

# Soporte de QoS en Redes de 4ª Generación

Carlos García, Antonio Cuevas, José Ignacio Moreno, *IEEE Member*, Ignacio Soto, *IEEE Member*,  
Carlos Jesús Bernardos, Pablo Serrano

**Resumen**—Las redes de cuarta generación (4G) prometen ofrecer al usuario un mecanismo flexible de acceso a los servicios con transparencia respecto a las capacidades del terminal o la tecnología de red de acceso empleada. Para ello existen distintos esfuerzos desde la comunidad científica por mejorar la eficiencia de aspectos relacionados con el soporte de movilidad y calidad de servicio extremo a extremo, así como aspectos relacionados con la autenticación, autorización, contabilidad (AAAC) y seguridad en un entorno basado en el uso del Protocolo IP como elemento básico de partida. En este artículo se presenta una propuesta de arquitectura para proporcionar soporte de calidad de servicio basado en la tecnología DiffServ, analizando los principales elementos de la arquitectura como el QoS Broker o el Router de Acceso y los interfaces a módulos asociados. El trabajo se ha validado mediante la implementación y pruebas de la arquitectura presentada.

**Palabras clave** — Redes IP de cuarta generación, Calidad de Servicio, Movilidad, AAA, Arquitectura, Diffserv, QoS Brokers.

## I. INTRODUCCIÓN

Aún cuando todavía está empezando el lanzamiento comercial de las redes móviles de 3ª generación, basadas en la tecnología UMTS, ya se vislumbra la próxima generación, cuyas principales características podrían resumirse en: núcleo IP, ubicuidad y servicios. En primer lugar se basan en un núcleo IP encargado de ofrecer el transporte en la red y sobre esta base se edificarán los tradicionales servicios, así como otros nuevos, para lo que tendrán que ser implementados nuevos conceptos como QoS (Calidad de Servicio) y AAA (Autorización, Autenticación y Contabilidad). Finalmente el acceso heterogéneo a través de cualquier medio, ya sea fijo o móvil, con un único terminal ofrecerá una mayor conectividad al usuario.

En este artículo se presenta una arquitectura de sistemas móviles de 4G basada en la utilización del protocolo IP tanto en las redes de acceso como en el núcleo de red. Esta nueva arquitectura se fundamenta en el uso de conmutación de paquetes, y en consecuencia requiere la incorporación de técnicas que soporten mecanismos de calidad de servicio (QoS), movilidad, seguridad y contabilidad sobre IP. En este

sentido el artículo se centra en la descripción de soluciones basadas en QoS y en su interacción con los módulos de AAA y movilidad. Estas propuestas constituyen parte del trabajo desarrollado en el marco del proyecto europeo Moby Dick [1].

El resto del artículo está estructurado de la siguiente forma: en la sección II se presentará una descripción de la arquitectura de red necesaria para alcanzar nuestros objetivos, destacando los principales componentes que la forman; la sección III analizará en detalle el soporte de calidad de servicio en este tipo de redes; a continuación, en la sección IV se presentará la implementación llevada a cabo en dos universidades europeas; y finalmente, en la sección V presentaremos las conclusiones más relevantes.

## II. DESCRIPCIÓN DE LA ARQUITECTURA DE RED

La principal característica de las propuestas de redes móviles 4G es la utilización de tecnologías IP en el núcleo y en las redes de acceso, para soportar todos los servicios. En las redes 3G coexistirán inicialmente un núcleo IP para la red de datos con otro núcleo basado en conmutación de circuitos para la prestación de servicios de voz, mientras que en las redes 4G sólo existirá un núcleo IP sobre el que se transportará todo el tráfico. La evolución prevista en los estándares de redes 3G UMTS llevará a la posibilidad de tener sólo un núcleo de red basado en IP (sin el núcleo basado en conmutación de circuitos), pero aún en ese caso el planteamiento es bastante diferente al de las redes 4G. En las redes UMTS el núcleo IP proporciona un mecanismo de transporte, en muchos casos para protocolos que tienen poco que ver con el mundo IP (por ejemplo, el protocolo de túneles GPRS: GTP) y que son específicos de la tecnología UMTS. De hecho, si, por ejemplo, un terminal de una red UMTS usa el protocolo IP para comunicarse, el nivel IP del terminal no interacciona con el nivel IP de los elementos del núcleo de red UMTS, sino que el paquete IP del usuario queda encapsulado y transportado por el núcleo de red UMTS hasta abandonar la misma (es decir, toda la red UMTS es un salto IP para el usuario). Todo esto provoca que añadir redes de acceso basadas en otras tecnologías no sea sencillo, puesto que hay que adaptarlas a los protocolos específicos que se usan en UMTS. Así se está haciendo por ejemplo para redes de acceso basadas en tecnologías WLAN.

