

Evolución de la plataforma de servicios CAMEL mas allá de los sistemas 3G

Miguel López Lavado y Antonio Barba Martí

Resumen— *En este trabajo se analiza la importancia y la evolución que han tenido las distintas plataformas de creación de servicios en las redes de telefonía móvil, desde la introducción de los servicios de Red Inteligente (IN) en las redes de segunda generación GSM (Sistema Global de Comunicaciones Móviles), conocido como la plataforma de Servicios de Valor Agregado (VAS) y el desarrollo posterior de la entidad conocida como CAMEL (Lógica Mejorada de Aplicaciones Personalizadas para Redes Móviles), que juega un importante rol en la provisión de servicios personalizados en las redes de telefonía móvil de tercera generación UMTS (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles), y en las redes futuras.*

Palabras clave— *Plataformas de Servicios en Redes 3G UMTS y 4G, Red Inteligente, Portabilidad de Servicios.*

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente es ampliamente reconocido que existen tres generaciones de sistemas de telefonía móvil. La primera generación, 1G, es el nombre para las redes analógicas o semi-analógicas (ruta de radio analógica, pero conmutación digital) establecidas a mediados de los años ochenta tales como el Sistema Nórdico de Telefonía Móvil (NTS), el Sistema Americano de Telefonía Móvil (AMPS), el Sistema de Telefonía de Acceso Total (TACS) del Reino Unido, el sistema de telefonía móvil de Japón (NTT), y otros sistemas que evolucionaron al mismo tiempo en distintas regiones del mundo. Estas redes ofrecían solamente servicios básicos de voz en tiempo real y la gestión de los servicios era realizada enteramente por el propio operador de la red. Los sistemas 1G fueron desarrollados con un horizonte nacional y frecuentemente los principales requerimientos técnicos fueron acordados entre el operador de telecomunicaciones estatal y la industria doméstica, sin una publicación amplia y abierta de las especificaciones. Debido a ello las redes de 1G eran incompatibles entre sí, y la telefonía móvil en esos tiempos era considerada como un tipo de curiosidad o como un servicio de valor añadido sobre las redes fijas.

M. López es alumno de doctorado en Ingeniería Telemática y A. Barba es Profesor Titular de Sistemas de Gestión de Redes, ambos del Dpto. de Ingeniería Telemática de la Universidad Politécnica de Cataluña, Campus Nord, C/ Jordi Girona 1-3 Edif. C3. 08034 Barcelona - España mlopez@entel.upc.es; abarba@entel.upc.es

Se intentó resolver estas limitaciones con los sistemas de segunda generación, 2G, como el Sistema Global de Comunicaciones Móviles (GSM) en Europa, o el Sistema de Comunicaciones Personales (PCS) en Estados Unidos. Siguiendo un camino evolutivo y para ofrecer un sistema de mayor globalidad, enfocado principalmente en los servicios al usuario final, se especificó un sistema de tercera generación, 3G, que en Europa se conoce como UMTS (Sistema Universal de Telefonía Móvil), liderado por la ETSI (Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones), y en otras partes del mundo se conoce como IMT-2000 (Telefonía Móvil Internacional 2000), el cual obedece a especificaciones de la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones). Dentro del proceso de evolución de los sistemas 2G a 3G, y en el futuro las redes 4G, existe un elemento común que es la plataforma de creación servicios suplementarios masivos como es CAMEL (*Customized Applications For Mobile Networks Enhanced Logic*), entidad que tiene un importante rol en la red UMTS 3G, según veremos a continuación.

Este trabajo comienza en la Parte I con una exposición de las distintas generaciones de arquitecturas de las redes de telefonía móvil; en la Parte II se hace una breve descripción de la arquitectura de servicios de la red inteligente IN aplicada al sistema GSM 2G; en la Parte III se presenta la plataforma de servicios CAMEL; en la Parte IV se hace un estudio de la evolución de las distintas fases de CAMEL; en la Parte V se analizan los sistemas de prepago y facturación en tiempo real en CAMEL; en la Parte VI se habla de la evolución prevista; en la Parte VII se exponen las conclusiones de este trabajo.

II. ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS DE TELEFONÍA MÓVIL

Independientemente de la tecnología de acceso de radio (RAT) que utilizan las redes de telefonía móvil, estas se pueden diferenciar claramente por la evolución de su arquitectura a lo largo del tiempo, las que serán expuestas brevemente a continuación:

A. Sistemas de primera generación 1G

Los sistemas de telefonía móvil de primera generación 1G hicieron su aparición a comienzos de los años 80 y fueron concebidos para dar exclusivamente servicios de voz en tiempo real. La arquitectura, como se ve en la Fig. 1, consistía en estaciones de radio bases distribuidas en la zona

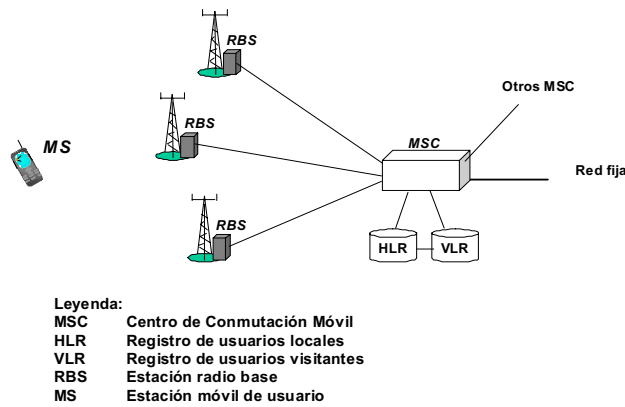


Fig. 1. Red genérica de telefonía móvil 1G.

de cobertura, conectadas directamente a un punto central donde reside el centro de conmutación móvil MSC (*Mobile Switching Center*). En esta arquitectura, de inteligencia centralizada, todo el control de movilidad (MM), o “handover” entre las distintas estaciones bases, era gestionado por el punto central MSC, conmutación y encaminamiento de las llamadas dentro de la propia red o hacia la red fija. El registro de usuarios locales se llevaba en el HLR (*Home Location Register*) y el de los usuarios visitantes en el VLR (*Visitors Location Register*). El acceso de radio se basaba en una cantidad de canales analógicos de 30 kHz distribuidos en una celda con el concepto de re-uso de frecuencia para obtener el máximo de capacidad del sistema con la mínima interferencia entre los distintos canales adyacentes. Los canales estaban distribuidos en el espectro asignado por las autoridades a los distintos operadores en un país. Era una arquitectura simple, poco eficiente y sin calidad de servicio. No consideraba una plataforma de incorporación de servicios.

B. Sistemas de segunda generación 2G

Una vez establecidos los sistemas de 1G y los usuarios comenzaron a demandar más servicios y mayores capacidades, también surgió la necesidad de un sistema de comunicaciones más global que permitiera mayor movilidad de los usuarios entre las redes locales en tránsito en un mismo país, o cuando estos salían fuera de su país. Los cuerpos de especificaciones internacionales como el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI), la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) y la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT), entre otras entidades, comenzaron a especificar lo que debería ser un sistema de segunda generación 2G. El primer desafío fue digitalizar el acceso del canal de radio para utilizar de mejor manera el escaso espectro radio eléctrico; en el caso de GSM se decidió utilizar el sistema de acceso múltiple por división de tiempos TDMA (*Time Division Multiple Access*). El énfasis en los sistemas de 2G fue en la compatibilidad y transparencia internacional; el sistema debería ser regional (por ejemplo de

alcance Europeo), o semi-global, y los usuarios del sistema deberían tener acceso en cualquier parte dentro de la región. Desde el punto de vista del usuario, el sistema 2G ofrecía un paquete de servicios más atractivos: además del tradicional servicio de voz en tiempo real, estas redes eran capaces de proveer algunos servicios de datos y servicios suplementarios más sofisticados. Debido a la naturaleza regional de la estandarización, el concepto de globalización no fue completamente exitoso, por lo que actualmente existen distintos sistemas de segunda generación 2G en el mercado.

