra parte (por ejemplo, en el ejemplo de la figura, generar la petición B sin

existir la petición A). Incluso puede generar, también, múltiples trayectos de sesión, como un controlador de “llamada a tres”.

Como los B2BUA son en definitiva varios SIP UAs conectados, estos han de entender todos los métodos y extensiones SIP de la otra parte.

La lógica de servicio superpuesta a los UAs dicta cómo las peticiones y respuestas se mapean. Este aspecto abre numerosas posibilidades dependientes del servicio proporcionado por el usuario.

Un ejemplo sería el de un servidor de aplicación de prepago: El AS primero verifica que el usuario tiene crédito suficiente en su cuenta para pagar el coste de la sesión. Si no lo tiene, el AS simplemente rechaza la llamada, si lo tiene, la sesión continúa. Una vez se establece la sesión, si el usuario se queda sin crédito, el B2BUA AS envía una petición de BYE para ambas partes para que cierren la sesión.

Finalmente se pone de manifiesto la provisión de servicios en el establecimiento de la sesión con el diagrama de la figura 2.14 en el que se añade el reencaminamiento de las peticiones a los servidores de aplicación para proporcionar valor añadido a las sesiones IMS.

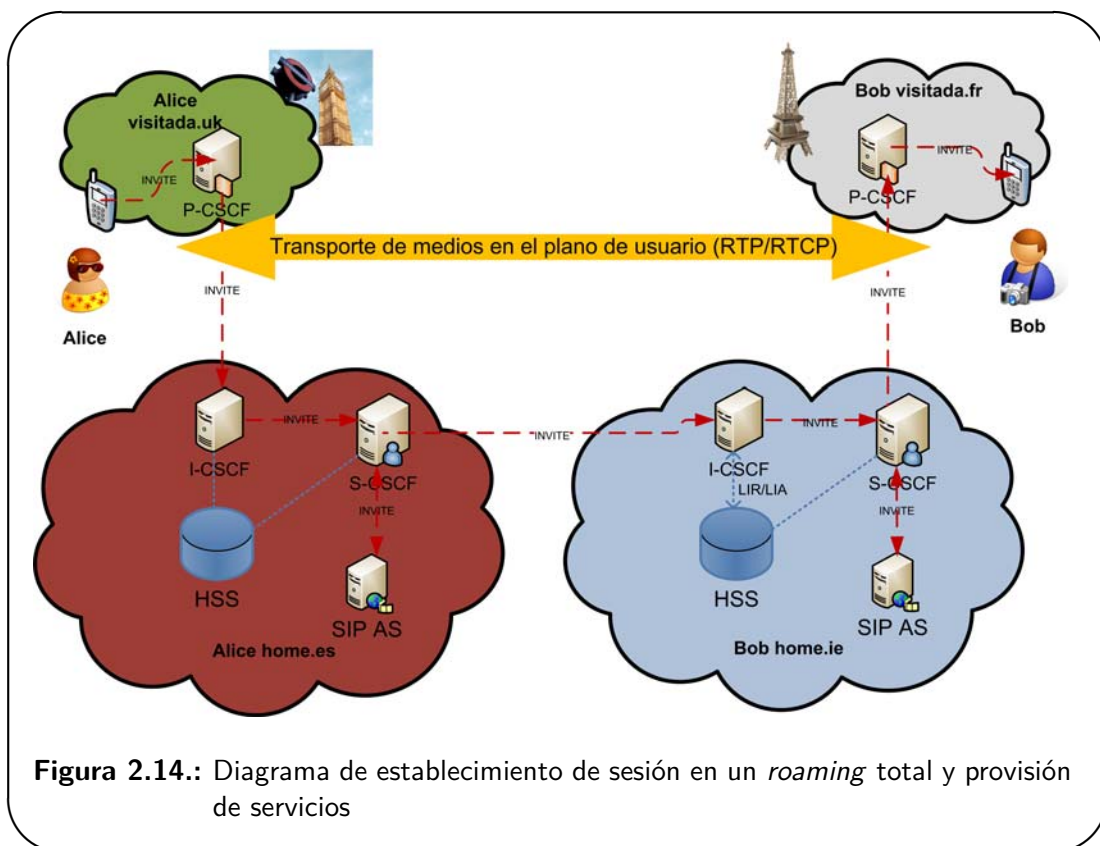


Figura 2.14.: Diagrama de establecimiento de sesión en un *roaming* total y provisión de servicios