La idea de las redes 4G es diferente: consiste en usar una red IP nativa aprovechándose de que IP está pensado precisamente para permitir la comunicación entre subredes de diferentes tecnologías. Además, los diferentes protocolos que se utilicen (por ejemplo para proporcionar movilidad o QoS), deben ser protocolos independientes, al menos en lo posible, de la tecnología de subred (siguiendo la filosofía de Internet)

---

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por la comisión Europea a través del proyecto Moby Dick – “Mobility and Differentiated Services in a Future IP Network” (IST-2000-25394).

Los autores: C. García (carlos.garcia.garcia@uc3m.es), A. Cuevas (antonio.cuevas@uc3m.es), J. I. Moreno (joseignacio.moreno@ieee.org), I. Soto (ignacio.soto@uc3m.es), C.J. Bernardos (cjb@it.uc3m.es), P. Serrano (pablo@it.uc3m.es) pertenecen al Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad Carlos III de Madrid (España)

de modo que se puedan usar con cualquier posible tecnología de subred.

Una de las características deseables en las redes 4G es que el núcleo esté basado en IPv6, con lo que quedarían resueltos problemas como el espacio de direcciones, vital para el despliegue de una nueva red donde sería deseable el uso de direcciones públicas (para facilitar el desarrollo de aplicaciones extremo a extremo). Concretamente el escenario implementado dentro del proyecto Moby Dick es IPv6 nativo.

Existen diferentes tecnologías de acceso que aparecerán en un escenario 4G. Se trata de tecnologías complementarias de manera que todas podrán coexistir y, en función de sus necesidades, el cliente podrá optar por alguna de las siguientes: TDD-CDMA, Wireless LAN 802.11o Ethernet.

En la figura 1 se representan los elementos funcionales de los que se compone una red 4G.

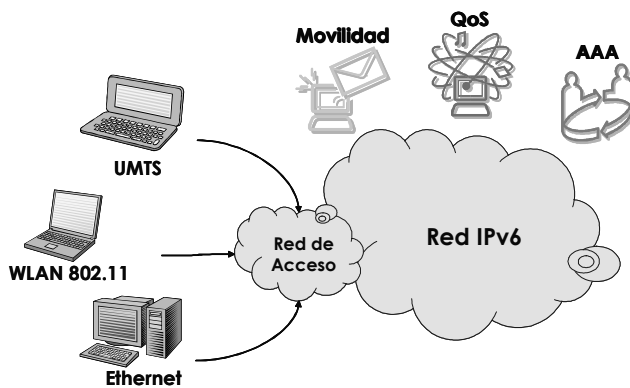


Fig. 1. Arquitectura de red de cuarta generación

Los elementos más representativos de esta arquitectura son:

- **QoS.** La tecnología IP tal como se concibió originalmente, no ofrece ningún tipo de garantías de Calidad de Servicio. Sin embargo, existen servicios, entre ellos el telefónico, con rigurosos requisitos de retardo y variación del retardo (*jitter*), lo que hace necesario añadir funcionalidad a IP para que las redes basadas en este protocolo sean capaces de soportar este tipo de servicios.
- **AAA.** Los sistemas tradicionales de contabilidad basados en la generación de CDR (*Call Detail Record*) deben ser modificados para soportar de forma eficiente movilidad de usuarios sobre una red basada en datagramas. Adicionalmente deben soportarse mecanismos de autenticación y autorización para ofrecer formas seguras de identificación y acceso de usuarios. En este sentido el IETF ha definido los sistemas AAA [10], [11] encargados de comprobar la identidad de los usuarios, de controlar los servicios que usan y de facturarles por ello. Estos sistemas utilizan las redes IP para transportar la información de señalización necesaria. El IETF propone el protocolo DIAMETER [12], [13], sustituto del tradicional RADIUS [14] y capaz de soportar movilidad Inter Dominio

(*roaming*) de usuarios. Estos sistemas se pueden incluso extender para soportar adicionalmente Auditoría (*Auditing*) y Tarificación (*Charging*) hablando entonces de sistemas A4C.