La primera llamada pública en un sistema GSM fue realizada el 1 de julio del año 1991 en Helsinki, Finlandia, tras lo cual el sistema GSM tuvo una aceptación global en Europa y en otros mercados. El sistema GSM se estableció ofreciendo una amplia gama de servicios similares a los que ya ofrecía la red inteligente (IN) en las redes fijas, como conferencia, llamada en espera, buzón de voz, capacidad para transmitir datos, etc, pero además introdujo exitosamente la movilidad entre redes para los usuarios de visita, en viaje, o “roaming”, en una zona geográfica distinta de la de su proveedor, lo que significó en poco tiempo un crecimiento explosivo de suscriptores y despliegue de red sin precedentes hasta ese entonces.

Desde el punto de vista de la arquitectura, el sistema GSM realizó una distribución de inteligencia en los elementos de la red, y la subdividió en cuatro subsistemas, como se ve en la Fig. 2: Subsistema de Red (NSS); Subsistema de Radio (BSS); Subsistema de Gestión de Red (NMS); subsistema de Estación Móvil (MS).

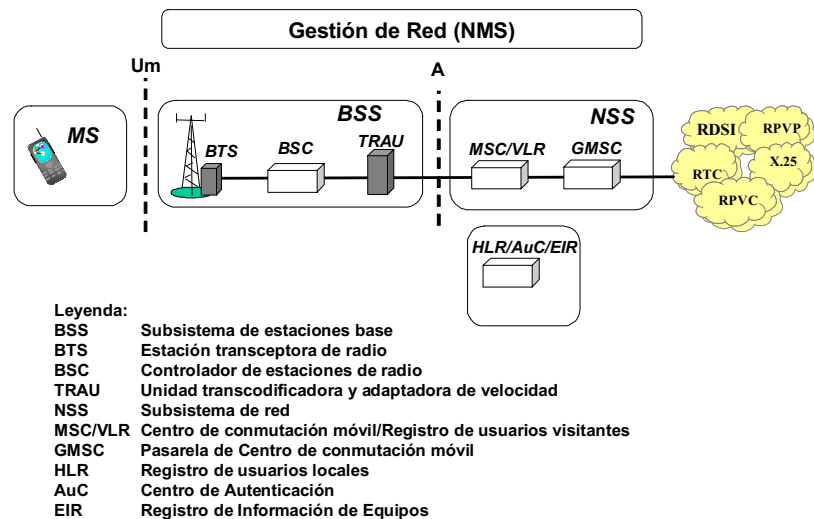


Fig. 2. Arquitectura general del sistema GSM 2G.

El subsistema BSS es la parte responsable del control de la ruta de radio y cada llamada es conectada a su través. El subsistema NSS es la parte responsable de las funciones de control de llamada y cada llamadas es conectada por y a través del mismo.

El sistema GSM introdujo en la Estación Móvil (MS) un importante elemento, como es el Módulo de Identidad de

Suscriptor (SIM), que permite independizar el terminal físico del perfil del suscriptor almacenado en la tarjeta SIM. A su vez, esta puede portarse a cualquier equipo de usuario que reúna ciertos requisitos mínimos.

El subsistema NMS es la parte de la red relacionada con el control y mantenimiento, también necesaria para el control total de la red. El nuevo sistema GSM definió interfaces abiertas como la interfaz de usuario Um, entre el subsistema BSS y la estación móvil MS, y la interfaz abierta A, entre el subsistema de radio BSS y el subsistema de red NSS, las cuales permiten a los operadores formar su red con equipamiento procedente de distintos fabricantes, siempre que cumplan las interfaces definidas públicamente para el sistema GSM. En las especificaciones iniciales se intentó definir una interfaz abierta para el subsistema de gestión de red NMS (*Network Management System*), pero las especificaciones no estuvieron listas a tiempo y cada fabricante implementó sus métodos propietarios. El Controlador de Radio Bases (BSC) es el elemento central de la red en el subsistema BSS, y controla la red de radio. Esto significa que las siguientes funciones son de responsabilidad del BSC: mantener las conexiones de radio hacia la estación móvil de usuario MS y las conexiones terrestres hacia el subsistema NSS. La Estación Transceptora de Radio (BTS) es un elemento de red que mantiene la interfaz del aire (Um). Toma control de la señalización de radio, cifrado y proceso de la voz. En este contexto, ‘procesamiento de la voz’ significa todos los métodos que ejecuta la BTS para garantizar una conexión libre de error entre la estación móvil MS y la BTS. La Unidad de Transcodificación y Adaptación de Velocidad (TRAU) es un elemento del subsistema BSS que controla la trans-codificación de voz, es decir, que es capaz de convertir la voz de un código digital a otro y viceversa.

C. Segunda generación intermedia 2.5G

En sus comienzos, los suscriptores del sistema GSM podían usar circuitos conmutados simétricos de 9,6 kb/s para la transferencia de datos. Debido a Internet y a la mensajería electrónica, la presión por transferencia de datos móviles se incrementó considerablemente. Es posible que esta necesidad haya sido subestimada al especificar GSM. Para resolver la situación, se agregaron algunas mejoras al sistema original.

1) Servicio HSCSD

Primero se optimizó la codificación de canal; al hacer esto se incrementó la velocidad de 9,6 kb/s a 14,4 kb/s. Segundo, para poner más datos en el interfaz del aire, se pueden usar varios canales de tráfico en vez de solamente uno. Este arreglo es conocido como Canal de Datos de Alta Velocidad en Conmutación de Circuito (HSCSD) cuya introducción significa cambios a nivel de toda la ruta desde el Terminal Móvil (MS): en el subsistema de red BSS, específicamente en la BTS; en el Controlador de Estaciones Base (BSC); en el subsistema de red NSS en el MSC/VLR y en el centro HLR/AuC/EIR. Con este método se pueden lograr velocidades

entre 40 a 50 kb/s. Técnicamente es una solución directa, pero desafortunadamente malgasta recursos y puede ser que el precio final al consumidor no sea tan atractivo.

Una característica importante de la transferencia de datos es su naturaleza asimétrica, con una tasa de datos mayor en el canal de bajada que en el canal de subida.

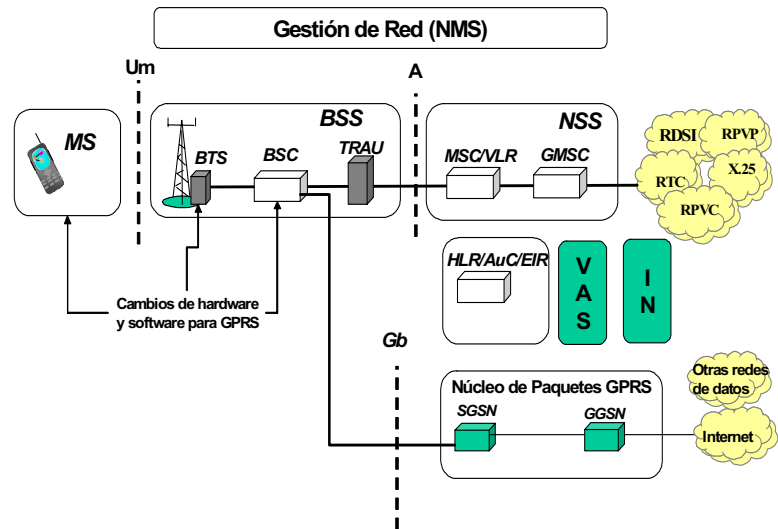


Fig. 3. Arquitectura general del sistema GSM/GPRS 2.5G.

2) Servicio GPRS

La conmutación de circuitos simétrica de la interfaz de usuario Um no es el mejor medio posible para las conexiones de datos. Tomando en consideración que la mayoría del tráfico de datos es del tipo de conmutación de paquetes, fue necesario hacer algo más para mejorar la red GSM para dar mejor soporte a la transferencia de datos. El modo de hacer esto es a través del Servicio General de Paquetes de Radio (GPRS), como se indica en el esquema de la Fig. 3, el que normalmente se denomina como sistema de generación intermedia 2.5G, una evolución del sistema 2G y un paso anterior a los sistemas 3G. El sistema GPRS requiere la introducción de dos nodos de servicio específicos en la red móvil: Nodo de Soporte de Servicio GPRS (SGSN) y Nodo de Soporte Pasarela de GPRS (GGSN). Al utilizar estos dos nodos, el Terminal móvil MS es capaz de formar conexiones de paquetes conmutadas a través de la red GSM hacia una red de paquetes externa (por ejemplo, Internet).