2.6.5 El mapeo de servicios: los *Filter Criteria*

Los *Filter Criteria* (“criterios de filtrado”) son unas de las piezas más importantes si se habla de la información del usuario que almacena la red. Su importancia reside en que determinan los servicios que se proporcionarán a cada usuario. Los *Filter Criteria* son información del usuario que ayuda al S-CSCF a decidir en qué momento involucrar a un AS particular para que proporcione el servicio. Aunque se especificaron dos tipos de *Filter Criteria*, han prevalecido el ***initial Filter Criteria***, iFC.

El S-CSCF evalúa los iFC cuando recibe una petición como INVITE, SUBSCRIBE, OPTIONS, etc. siempre que creen un diálogo o se envíen independientemente de cualquier diálogo. Es decir, los iFC no se evaluarán en peticiones que estén dentro de un diálogo ya establecido (PRACK, NOTIFY, UPDATE o BYE).

Los iFC se almacenan en el HSS – junto a más información de usuario – en una estructura de datos denominada **perfil de usuario** o ***user profile*** (se observa la estructura del perfil de usuario en la figura 2.15). A grandes rasgos, el perfil de usuario incluye la identidad de usuario privada (*Private User Identity*) a la cual se aplica dicho perfil de usuario y uno o más **perfiles de servicio** o ***service profiles***. Cada perfil de servicio contiene una o más identidades de usuario públicas (*Public User Identities*) sobre la cual se aplican los perfiles de servicio. Por último, los perfiles de servicio incluyen cero o más iFC.

Cuando el usuario se registra con el S-CSCF, éste contacta con el HSS y descarga el perfil de usuario que incluye los iFC. De este modo, los iFC están disponibles en el S-CSCF a partir del momento en el que se registra el usuario. Los iFC, cuya estructura se ilustra en la figura 2.16, determinan los servicios que se aplican a la colección de identidades públicas listadas en el perfil de servicio.

En capítulos posteriores se verá un ejemplo clarificador de la provisión de servicios en base a perfiles de usuario. Sin embargo, es necesario describir en este punto la estructura y las funciones de los iFC, de cara a comprender la versatilidad y ventajas del lanzamiento de servicios a partir de los datos de preferencias (el perfil) del usuario.

Los iFC determinan qué servicios se aplican a qué identidad pública de las que se encuentran listadas en el perfil de servicio. Observando la figura 2.16 se distinguen los siguientes campos:

- **Prioridad** o *priority*: determina el orden de evaluación de un iFC concreto frente a los restantes definidos para un mismo perfil de servicio. El S-CSCF por tanto evaluará primero el iFC con más prioridad, y así sucesivamente.
- **Trigger Point**: Para un iFC puede haber uno o ningún *Trigger Point*. Un *Trigger Point* es una expresión cuya evaluación determina si las peticiones SIP se han de encaminar hacia un AS. Si no existe ningún *Trigger Point* las peticiones se encaminarán siempre hacia el AS. Un *Trigger Point* es una colección de filtros o “disparadores” denominados *Service Point Triggers*, que permiten acceder a la información de los campos de una petición SIP, como:
 - El valor del campo *Request-URI*.