- **Movilidad.** Las redes de 4G deberán soportar mecanismos eficientes que permitan la movilidad de usuarios que, utilizando el mismo o distinto Terminal, se conecten a la red mediante distintas redes de acceso (WCDMA, WLAN, Ethernet, etc.) operadas por distintas entidades. Esto requiere mecanismos que soporten traspasos (*handovers*) entre subredes bajo igual o distinta tecnología (traspaso horizontal y vertical) de forma eficiente, teniendo como elemento común el transporte IP. La base del soporte de movilidad en redes IP(v6) es el protocolo Mobile IP(v6) [17]. Usando la propuesta de Traspasos Rápidos (*Fast Handovers*) [8] se consiguen traspasos sin interrupción apreciable de las comunicaciones. Esta movilidad requiere interactuar con los procesos de soporte de QoS en el caso de traspasos entre áreas con distintos recursos de red disponibles y con los mecanismos de AAA para el caso de traspasos entre redes pertenecientes a distintos dominios administrativos.

#### A. Componentes de la arquitectura

La provisión de calidad de servicio se llevará a cabo a través de los siguientes componentes: el servidor AAAC, el Router de acceso y el QoS Broker. Estos tres elementos interactúan para proporcionar QoS a determinados flujos de salida llamados servicios de red (*NetServices*). En la figura 2 podemos ver su situación en la red.

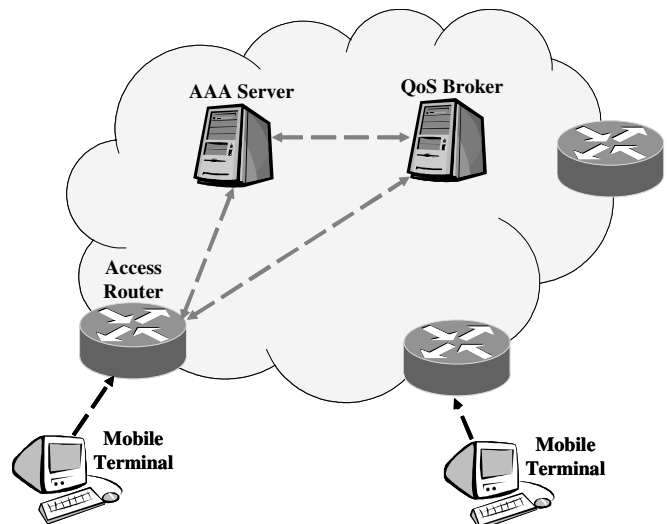


Fig. 2. Componentes de la arquitectura

##### 1) Servidor AAAC

El servidor AAAC (*Authentication, Authorization, Accounting and Charging*) es el responsable de llevar a cabo las siguientes funciones:

- Autenticación: acto de verificar la identidad de una entidad o sujeto. En nuestro caso será la parte

encargada de comprobar la correcta identidad del terminal móvil y/o usuario.

- Autorización: acto de determinar si se le permite el acceso a un recurso a una entidad que lo solicita. Esto consistirá en permitir o no mantener determinados flujos de datos con determinadas garantías de QoS mientras el usuario tenga los permisos o el saldo necesario.
- Contabilidad: acto de recopilar información del uso de los recursos con el propósito de tomar estadísticas, facilitar auditorías, facturar o controlar la asignación de los costes.
- Facturación: acto de cobro por los servicios prestados basándose en determinadas fórmulas. Esta función necesita de la función anterior ya que, a partir de los datos que ésta recoge, aplicará las debidas fórmulas para calcular el coste.

## 2) QoS Broker

El QoS Broker es el corazón del sistema de prestación de calidad de servicio en el entorno implementado. Básicamente un QoS Broker es la entidad que toma decisiones relativas al control de admisión y realiza las funciones de configuración de los dispositivos de la red (en nuestro caso *Routers* de acceso). Se encarga de hacer cumplir las SLS (*Service Level Specifications*). Más detalladamente sus cometidos son:

- Configuración y gestión de los *routers* de acceso de un dominio al arrancar estos o bajo determinadas circunstancias según el uso de la red.
- Implementación de algoritmos de gestión y planificación de los recursos de la red.
- Implementación del servidor del protocolo COPS (*Common Open Policy Service*) para el servidor AAAC y el *Router* de Acceso.
- Instalación, actualización y eliminación de los servicios de red que solicite el servidor AAAC.
- Recoger y analizar las estadísticas de uso de los recursos de red que le proporcionan los *routers* de acceso.
- Comunicación con QoS Brokers de dominios vecinos para resolver los problemas de movilidad.