GPRS tiene la posibilidad de usar conexiones asimétricas cuando es necesario; de esta forma los recursos de la red son usados en forma más eficiente. GPRS es un paso de avance hacia la IP móvil (Protocolo Internet con movilidad) y para acercar Internet al suscriptor de servicios móviles, pero no es una solución completa de movilidad IP. GPRS permite la conversión de servicios originalmente más aptos para la conexión de transferencia de paquetes, como por ejemplo el servicio de Protocolo de Acceso Inalámbrico (WAP), cuyo potencial real puede ser descubierto con GPRS.

Cuando se utiliza una conexión conmutada de paquetes, la Calidad de Servicio (QoS) es un tema esencial. En principio, GPRS soporta el concepto de QoS, pero en la práctica no lo

hace. La razón de esto es que el tráfico GPRS siempre tiene segunda prioridad en la red GSM; utiliza recursos disponibles u ociosos de la interfaz Um. Como la cantidad de recursos no usados no es exactamente conocida en forma anticipada, no se puede garantizar un ancho de banda permanente para GPRS, por lo que tampoco se puede garantizar la Calidad de Servicio (QoS).

3) Servicio EDGE

Aplicando una técnica de modulación completamente nueva en la interfaz del aire, Enclave Octogonal por Corrimiento de Fase (8-PSK), donde un símbolo de la interfaz del aire lleva una combinación de tres bits de información, la tasa de velocidad en la interfaz del aire puede ser considerablemente aumentada. Cuando esto se combina con sofisticadas técnicas de codificación de canal, es posible lograr tasas de transferencia de hasta 48 kb/s, altas comparadas con las convencionales 9,6 kb/s por canal que ofrece GSM, donde un símbolo en la interfaz aire corresponde a un bit de información. Esta mejora técnica se conoce como Tasas de Velocidad Mejoradas para la Evolución Global de GSM (EDGE). El desarrollo de EDGE está dividido en dos fases: EDGE Fase 1, también conocida como GPRS Mejorado (E-GPRS), que define codificación de canal y métodos de modulación que permiten alcanzar tasas de velocidad de hasta 384 kb/s para circuitos de tráfico de conmutación de paquetes bajo ciertas condiciones. En este caso se asume que un Terminal GPRS toma ocho ranuras de tiempo de la interfaz del aire; resulta así $8 \times 48 = 384$ kb/s. Como condición, el Terminal debe estar cerca de la estación BTS y de este modo obtener la mayor tasa de codificación. La Fase 2 de EDGE contiene guías de obtención de esta misma velocidad para servicios de conmutación de circuitos. La Fase 2 de EDGE también se conoce comercialmente como E-HSCSD (Mejora de Canal de Datos de Alta Velocidad en Conmutación de Circuito).

D. Sistema de tercera generación 3G UMTS

Los sistemas de tercera generación 3G de telefonía móvil están concebidos para completar el proceso de globalización de las comunicaciones móviles y está fuertemente influenciado por el sistema GSM debido a dos razones: 1) la tecnología GSM domina el mercado; 2) la gran inversión realizada en GSM debe ser rentabilizada tanto como sea posible. El término 3G tiene distintos significados en diferentes partes del mundo. En Europa 3G se ha convertido en UMTS (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles) siguiendo la perspectiva del Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI); en Estados Unidos el sistema 3G lleva el nombre de IMT2000 (Telefonía Móvil Internacional 2000), nombre que viene de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU). En Estados Unidos el sistema CDMA2000 (Acceso Múltiple por División de Códigos 2000) también supone un aspecto de los sistemas celulares 3G y representa la evolución del sistema IS-95. En Europa el sistema UMTS es conocido también como el sistema especificado por el Proyecto de Asociación 3G (3GPP), consorcio que está conformado por los siguientes cuerpos de especificación:

- **ETSI** (Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones)/Europa
- **ARIB** (Asociación de Industrias y Negocios de Radio)/Japón
- **CWTS** (Grupo de Estándares de Telecomunicaciones Inalámbricas de China)/China
- **T1** (Comité de Estandarizaciones T1 – Telecomunicaciones)/Estados Unidos
- **TTA** (Asociación de Tecnologías de telecomunicaciones)/Corea
- **TTC** (Comité de Tecnologías de Telecomunicaciones)/Japón

La Asociación 3GPP (Proyecto de Asociación de Tercera Generación) originalmente decidió preparar especificaciones en base anual, siendo la primera especificación liberada el año 1999 (3GPP R99), que corresponde a la arquitectura presentada en la Fig. 4.

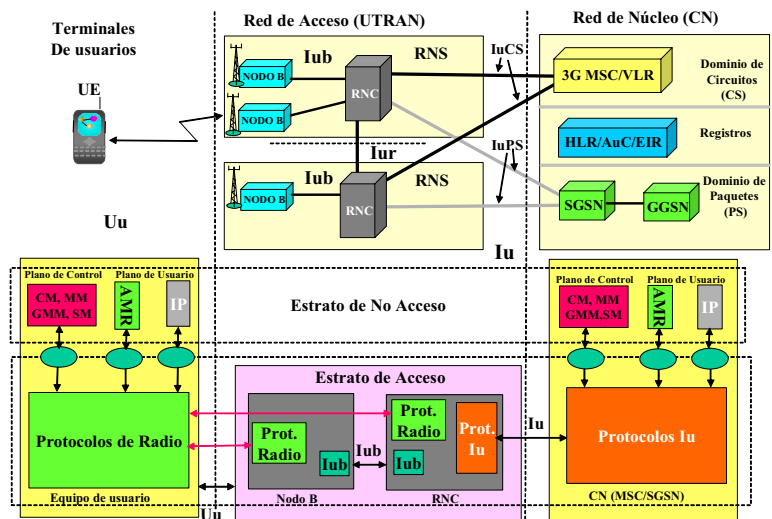


Fig. 4. Arquitectura general de red UMTS 3G.

La primera especificación tiene una fuerte influencia del sistema GSM. Desde el punto de vista de UMTS la presencia de GSM es muy importante, primero porque la red UMTS debe ser compatible con las redes GSM existentes; y segundo porque las redes GSM y UMTS deben ser capaces de inter-operar en conjunto. La siguiente edición de especificaciones fue nombrada como 3GPP R00 pero a causa de la multiplicidad de cambios propuestos, las actividades de especificaciones fueron programadas en dos ediciones; la especificación 3GPP R4 y la especificación 3GPP R5. Para ser consistente con la especificación 3GPP R99 esta también suele conocerse como 3GPP R3. La especificación 3GPP R4 define cambios mayores en el núcleo de la red UMTS, en la parte de conmutación de circuitos y en las partes relacionadas con la separación de los flujos de datos de usuario y los mecanismos de control. Otro gran cambio de la versión 3GPP R4 es la introducción de mecanismos y arreglos para soporte de multimedia. La versión 3GPP R5 define el núcleo de la red UMTS basado en el transporte con protocolo IP (protocolo Internet) en la mayor

parte posible de la red. El objetivo final es conocido como la red “todo IP”. El protocolo IP y los protocolos superpuestos serán usados en el control de la red, y en los flujos de datos de los usuarios, con la finalidad de conformar un sistema de comunicaciones móviles que utilice el protocolo IP de extremo a extremo, usando el mismo como transporte en vez del sistema de señalización siete (SS7) usado en GSM y en las primeras versiones de UMTS.

1) Arquitectura UMTS

La arquitectura de UMTS de la Fig. 4 puede ser dividida, de acuerdo a la naturaleza del tráfico, en estructuras de protocolos y en elementos físicos, como se define en las especificaciones TR 21.905 de la 3GPP. Desde el punto de vista de la naturaleza del tráfico, UMTS se subdivide en dos dominios principales: el dominio de conmutación de paquetes (PS) y el dominio de conmutación de circuitos (CS). Desde el punto de vista de los protocolos, la red 3G puede ser dividida en dos estratos: estrato de acceso y estrato de no-acceso. El *estrato* refiere a la forma de agrupar protocolos relacionados con un aspecto de los servicios provistos por uno o varios dominios. El estrato de acceso contiene los protocolos que controlan las actividades entre el equipamiento de usuario (UE) y la red de acceso. El estrato de no-acceso contiene protocolos que controlan actividades entre el equipamiento de usuario (UE) y la Red de Núcleo (dominio CS/PS), respectivamente.