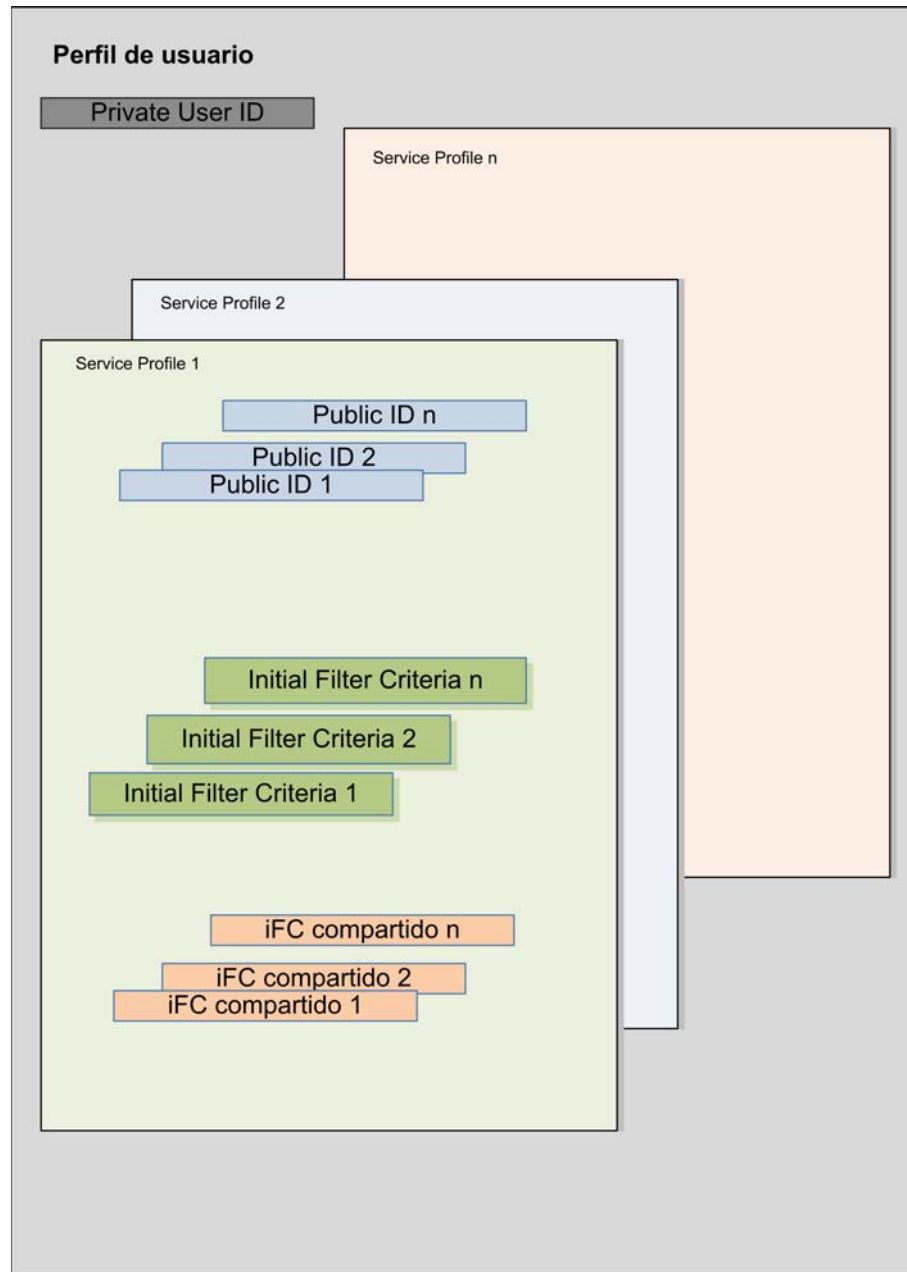


Figura 2.15.: Estructura simplificada de un perfil de usuario almacenado en el HSS.