## 3) Router de Acceso

El último componente involucrado en la provisión de calidad de servicio dinámica es el *Router* de Acceso. Como su propio nombre indica se encuentra a las puertas del dominio DiffServ y realiza funciones de AAAC y calidad de servicio. Más detalladamente sus funciones son:

- Aplicar algoritmos de gestión y planificación de colas de calidad de servicio bajo configuración del QoS Broker. Esta configuración podrá cambiar en tiempo de ejecución.
- Mantener una comunicación COPS con el QoS Broker actuando como cliente PEP (*Policy Enforcement Point*).
- Traducción de los protocolos de autenticación CHAP-DIAMETER para permitir el intercambio de

señalización entre el usuario y el AAAC que se encuentra dentro de la red DiffServ.

- Garantizar la correspondencia de los paquetes con los usuarios que los envían, por ejemplo usando IPsec
- Capturar flujos de tráfico dirigidos hacia el núcleo de red DiffServ. Esos tráficos deberán estar marcados con determinados DSCPs (*Differentiated Services Code Point*) para ser susceptibles de aplicárseles QoS.
- Cada cierto tiempo debe recoger estadísticas del uso de sus colas de tráfico para transmitírselas al QoS Broker.

## III. SOPORTE DE QoS EN REDES 4G

Existen diferentes iniciativas para proporcionar QoS en una red IP. El IETF divide sus esfuerzos en dos grupos Intserv [2] y Diffserv [3]. La implementación de la tecnología Intserv presenta problemas de escalabilidad. La tendencia es el uso de Diffserv en el núcleo combinado con Intserv como solución en la red de acceso.

Teniendo en cuenta que los principales problemas de escasez de recursos aparecen normalmente en la red de acceso, y dado que sobredimensionar el núcleo es relativamente sencillo y barato, el uso combinado de Intserv y Diffserv en el acceso y núcleo respectivamente proporciona un buen compromiso entre coste y eficiencia.

Sin embargo esta solución presenta algunas limitaciones al utilizarla como técnica de calidad de servicio:

- En Diffserv, al no existir una reserva extremo a extremo, la QoS no está garantizada al 100%. Lo más que podremos alcanzar es una alta probabilidad de obtener el nivel de calidad de servicio deseado, si bien un buen dimensionado de la capa de transporte asegurará un buen servicio.
- Las reservas realizadas por el usuario se traducirán en un código (DSCP [6]) presente en los paquetes que éste envíe, que determinará el tratamiento de nuestro tráfico. El número de códigos es limitado y será el proveedor el encargado de definir éstos así como su implementación. Aparece entonces la posibilidad de que un mismo código DSCP no tenga el mismo significado para diferentes proveedores de servicio, de manera que la calidad de servicio final vendrá determinada por la relación entre los diferentes proveedores que se atraviesen.

El modelo se basa en el uso de un elemento encargado de la gestión de calidad de servicio, el **QoSBroker**. Este componente se encarga de administrar la reserva de recursos y gestionar los *routers* de la red de acceso y del núcleo. El QoSBroker se comunica con los *routers* usando el protocolo COPS para el intercambio de información relativa a gestión y administración de la red. COPS [9] define un modelo cliente-servidor, donde los *routers* actúan como clientes mientras que los QoSBroker lo hacen como servidores. El QoSBroker,

corazón del sistema de calidad de servicio, conocerá el estado de los enlaces hacia cada red de acceso, y podrá autorizar o denegar el acceso de un usuario a la red según la carga. Este elemento mantendrá una relación entre los códigos DSCP utilizados y el comportamiento (PHB - *Per Hop Behavior*) [4] [5] que debe ofrecerse al tráfico. Para ello se han definido una serie de servicios que podemos consultar en la tabla I. Los criterios para elaborar dicha tabla están basados en la propuesta del IETF para servicios DiffServ junto con propuestas del 3GPP. [7] [16] ofrecen más detalles sobre esta elección.

Las especiales características de la clase *Expedited Forwarding* la hacen idónea para servicios en tiempo real como podrían ser conferencias de audio o video conferencias. Este tipo de tráfico no admite un retardo excesivo, ni la variación del mismo (*jitter*), además de requerir un ancho de banda bien determinado.

TABLA I  
SERVICIOS DE TRANSPORTE OFRECIDOS AL USUARIO

Servicio		Prioridad Relativa	Parámetros de servicio	Descripción del servicio
Nombre	Clase			
S1	EF	1	BW pico: 32 kbps	Servicios Tiempo Real
SIG	AF41	2a	No especificado	Señalización
S2	AF21	2b	CIR: 256 kbps	Datos de alta prioridad
S3	AF1	2c	Tres prioridades de descarte (kbps): AF11 – 64 AF12 – 128 AF13 – 256	Servicios olímpicos
S4	BE	3	BW pico: 32 kbps	Best effort
S5	BE	3	BW pico: 64 kbps	Best Effort
S6	BE	3	BW pico: 128 kbps	Best Effort