El terminal de red en UMTS corresponde al UE, y contiene dos partes separadas: Equipamiento Móvil (ME) y Módulo de Identidad de Servicio UMTS (USIM).

El nuevo subsistema que controla el acceso de radio en banda ancha tiene diferentes nombres, dependiendo de la tecnología de radio utilizada. El término general es Red de Acceso de Radio (RAN). Si se habla específicamente de UMTS con acceso de radio WCDMA (Acceso Múltiple de Banda Ancha por División de Códigos), se utiliza el nombre UTRAN (Red Terrestre de Acceso de Radio Universal) o UTRA (Acceso de Radio Terrestre Universal). El otro tipo de Red de Acceso de Radio (RAN) incluido en UMTS es GERAN (Acceso de Radio GSM/EDGE). GERAN y sus definiciones no son parte de las especificaciones de la 3GPP R99, aunque son mencionadas como posibles accesos de radio alternativos y pueden ser usadas en el futuro. Las especificaciones de GERAN y su relación con UTRAN son parte de los tópicos de las versiones 3GPP R4 y 3GPP R5 de UMTS.

UTRAN está dividido en Subsistemas de Red de Radio (RNS). Un RNS consiste de un conjunto de elementos de radio y su correspondiente elemento de control. En UTRAN el elemento de radio es el Nodo B, también referido como Estación Base (BS). El elemento de control es el Controlador de Red de Radio (RNC). Los RNSs son conectados entre sí sobre el acceso a la interfaz interna Iur.

El término Red de Núcleo (CN) cubre todos los elementos necesarios para conmutación y control de usuarios. En las primeras fases de UMTS estos elementos son heredados directamente de GSM. Posteriormente, cuando la tecnología de transporte cambie, la estructura interna de la red de núcleo

experimentará importantes cambios. El término CN cubre los dominios de Conmutación de Circuitos (CS) y de Conmutación de Paquetes (PS). La parte de la Fig. 4, denominada como Registros (HLR/AuC/EIR) mantiene información estática de suscripción y de seguridad.

La mayor parte de las interfaces abiertas de UMTS son presentadas en la Fig. 4. Entre el equipamiento de usuario UE y el subsistema UTRAN la interfaz abierta es Uu, la cual en UMTS corresponde a la tecnología WCDMA (Acceso Múltiple de Banda Ancha por División de Códigos).

Los RNSs están separados entre ellos por la interfaz abierta Iur. Iur tiene diferencias importantes cuando se compara con GSM; permite nuevas habilidades al sistema para permitir la llamada macro diversidad y también mejora la eficiencia del manejo de recursos de radio y mecanismos de movilidad. Cuando la interfaz Iur es implementada en la red, el terminal de usuario UE se puede conectar a la red a través de varios RNCs y cada uno de estos mantiene un cierto rol lógico durante la conexión de radio. Estos roles son RNC de Servicio (SRNC); RNC de Desplazamiento (DRNC) y RNC Controlador (CRNC). El RNC Controlador tiene todo el control sobre los recursos lógicos de sus puntos de acceso UTRAN, siendo estos principalmente los Nodos B o Estaciones Base (BS). Un RNC de Servicio SRNC es el rol que puede tomar un RNC con respecto a la conexión específica entre el equipo de usuario UE y el subsistema UTRAN. Existe un SRNC para cada UE que tiene una conexión de radio con UTRAN. El SRNC está a cargo de la conexión entre el UE y UTRAN. Un RNC de Desplazamiento (DRNC) es el rol lógico usado cuando los recursos de radio de la conexión entre el UTRAN y el UE necesitan usar celdas controladas por otro RNC, pero el mismo SRNC.

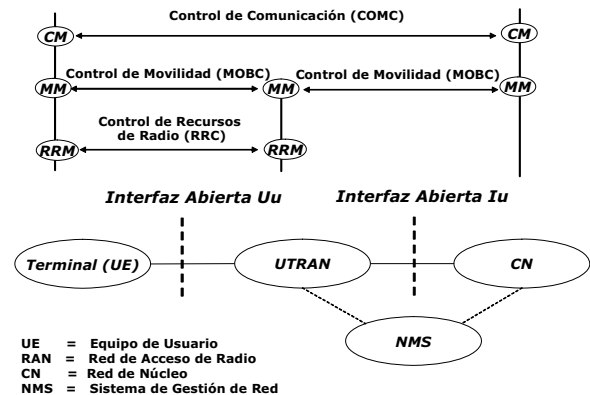


Fig. 5. Arquitectura de red UMTS – tareas de control y de gestión.

Como se presenta en la Fig. 5, los elementos de red descritos arriba resultan de la descomposición y división de responsabilidades entre los dominios principales y los elementos de la red según lo siguiente:

- Gestión de Comunicaciones (CM)
- Gestión de Movilidad (MM)
- Gestión de Recursos de Radio (RRM)

2) Calidad de Servicio (QoS) en UMTS

A diferencia de las redes de 1G y 2G, la red UMTS 3G es una red de servicio, en la cual la provisión de estos servicios no está limitada por la tecnología de acceso de radio o de la red. Los usuarios tienen asegurada una calidad de servicio QoS en la conexiones de extremo a extremo dentro de la red UMTS. UMTS no permite asegurar esta calidad de servicio cuando las conexiones son entre la red UMTS y redes externas.

Para lograr una calidad de servicio, independiente de la tecnología empleada, en UMTS se separa la tecnología de acceso, la tecnología de transporte, la tecnología de servicio (control de conexión) y las aplicaciones de los usuarios, en una estructura de capas, como se aprecia en la Fig. 6.

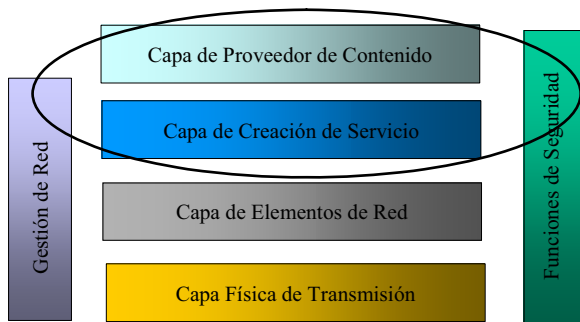


Fig. 6. Modelo de Estructura de Servicio de UMTS.

Las clases de servicio (QoS) definidas en UMTS son las siguientes:

- *Clase Conversacional* (voz en tiempo real): retardo mínimo fijo; sin almacenamiento temporal (“no-buffering”); tráfico simétrico; tasa de bits garantizada. Se utiliza en las conexiones de voz de tiempo real
- *Clase de Transmisión Continua* (“streaming”): retardo mínimo variable; permite almacenamiento temporal (“buffering”); tráfico asimétrico; tasa de bits no garantizada. Se utiliza en la transmisión de video y descargas desde la red.
- *Clase de Fondo* (“background”): retardo variable alto; permite almacenamiento temporal; tráfico asimétrico; no garantiza tasa de bits. Se utiliza en sistemas de mensajería y correo electrónico.

La clase conversacional es la que demanda más recursos de calidad de servicio QoS en tiempo real, como son las llamadas de voz. Los servicios en UMTS son soportados por portadores (*bearers*) que están definidos en cada subsistema de UMTS. Para asegurar una calidad de servicio QoS de extremo a extremo, deben asegurarse los recursos a través de los portadores de servicio en el nivel de acceso radio (Servicio Portador de Radio), en el nivel local del terminal de usuario (UE) (Servicio Portador Local), a nivel de interfaces con la red de núcleo (Servicio Portador de Interfaz Iu), en la red de núcleo (Servicio Portador CN) y a nivel de portador en la capa física (Servicio Portador Físico), y por último se mencionan los portadores de servicio de redes externas (Servicio Portador de Red Externa).