2.6. FUNCIONAMIENTO DE IMS

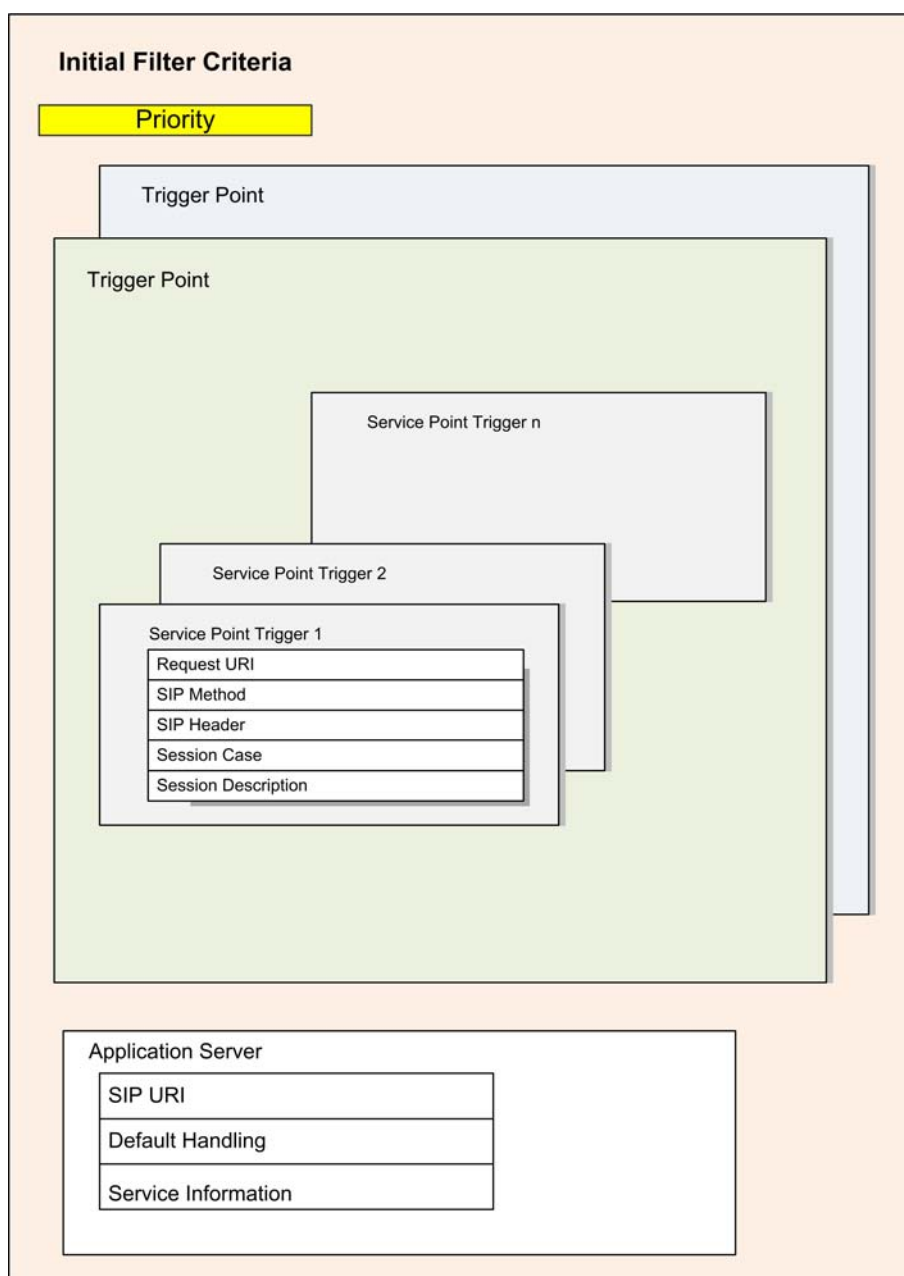


Figura 2.16.: Estructura de los initial Filter Criteria.

- El **método** de la petición SIP: INVITE, OPTIONS, SUBSCRIBE, etc.
- La existencia o ausencia de una determinada cabecera SIP.
- La correspondencia parcial o total entre el contenido de varias cabeceras SIP (ej.: una relación determinada entre ellas).
- El tipo de sesión, o sea, si la petición SIP está originada por el usuario objeto del servicio, destinada a un usuario registrado o destinada a un usuario no registrado.
- Descripción de la sesión, es decir, el cumplimiento parcial o total de una condición por parte de una línea determinada del mensaje SDP.

Un ejemplo de un *Trigger Point* sería la siguiente expresión:

(Method=INVITE) AND (Request-URI = sip:usuario@ejemplo.com),

donde (Method=INVITE) y (Request-URI = sip:usuario@ejemplo.com) son los *Service Point Triggers*.

- Application Server: en este campo se recoge la información concerniente a los servidores de aplicación a los que se reencaminarán las peticiones SIP tras la evaluación de los iFC. Esta información viene detallada en los siguientes campos:
 - AS IP URI: Es la dirección del AS que recibirá la petición SIP siempre y cuando se cumplan las condiciones establecidas por los *Trigger Points*.
 - *Default Handling*: Este campo indica la acción que se tomará (continuar o abortar el proceso) si el S-CSCF, por la razón que fuere, o pudiera contactar con el AS indicado en el campo AS SIP URI.
 - *Service Information*: Este campo almacena algunos datos transparentes para el S-CSCF y el HSS, pero que el AS necesita para procesar las peticiones. Este campo está restringido para peticiones para las cuales el S-CSCF actúa como un cliente SIP UA, como por ejemplo es la petición SIP REGISTER.