3) Capacidades de Servicio en UMTS

De acuerdo a la Fig. 7, las capacidades de servicio principales de la plataforma de servicios UMTS son las siguientes:

- **Pasarela de Servicio WAP** (Protocolo de Aplicación Inalámbrica): esta capacidad de servicio ofrece un navegador para los usuarios finales. El navegador puede ser textual (en el comienzo); posteriormente incluirá opciones más sofisticadas.
- **Servidores de Posición**: esta capacidad de servicio provee otras capacidades de servicio con la información e la posición del terminal de usuario UE. Estos servicios son referidos normalmente como servicios basados en la localización.
- **Ambiente de Ejecución de Aplicación de Estación Móvil (MExE)**: esta capacidad de servicio provee otras capacidades de servicio con información sobre las capacidades del terminal de usuario UE para manejar información.
- **Kit de Herramientas de Aplicación SIM UMTS (USAT)**: esta capacidad de servicio ofrece capacidades para el manejo de la tarjeta SIM (de usuario).
- **Lógica Mejorada de Aplicaciones Personalizadas para redes Móviles (CAMEL)**: esta capacidad de servicio está poblada con numerosos servicios de usuario final; es decir es la plataforma común para todo tipo de servicios que puedan usar los suscriptores.

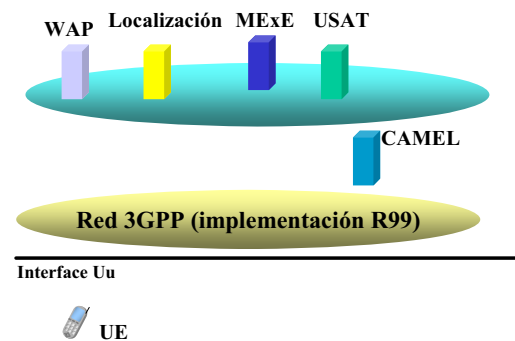


Fig. 7. CAMEL en UMTS 3GPP R99.

III. ARQUITECTURA DE RED INTELIGENTE (IN)

La Fig. 8. muestra la arquitectura básica de la red inteligente (IN), introducida a principios de los años ochenta, para prestar servicios suplementarios avanzados a los suscriptores de las redes telefonía fija. La operación de la red inteligente se basa en sistemas de señalización número 7 (SS7), la que se origina desde el mismo terminal fijo en el momento que el usuario levanta el auricular, si el suscriptor tiene contrato de servicios avanzados (buzón de voz, mensajes, servicios 900, etc.). Esta información es transmitida por las centrales de conmutación local a un punto de conmutación de servicios SSP, nodo que interacciona con los otros elementos de la red inteligente IN para determinar el tipo de servicio contratado por el usuario y realiza las conexiones necesarias para establecer la conexión de red inteligente IN. La arquitectura de la IN define entidades para la creación de los servicios (SCE: *Service Creation*

Environment), gestión de los servicios (SMS: *Service Management*), punto de control de los servicios (SCP: *Service Control Point*), datos de los servicios (SDP: *Service Data Point*) y transferencia de señalización (STP: *Signaling Transfer Point*). Los servicios de la IN son centralizados y su creación, gestión y control son independientes de la operación de la red fija (RTC), comunicándose con esta a través del punto de conmutación de servicios (SSP: *Service Switching Point*). Esta flexibilidad permite a los distintos operadores desarrollar una competencia más abierta para ofrecer y crear servicios en forma rápida, pero restringidos al entorno de su propia red; es decir, no permiten la portabilidad de los servicios suplementarios al entorno de otras redes utilizadas por los suscriptores, y por su naturaleza de red fija, tampoco permiten la movilidad que ofrecen los sistemas de telefonía móvil.

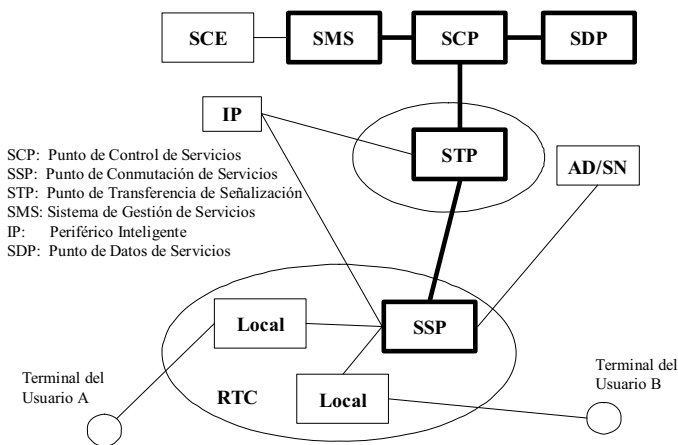


Fig. 8. Arquitectura de la red inteligente IN.

En 1993 algunos operadores GSM ya ofrecían servicios personalizados, pero en la mayoría de los casos sus usuarios no podían acceder a los servicios cuando visitaban una red externa. La razón era que la personalización de los servicios requería implementar conceptos de servicios de la red inteligente IN, que hasta ese momento se había realizado mediante soluciones propietarias en los operadores, incompatibles entre sí. Como se ve en la Fig. 3, los elementos destacados, como VAS (Servicios de Valor Añadido) e IN (Red Inteligente), son plataformas que se incorporan a GSM posteriormente a sus especificaciones iniciales. Fue esta la manera de integrar los servicios avanzados de la red IN a las redes de telefonía móvil, pero sin una especificación determinada. La formalización de especificaciones de la red inteligente IN para redes móviles derivó en la plataforma conocida como CAMEL (*Customized Applications for Mobile Networks Enhanced Logic*), cuya primera versión Fase 1, estuvo disponible a comienzos de 1997. A partir de entonces se han liberado distintas fases de CAMEL que son analizadas más adelante. Como se puede apreciar, CAMEL puede aplicarse en sistemas de 2G y 3G dado que es una plataforma independiente de creación de servicios masivos que utiliza interfaces abiertas con el objeto de facilitar la creación de los servicios. Permite así que terceras partes se enfoquen en su

actividad creativa de valor sobre las redes, abstrayéndose de la complejidad que tienen las interfaces de los sistemas de conmutación de paquetes y conmutación de circuitos presentes en la redes 2G GSM y 3G UMTS.

IV. DESCRIPCIÓN DE CAMEL

Se puede definir CAMEL como la entidad que facilita el control de servicios específicos de operador (OSS) externamente a la red de servicio. Un servicio OSS es cualquier servicio ofrecido a un usuario que no corresponde a los servicios estándares; por ejemplo un grupo cerrado de usuarios como una MVPN (red móvil virtual privada), servicios de localización, prepago, servicios de traslación de números cortos, servicios de voz, datos o multimedia. Se permiten estos servicios tanto en la red propia local como cuando el usuario hace *roaming* en una red exterior visitada. CAMEL permite la utilización de recursos especializados (gsmSRF) que, por ejemplo, proveen interacción con mecanismos tales como anuncios, reconocimientos de la voz y otros servicios avanzados.

CAMEL utiliza las interfaces de red inteligente IN SSP (Punto de Conmutación de Servicios) y SCP (Punto de control de Servicios). El protocolo de aplicación CAMEL (CAP: Parte de Aplicación CAMEL)) está basado en el núcleo de la parte de aplicación de red inteligente (INAP: Parte de Aplicación de IN) y en el conjunto de capacidades de servicio CS-1 y CS-2 de IN definidos por la ETSI. Sin embargo solo se implementa una cantidad mínima de servicios para asegurar la compatibilidad entre todos los operadores interesados en suscribir contratos de "*roaming*" entre ellos.

Al interactuar con la red UMTS CAMEL tiene las mismas capacidades que IN y se puede comportar de la misma manera. A distinción de IN, CAMEL es capaz de ejecutar "*interworking*" con conexiones conmutadas de paquetes. El uso de esta parte de CAMEL está directamente relacionada con las versiones R4/R5 y R6 de 3G UMTS, las cuales están en fase de discusión esperándose cambios importantes en esta dirección. CAMEL es capaz de inter-operar con todos los servicios usados en GSM, como SMS o los servicios basados en localización. La gestión de movilidad (MM) es un aspecto que la red inteligente tradicional no soporta, pero CAMEL es capaz de transferir información MM entre las diferentes redes. CAMEL también inter-opera con las funciones de registro de UMTS, por ejemplo el registro de localización local (HLR) y el registro de localización de visitantes (VLR), siendo de esta manera posible el manejo de los datos de suscripción.

Además de la gestión de movilidad MM, CAMEL tiene interfaces directas con el Sistema de Comunicación de Localización (LCS). De esta forma puede utilizar información de posicionamiento, que está disponible en el Servidor de Localización LCS.

V. EVOLUCIÓN DE LA ARQUITECTURA DE CAMEL

La implementación de CAMEL está dividida en fases que permiten distintas funcionalidades a los operadores GSM que la implantan. La primera fase fue aprobada en 1997; la

segunda fase fue aprobada en 1998 y se tuvieron productos disponibles en 1999; la tercera fase fue aprobada en 1999 para tener productos disponibles en 2000 para los sistemas de telefonía móvil de tercera generación 3G UMTS en su versión R99. Posteriormente se definieron las fases cuarta y quinta de CAMEL que permiten mayores capacidades en la portabilidad de servicios de voz, mensajería y servicios multimedia, aplicados para las versiones R4 y R5 de 3G UMTS. Los operadores implantan las fases de CAMEL según su plan estratégico de crecimiento o para ofrecer servicios diferenciados a sus suscriptores, por lo que en la práctica pueden coexistir e interaccionar distintas versiones de CAMEL en distintos operadores, ya que cada fase es compatible con las fases anteriores.

A. CAMEL Fase 1

La Fig. 9 muestra la arquitectura general de las entidades CAMEL Fase 1 para sistemas GSM 2 (R1996). Como se ve en ella, los nodos anexos a la red GSM que forman la arquitectura CAMEL Fase 1 tienen una estructura similar a los definidos para la red inteligente IN, pero en este caso les antecede el indicador "gsm", que señala que corresponden a la red GSM. Esta Fase 1 de CAMEL permite la visita a redes externas pero el encaminamiento de la llamada se realiza a través de la red local, resultando en la posibilidad de dos ramas de *roaming*, una nacional y otra internacional. De manera de proveer la capacidad CAMEL a los usuarios, la información específica de estos se intercambia entre las redes públicas móviles terrestres (PLMN).

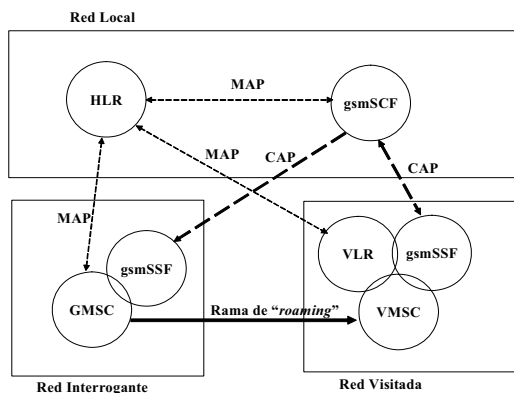


Fig. 9. Estructura general de CAMEL Fase 1.

La información específica de los suscriptores se almacena en el HLR y es denominada como información de suscripción CAMEL (CSI). La información de suscripción de usuario CAMEL CSI se envía al VLR en el momento de la actualización de la localización, al restablecer datos o cuando estos son actualizados por una acción administrativa. El CSI es enviado a la pasarela del centro de conmutación móvil (GMSC) cuando el HLR responde a un requerimiento para información de encaminamiento. Cuando se procesan las llamadas para usuarios

que requieren soporte CAMEL, el centro de conmutación móvil MSC recibe el CSI desde el VLR que indica al MSC pedir información desde el punto de conmutación de servicio (gsmSSF: *GSM Service Switching Function*). El MSC supervisa bajo requerimiento los estados de la llamada e informa al gsmSSF de estos estados durante el procesamiento, permitiendo al gsmSSF controlar la ejecución de la llamada en el MSC. El gsmSSF es una entidad funcional derivada del SSF de la red inteligente IN, pero usa diferentes mecanismos de disparo a causa de la naturaleza de la red móvil. La entidad funcional gsmSCF (*GSM Service Control Function*) contiene la lógica de servicio para implementar los servicios específicos de operador OSS. La interfaz gsmSCF-gsmSSF usa el protocolo CAP (*CAMEL Application Part*) basado en un subconjunto del núcleo de INAP CS-2 de la ETSI. La interfaz gsmSCF-HLR usa el protocolo MAP (*Mobile Application Part*).

B. CAMEL Fase 2.

En la Fig. 10 se presenta la arquitectura de CAMEL Fase 2 disponible para sistemas GSM 2+ (R1997), que es la más implementada en los operadores. Permite que la red de *roaming* visitada interroge a la red local requiriendo la información del usuario CAMEL CSI disponible en la entidad gsmSCF del entorno de servicio CAMEL (CSE), y controlar la llamada de prepagado de acuerdo a esta información.

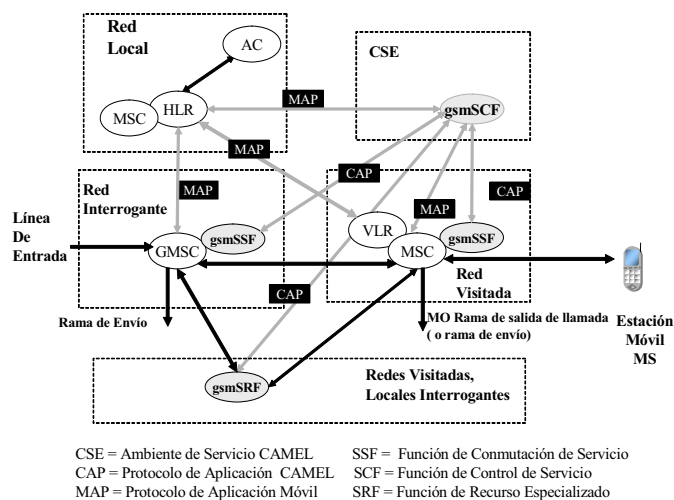


Fig. 10. Arquitectura de CAMEL Fase 2.

Así, entre la red visitada y la red local solo se transfiere señalización, mientras la llamada es controlada en la red visitada. CAMEL Fase 2 no ofrece soporte para servicios de datos o *roaming* GPRS. En esta fase se introduce la entidad gsmSRF, que permite el uso de recursos especializados como sistemas de anuncios o de reconocimientos de la voz.

C. CAMEL Fase 3

La Fig. 11 presenta la arquitectura de CAMEL Fase 3, disponible para la primera versión 3G UMTS (R1999). A diferencia de la versión anterior ofrece la posibilidad de usar ambos servicios de voz y de datos mientras se hace visita a una red externa, pero no soporta contenidos ni algunos servicios SMS (mensajes cortos). Dentro de la arquitectura de esta fase se ha incorporado la entidad de soporte de nodo GPRS (GGSN) a modo de pasarela a redes IP privadas o públicas como internet, y la entidad de servicio GPRS SGSN/gprsSSF que permite acceder a los servicios de datos para los usuarios que estén en *roaming*.

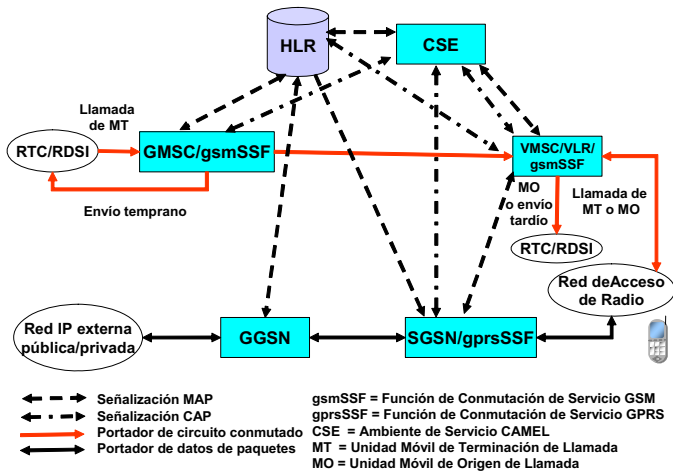


Fig. 11. Arquitectura CAMEL Fase 3.