Finalmente, el perfil de usuario se codifica haciendo uso de *eXtensible Markup Language* (XML). El 3GPP especifica [15] un esquema XML determinado para definir los *initial Filter Criteria*. Estos iFC se transportan desde el HSS hasta el S-CSCF a través de mensajes del protocolo Diameter explicado en la **sección 1.5.1**.

Un ejemplo de ejecución de servicio podría ser la provisión de un servicio de restricción de llamadas en base a una “lista negra”. Es posible imaginar que un usuario (sip:goodguy@example.com) contrata un servicio que desvía las llamadas entrantes procedentes de usuarios de la “lista negra” (por ejemplo sip:badguy@example.com) hacia un contestador (proporcionado por el MRF) que responde a ese usuario con un mensaje preestablecido. Como se ha comentado anteriormente, el servicio se modela aplicando un perfil de servicio a sip:goodguy@example.com que contenta un *Trigger Point* que filtre todas las sesiones INVITE destinadas a este usuario cuyo origen sea alguien de la “lista negra”.

El *Trigger Point* se representa como

2.6. FUNCIONAMIENTO DE IMS

(method = INVITE) AND (P-Asserted-Identity = sip:badguy@example.com)
AND (Session Case = Terminating)

Y se evalúa tras la descarga del XML de la figura 2.17²⁹ que lo contiene.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<testDatatype xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <IMSSubscription>
    <PrivateID>privategoodguy@example.com</PrivateID>
    <ServiceProfile>
      <PublicIdentity>
        <Identity>sip:goodguy@example.com</Identity>
      </PublicIdentity>
      <InitialFilterCriteria>
        <Priority>0</Priority>
        <TriggerPoint>
          <ConditionTypeCNF>1</ConditionTypeCNF>
          <SPT>
            <ConditionNegated>0</ConditionNegated>
            <Group>0</Group>
            <Method>INVITE</Method>
          </SPT>
          <SPT>
            <ConditionNegated>0</ConditionNegated>
            <Group>0</Group>
            <SIPHeader>
              <Header>P-Asserted-Identity</Header>
              <Content>
                "sip:badguy@example.com"
              </Content>
            </SIPHeader>
          </SPT>
          <SPT>
            <ConditionNegated>0</ConditionNegated>
            <Group>0</Group>
            <SessionCase>1</SessionCase>
          </SPT>
        </TriggerPoint>
        <ApplicationServer>
          <ServerName>sip:as33.example.com</ServerName>
          <DefaultHandling>1</DefaultHandling>
        </ApplicationServer>
      </InitialFilterCriteria>
    </ServiceProfile>
  </IMSSubscription>
</testDatatype>
```

Figura 2.17.: Fichero XML que describe el perfil del usuario sip:goodguy@example.com.