D. CAMEL Fase 4

La Fig. 12 presenta la arquitectura de CAMEL Fase 4, aplicable para la versión R4 de 3G UMTS. Mantiene la arquitectura de CAMEL Fase 3 para permitir la portabilidad de servicios de voz y datos GPRS a través de la entidad SGSN y gprsSSF, extendiendo las capacidades al agregar el soporte de servicios multimedia, pero no soporta las tasas de los contenidos (velocidad o una calidad de servicio garantizado en la red local).

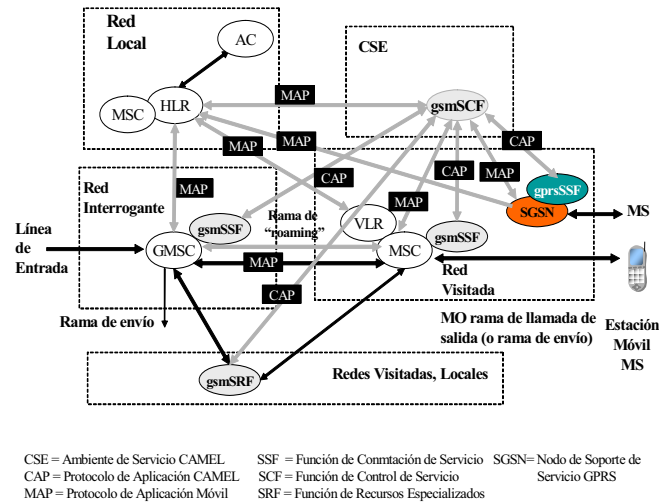


Fig. 12. Arquitectura CAMEL Fase 4.

E. CAMEL Fase 5

La Fig. 13 presenta la arquitectura de CAMEL Fase 5, para la versión R5 de 3G UMTS. Al igual que CAMEL Fase 4 permite ofrecer soporte de contenidos multimedia pero a diferencia de este puede soportar las mismas tasas de la red local. En esta versión R5 de la arquitectura UMTS el Centro de Conmutaciones Móvil (MSC) ha sido reemplazado por un Servidor Pasarela Multimedia (MGW), alineado con la importancia que pasan a tener los servicios IP multimedia (IMS), un paso previo para las redes 3G “todo IP”.

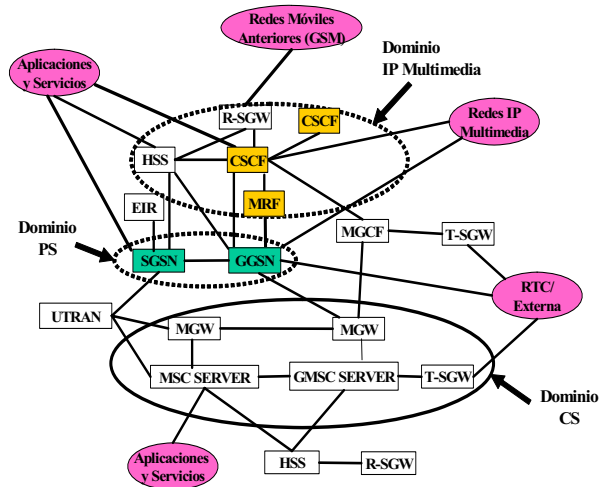


Fig. 13. Arquitectura CAMEL Fase 5.

F. Resumen de Fases de CAMEL

De acuerdo a lo anterior, la Tabla 1 muestra un resumen de los servicios de CAMEL en sus distintas fases:

TABLA I
RESUMEN DE LAS FASES DE CAMEL

CAMEL Fase 1 GSM 2 - R1996	Las llamadas son encaminadas vía red local (home network), resultando la posibilidad de dos ramas de <i>roaming</i> : rama nacional y rama internacional.
CAMEL Fase 2 GSM 2+ -R1997	La red de <i>roaming</i> interroga a la red local por información y controla la llamada de prepago de acuerdo con esta información. De este modo solo se transfiere señalización a la red local, mientras la llamada en curso se maneja dentro de la red visitada. CAMEL 2 no ofrece soporte para servicios de datos o <i>roaming</i> GPRS.
CAMEL Fase 3 UMTS - R1999	Permite usar servicios de voz y de datos mientras se hace <i>roaming</i> . No soporta contenido ni algunos servicios SMS.
CAMEL Fase 4 UMTS R4	Extiende las capacidades de la Fase 3 agregando el soporte de servicios multimedia, pero no soporta tasas de contenido (velocidades o calidad de servicio).
CAMEL Fase 5 UMTS R5	CAMEL 5 supera el obstáculo anterior para dar un servicio de <i>roaming</i> sin fisuras (continuo).

VI. SERVICIOS DE PREPAGO EN CAMEL

En los últimos cinco años, los servicios prepagados de telecomunicaciones han tenido un importante auge en todo el mundo. Es importante en este trabajo mencionar que CAMEL permite dar soporte a estos servicios, como se describirá más adelante. En CAMEL la información específica del suscriptor e información de recarga de tarjetas se mantiene en una base de datos que hace interfaz con gsmSCF (GSM Service Control Function). La lógica de servicio inalámbrico de prepago incluye el controlador de validación del suscriptor y el controlador de tasa de tiempo real. La parte de control de admisión la provee gsmSCF. La información de suscriptor CAMEL (CSI) del terminal de servicios de prepago se almacena en el HLR. En esta configuración los suscriptores pueden hacer llamadas como usuarios móviles normales cuando hacen *roaming*.

A. Facturación en Tiempo Real

Los servicios de prepago permiten a los suscriptores pagar en forma anticipada por el uso de los servicios, por lo que es necesario supervisar en tiempo real todas las llamadas salientes para aplicar la tarifa que corresponde y el decremento de los créditos. Para tal propósito la lógica de servicios inalámbricos de prepago provee tarifas e información de tiempos, que son relacionadas con el establecimiento de un canal de usuario en el MSC. Haciendo uso de esa información, el MSC puede controlar la duración de la llamada.

Como se ve en la Fig. 14, correspondiente a CAMEL Fase 3, la entidad CSE (Ambiente de Servicio CAMEL) recibe un requerimiento de establecimiento de llamada desde el gsmSSF y calcula el tiempo garantizado hasta el momento del próximo cambio de tarifa. Si el tiempo garantizado es mayor que el tiempo de segmento de la llamada (T1), que es la unidad de periodo de llamada garantizada, el CSE envía el tiempo de segmento de llamada al MSC. Si este no es el caso, el CSE envía el segmento de llamada y la información del tiempo garantizado (TS2) al MSC. Usando esta información el MSC hace un requerimiento de conexión de llamada. Luego, el CSE colecta la información del tiempo que está relacionada con la tasa de tiempo real desde el punto de tiempo (Punto de referencia 1), en que la parte llamada responde. Cuando el temporizador del tiempo de segmento de llamada (T1) expira, el MSC envía la información de tiempo TS12 que va desde el Punto de referencia 1 al Punto de referencia 2, cuando ocurre el cambio de tarifa, y la información TS21 que va desde el Punto de referencia 2 al tiempo de segmento de llamada garantizado al CSE. Después que el CSE recibe la información de los tiempos, aplica el cálculo de tarifa en tiempo real. Luego el CSE verifica si la llamada es de salida o no. Si la llamada es de salida, CSE calcula el tiempo garantizado hasta el siguiente cambio de tarifa. Si el tiempo garantizado es mayor que el tiempo de segmento de llamada (T2), entonces CSE envía el tiempo de segmento de llamada al MSC. El MSC controla la llamada durante el tiempo de segmento de llamada garantizado. Cuando el temporizador del segmento de llamada expira (T2), el MSC envía al CSE la información de tiempo (T22), que va desde el tiempo del último cambio de tarifa hasta el tiempo en que el temporizador del segmento de llamada expira (T2). En CSE se aplica la información de tiempo para el tarifado en tiempo real. Tal proceso se mantiene hasta que la llamada es liberada.