Cuando se cumplen las condiciones, el S-CSCF envía la petición al AS correspondiente. Este AS contiene la lógica necesaria para proporcionar el desvío hacia el MRFC, indicándole la reproducción del mensaje con la información de la restricción. En concreto, la aplicación del servicio consiste en que el AS reenvíe la petición al MRFC³⁰

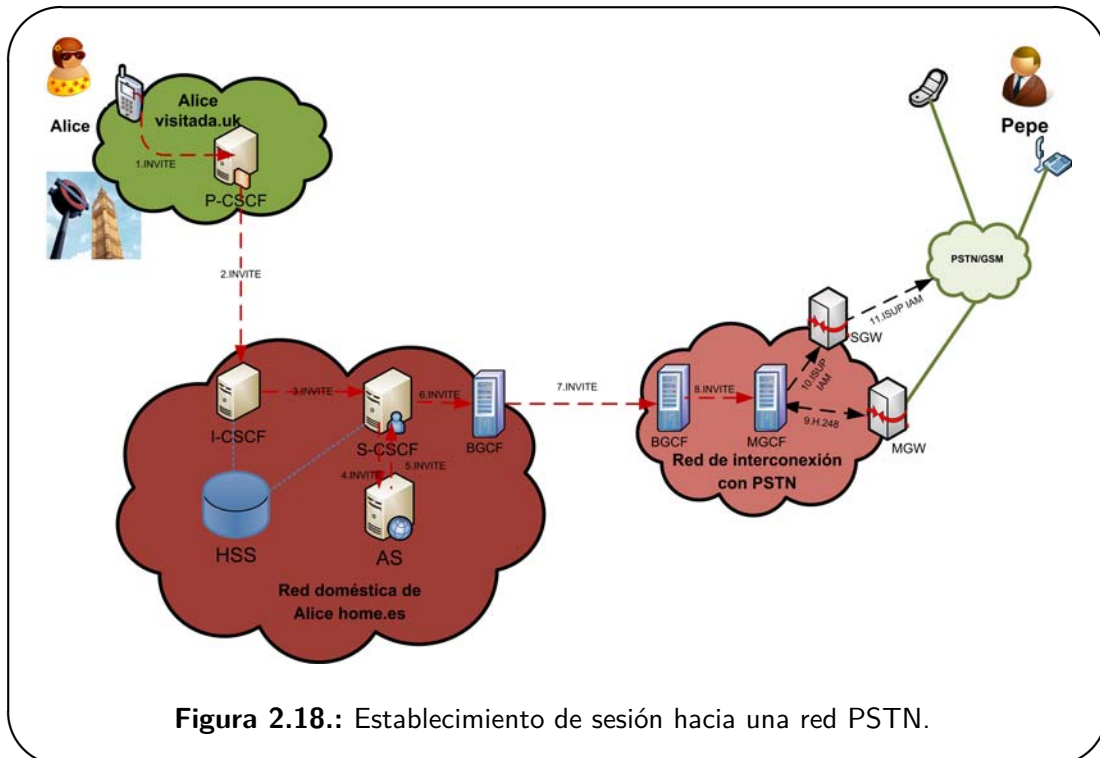
El MRFC identifica el mensaje a emitir a partir del nombre de usuario de la SIP URI. Posteriormente envía órdenes H.248 al MRFP para que reproduzca el mensaje acorde al usuario.

2.6.6 Establecimiento de sesión desde y hacia una red de circuitos PSTN

Tanto en el capítulo 1 como en este presente se ha argumentado que IMS propiciaba la cohesión de redes proporcionando pasarelas de interconexión en el seno de su arquitectura. Estas pasarelas facilitan la interconexión y traducción entre protocolos, permitiendo una compatibilidad hacia atrás entre tecnologías y una mayor versatilidad en el acceso.

²⁹Se ha supuesto que el usuario sip:goodguy@example.com solo tiene suscrito este servicio.

³⁰En este caso el AS actúa como SIP proxy y reemplaza la Request-URI del INVITE por la del MRFC: sip:announcementBadGuy@mrfc.example.com.



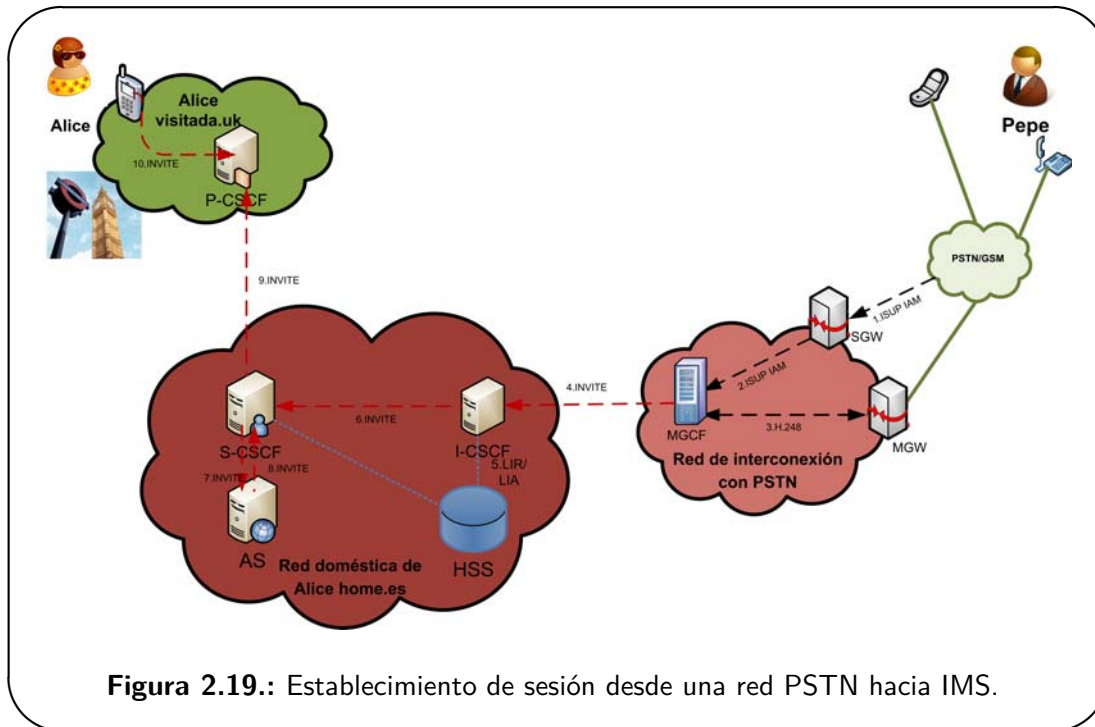
Para ilustrar esta convergencia, se presentan a continuación dos ejemplos de sesiones entre una red IMS y otras redes heredadas, en este caso la red **PSTN** de conmutación de circuitos. En este caso el *Breakout Gateway Control Function* (**BGCF**) entra en juego ya que elige el **MGCF** remoto a través de la conexión del BGCF de la red doméstica con el BGCF de la red de interconexión.

En la figura 2.18 se puede ver la secuencia de mensajes de protocolos que se suceden en el establecimiento de una sesión originada desde un terminal IMS y terminada en un terminal PSTN.

Por otro lado, cuando la sesión se origina en el terminal PSTN hacia el terminal IMS el BGCF no interviene ya que la selección del MGCF se lleva a cabo en el dominio de conmutación de circuitos (dominio CS). Tal y como queda ilustrado en la figura 2.19 el MGCF envía el INVITE inicial hacia un I-CSCF ya que el MGCF desconoce qué S-CSCF se ha asignado al usuario destino en su correspondiente registro.

2.7 Servicios IMS

En las Comunicaciones Móviles previas a la aparición de IMS, cada servicio se soportaba con uno o varios nodos lógicos, llevando a cabo funciones específicas para ese servicio. Es decir, un servicio precisaba de una arquitectura de red propia con sus nodos específicos. La única manera para interactuar entre ellos — por ejemplo para integración de servicios — era a través de protocolos. Por tanto, en la ausencia de un entorno común de desarrollo de servicios, cada servicio tenía que desarrollarse



desde cero.