En este mecanismo, la parte necesaria para calcular cada temporizador para el tiempo de cambio de tarifa se desarrolla en la lógica de servicio CSE de CAMEL. La interfaz CSE-MSC, que es la interfaz gsmSCF-gsmSSF, usa el procedimiento *Apply Charging* y *Apply Charging Report* para tarifado en tiempo real. Estos procedimientos tienen varios parámetros que relacionan los tiempos mostrados en la Fig. 14. Estos procedimientos permiten al operador de los servicios definir políticas de cargo en tiempo real en segundos o aplicando opciones de tarifado flexibles (por ejemplo tarifa plana, descuentos por volumen, cargos por servicios dependiendo de donde se origine la llamada, o tablas de tarifas especiales según horario o números frecuentes de llamada), y si aplica el caso, diferentes monedas de cargo para la cuenta del usuario.

El operador debe decidir qué políticas aplicar según la demanda específica del mercado. En un entorno multi-servicio como las redes 3GPP, un suscriptor puede tener diferentes cuentas de prepago para diferentes tipos de servicios (por ejemplo, acceso internet, e-commerce, infotainment, servicios basados en localización, etc).

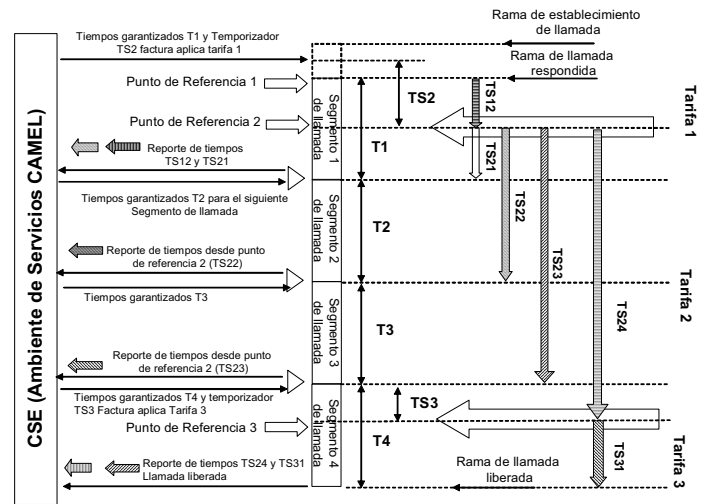


Fig. 14. Control de duración de llamada por CAMEL – SCE.

VII. EVOLUCIÓN FUTURA DE CAMEL MÁS ALLÁ DE 3G

La evolución de CAMEL en las redes considera la mayor relevancia que toma el dominio de conmutación de paquetes (PS) y las aplicaciones multimedia IP (IM) en las versiones R4/R5 de UMTS que permitirán implementar los servicios de VoIP y multimedia IP con calidad de servicio gestionada, usando los nodos GPRS (SGSN, GGSN) para proveer acceso IP móvil en un núcleo de red IP.

La evolución de la entidad CAMEL hacia las redes de cuarta generación 4G está fuertemente influenciada por la evolución del dominio de conmutación de paquetes (PS) de las redes 3G, al conformar una red IMS (Sistema IP Multimedia), como se puede apreciar en la Fig. 13 de la Fase 5 de CAMEL aplicado a los sistemas UMTS 3GPP R5. CAMEL debe enfrentar nuevos desafíos, para, por ejemplo, inter-operar con las Redes de Ambiente (AN) en las cuales los servicios a los suscriptores deben estar disponibles independiente de su localización, e independiente de las redes de acceso, ya sea a través de sistemas

licenciados como en las redes de telefonía móvil de 2G GSM, 3G UMTS, y el acceso a través de redes inalámbricas no licenciadas tipo WiFi (Fidelidad Inalámbrica). En este entorno CAMEL debe ser capaz de interactuar con nuevos elementos de red externos a la red UMTS, al mismo tiempo garantizando la portabilidad de los servicios y la calidad de servicio (QoS), mas allá de la macro-diversidad que ofrece UMTS, hacia una diversidad global que permitirá el acceso a distintas redes de forma transparente para el usuario suscriptor. Para tal efecto deben estudiarse nuevos elementos de red; definir nuevos protocolos entre estos nuevos elementos de red y CAMEL; definir sistemas de gestión de red compatibles con los desafíos que significa la creación de servicios masivos en una red de paquetes IP de amplia cobertura, en la cual los aspectos de calidad de servicio garantizado aun están en estudio y evolución. El modelo de Calidad de Servicio (QoS) de UMTS debe extenderse a los portadores de servicio de redes externas, para lo cual es necesario definir mecanismos anexos hoy no existentes. La tarificación de los servicios en una red de paquetes IP es otro desafío que debe enfrentar CAMEL al interactuar con las redes 4G. Son temas de investigación actuales en las redes 4G la ingeniería de tráfico para asignación de recursos y ancho de banda en forma dinámica, así como el establecimiento dinámico de niveles de servicio (SLA) con sistemas de prepagado o a través de sistemas de crédito universalmente aceptados en las redes 4G, los que están directamente relacionados con la evolución y nuevas capacidades que puedan agregarse a la entidad CAMEL.

VIII. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha hecho un estudio de las plataformas de servicio de las redes de comunicaciones móviles y de la evolución de la entidad CAMEL, que adquiere mayor relevancia en la medida que se avanza hacia la red IMS (Sistema multimedia IP) o "todo IP". En el momento de su finalización se plantean nuevos desafíos a CAMEL aplicado en las redes de cuarta generación 4G, así como a su interacción con sistemas no licenciados con una cobertura de diversidad global, lo que significa proveer los servicios a los usuarios independientemente de donde estén y de la tecnología de acceso que utilicen.

IX. REFERENCIAS

- [1] H. Kaaranen, A. Ahtiainen, L. Lautinien, S. Naghian and V. Niemi, *UMTS Networks: Architecture, Mobility And Services*, New York, J. Wiley and Sons, 2001
- [2] R. Steele, Ch.Ch. Lee and P. Gould, *GSM, cdmaOne and 3G Systems*, New York, J. Willey and Sons, 2001
- [3] F. Hillebrand, *GSM and UMTS*, New York, J. Wiley and Sons, 2002.
- [4] R. Pandya, *Mobile and Personal Communication Systems and Services*, IEEE Press, 2000
- [5] M. D. Cookson and D. G. Smith, "3G service control", *BT Technol.* 1, Vol. 19, Jan. 2001.
- [6] I. Jung and G. Lee, "Studies on Services with CAMEL features in 3G". *Proc. of the 14th IEEE International*

Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, Beijing, China, Sep. 7-10, 2003.

- [7] P. Meskauskas, "Customised Applications for Mobile Enhanced Logic (CAMEL)", *Research Seminar on Nomadic Computing*, Dept. Computer Science, University of Helsinki, 1999.

Sobre los autores



Miguel López Lavado

Es Ingeniero Electrónico de la Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile (1980) y actualmente estudia Doctorado en Ingeniería Telemática en la Universidad Politécnica de Cataluña en Barcelona, España (2006). Ha sido Ingeniero de Productos, responsable de Sistemas de Datos Inalámbricos Mobitex para América Latina, Sistemas de Radio Entroncado y Sistemas de Microondas en la empresa Ericsson (1994-1999). Se ha desempeñado como Responsable de Mercado de América Latina de la empresa fabricante de equipos de telecomunicaciones Vayris (2000-2003) y como Consultor Especialista de Redes en la empresa Telefónica Data de España (2004). Actualmente trabaja como Director Comercial de productos de captura de datos de la empresa Datalogger-IT en Barcelona. Sus intereses de investigación son en el área de plataformas de servicios de Redes de Ambiente, redes inalámbricas cuarta generación 3G/4G y sistemas de gestión basado en políticas.



Antonio Barba Martí

Es Ingeniero y Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Cataluña (1990 y 1996) de Barcelona, España. Desde 1990 es profesor en el Departamento de Matemática Aplicada y Telemática de la misma UPC. Ha estado trabajando en diversos proyectos europeos desde 1992 (MONET, ATDMA, CANDLE) así como en proyectos españoles. Ha publicado más de cuarenta artículos en conferencias nacionales e internacionales. Premio a la mejor tesis doctoral de redes de acceso por el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación de España. Pertenece a diversas sociedades técnicas. Es autor de un par de libros sobre Gestión de Red e Inteligencia de red. Sus principales áreas de interés son redes inteligentes, sistemas multimedia, control y gestión de red.