Con la aparición de la arquitectura de IMS; muchas funciones pueden ser reutilizadas para la creación y despliegue rápido y eficaz de servicios. Como se ha venido comentando con anterioridad, los servicios IMS se alojan en los *Application Servers*, situados en la capa de aplicación de IMS y controlados desde la capa de control. Por ejemplo, IMS define cómo las peticiones de servicio se encaminan, qué protocolos soportan, cómo se realiza la tarificación y cómo se produce la integración de servicios. Un solo AS puede albergar múltiples servicios — por ejemplo telefonía y mensajería —. La colocación de múltiples servicios tiene ventajas significativas, la primera de ellas la reducción de nodos de la red IMS. Además, al colocar los servicios en un AS, disminuye la carga del CSCF en el plano de control.

Se observan en la parte baja de la figura 2.20 los servicios “básicos”, los que la mayoría de la sociedad estaría de acuerdo en desplegar (servicios sociales, seguridad pública, etc.). Estos servicios tendrían un atractivo de mercado enorme. Sin embargo, estos servicios pasan por tener unos bajos ingresos, ya que no soportan un gran volumen de carga.

En la parte alta de la figura 2.20 se muestran los servicios (de ocio). Pueden tener un mercado menos atractivo, pero pueden aportar mayores beneficios – de hecho pueden ser el tipo de servicios que den beneficios a corto plazo –.



Figura 2.20.: Servicios IMS organizados según necesidad y movilidad

Por otro lado, queda patente que muchos servicios además atraen tanto a usuarios fijos y móviles, por lo que crean la necesidad que persigue cubrir IMS: independencia en el acceso a la hora de proveer servicios.

IMS ofrece los elementos necesarios para el desarrollo de servicios de valor añadido como: **servicio de presencia**, **mensajería**, **conferencias** y *Push-To-Talk over Cellular* (PoC).

En siguientes secciones se pormenorizarán diferentes aspectos sobre cómo IMS implementa estos servicios o cómo se desarrollan desde el punto de vista de los entornos de implementación. Sin embargo, es preciso mostrar, aunque sea con carácter introductorio, aquellas características más importantes de estos servicios y las conclusiones más relevantes derivadas de su estudio.

2.7.1 El servicio de presencia

En el momento de elaboración de este proyecto existen muchas líneas de investigación centradas en el servicio de presencia (por ejemplo [16], [17] y [18]). Todas ellas apuntan a que el servicio de presencia es una característica clave para cualquier servicio móvil, ya que proporciona información acerca de la disponibilidad del usuario.

La información de presencia incluye:

- Disponibilidad del usuario y del terminal.
- Preferencias de comunicación del usuario.
- Capacidades del terminal.
- Información sobre el estado de las actividades que el usuario mantiene activas.

Para dar soporte a estas nuevas características de presencia, el protocolo SIP define dos entidades:

2.7. SERVICIOS IMS

1. **Presence Agent (PA)**: El Agente de Presencia almacena la información de la suscripción y genera las diferentes notificaciones como por ejemplo las de cambios de estado.
2. **Presence User Agent (PUA)**: El Agente de Usuario de Presencia es el encargado de procesar la información de presencia y publicarla.

2.7.2 Servicio de mensajería

Existen tres tipos de mensajería en IMS:

1. Mensajería instantánea, *Instant Messaging* o **IM**: basada en el uso del mensaje SIP MESSAGE, proporciona un servicio de mensajes prácticamente en tiempo real. Son universalmente conocidos gracias a Internet los servicios IM como MSN Messenger, AOL IM (AIM), Yahoo o Google Talk.
2. Mensajería basada en sesión. En esta modalidad, se debe iniciar una sesión previa al envío de mensajes. Una vez iniciada una sesión, los mensajes se intercambian y la sesión termina. Este servicio es similar al de *Internet Relay Chat* ([IRC](#)), descrito en la RFC 2810.
3. Mensajería *offline*, similar al servicio de *Multimedia Messaging System* de mensajería multimedia.

2.7.3 PoC, Push to talk Over Cellular

El PoC es un servicio bidireccional que permite la comunicación instantánea con uno o más usuarios.

Desde el punto de vista del usuario, el sistema PoC funciona de un modo parecido a los tradicionales *walkie-talkie*: los usuarios que pertenecen a un mismo grupo PoC pueden siempre escuchar al usuario que aprieta el botón y habla. No es necesario nada más.

El servicio PoC fue estandarizado por la *Open Mobile Alliance* (OMA) con la perspectiva de ser el primer servicio basado en IMS en ser provisto por los operadores, ya que no requiere ningún despliegue adicional en la interfaz radio. Por ser un servicio *walkie-talkie*, soporta una comunicación *half-duplex* en la que solo un usuario puede hablar cada vez. Puede parecer contradictorio, teniendo en cuenta la excelencia presente en las llamadas de voz. Sin embargo, la gran ventaja de PoC es que este servicio puede funcionar sobre enlaces de poco ancho de banda y con grandes retrasos sin mermar la experiencia de los usuarios. Estos enlaces serían inviables para soportar llamadas de voz.

Este servicio tan simple desde el punto de vista del usuario afecta al plano de transporte y al de señalización SIP. La arquitectura IMS soporta los siguientes aspectos del servicio PoC:

- Autenticación y autorización del cliente PoC para la unión del usuario a un grupo PoC en base a su perfil de usuario.

- Encaminamiento de los mensajes de señalización entre un cliente y un servidor PoC.
- Descubrimiento del servicio y traducción de direcciones.
- Mantenimiento del estado del usuario.
- Tareas comunes a todos los servicios como son la compresión de los mensajes SIP para reducir la señalización en la interfaz radio y la tarificación.
- Asimismo, el servidor PoC forma parte del grupo de SIP ASs dentro del *core* SIP de servicios.