Las clases *Assured Forwarding* podrían utilizarse para diferentes tipos de tráfico. Por un lado el tráfico de señalización podría tratarse con una clase AF, resultando necesario realizar una previa caracterización del mismo para definir correctamente las técnicas de encolamiento requeridas. El tradicional sistema de servicios olímpicos, definiendo las subclases: oro, plata y bronce, según el orden de precedencia en el descarte de paquetes. Este sistema permite una gran flexibilidad para ofrecer una gran variedad de servicios al usuario. Finalmente podríamos destinar otra subclase AF, para algún tipo de tráfico de alta prioridad que no deseamos que compita por los recursos con el tráfico de servicios olímpicos.

Por último, resulta interesante definir el tradicional servicio *Best Effort* para el tráfico que no presenta ningún requisito de calidad de servicio. Debido a las especiales características de las redes de 4G dónde el acceso podría ser una red Ethernet con una capacidad de hasta 100 Mbps, resulta necesario imponer un límite al tráfico inyectado por el usuario para evitar el colapso de la red. Este límite se puede implementar a través de la definición de diferentes subclases de tráfico BE, con diferentes límites de ancho de banda, que se corresponderían con diferentes filtros en los *routers* de acceso. Estas subclases también sirven para crear servicios de transporte diferenciados –y por tanto con distintas tarifas– incluso dentro de esta categoría *Best Effort*.

Como hemos comentado la interacción entre el QoSBroker y los *routers* determinará la calidad de servicio obtenida. Para ello podemos distinguir entre *routers* frontera o de acceso (*Access Routers*) y *routers* del núcleo (*Core Routers*). Las funciones referentes a calidad de servicio que deberán implementar todos los *routers* serán: clasificación, acondicionamiento y encaminamiento de tráfico. Estas funciones son lo suficientemente sencillas para ser escalables a toda la red. De esta manera no aparecerá ningún problema de implementación en los **Routers del núcleo**, evitando así el principal problema de escalabilidad del modelo Intserv. Por otra parte los **Routers de Acceso** serán los encargados de controlar el acceso a la red, para ello deberán comunicarse con las entidades anteriormente comentadas: AAA Server y QoSBroker.

Los algoritmos que siga el QoSBroker para controlar estos *routers* dependerán de la política del operador pero, en cualquier caso, estarán muy ligados a los servicios de transporte definidos en la tabla I. El QoSBroker controlará que las clases AF y EF tengan suficientes recursos reservados en los *routers*. En función de los medidas que estos mismos *routers* le envían, el QoSBroker estimará si es necesario emprender acciones de reconfiguración en los *routers*. La clase BE se limitará a ocupar los recursos restantes. Si la red, en alguna de sus zonas, llega a umbrales de saturación tales que ni siquiera con estas medidas de reconfiguración se pueda asegurar la prestación de todos los servicios, el QoSBroker llevará a cabo acciones en los *routers* de acceso, bien no permitiendo que estos admitan más conexiones o reduciendo el ancho de banda de las existentes. Por ejemplo, a algunos usuarios se les puede reducir el ancho de banda del servicio S2 definido en la tabla I de 256 a 128 kbps. Tales acciones están directamente ligadas a los contratos que los usuarios tengan con la red (y definidos en los perfiles de usuario). El sistema AAA gestiona esos perfiles, por lo tanto el QoSBroker deberá interactuar con él para tomar este tipo de decisiones.

#### A. Integración de QoS con otros procesos de redes 4G

##### 1) Proceso de registro e inicio de sesión en la red

A continuación se describe el proceso que debe seguir un terminal cuando desea registrarse en la red, así como el proceso de inicio de sesión que permite al QoSBroker mantener una gestión adecuada de los recursos de red.

El proceso de registro en la red debe ser iniciado por el terminal a través de un mensaje explícito. Para ello el usuario contacta con el sistema AAA (mensajes 1 y 2 de la figura 3) que verifica su identidad y, en base a su perfil, solicita una prerreserva de recursos al QoSBroker (mensajes 3 y 4). El registro en la red no implica una reserva inmediata de recursos en el QoSBroker, ya que el usuario podría comenzar una comunicación bastante tiempo después de producirse el registro. Con los mensajes de confirmación (5 y 6) se informa al terminal de los códigos DSCP que podrá usar para conseguir la calidad de servicio deseada. El uso futuro de recursos no requiere interacción AAA-QoS como veremos a

continuación. Al abandonar el sistema, el usuario deja de renovar periódicamente su registro y, por lo tanto, su perfil dentro del sistema QoS y AAA expirará.

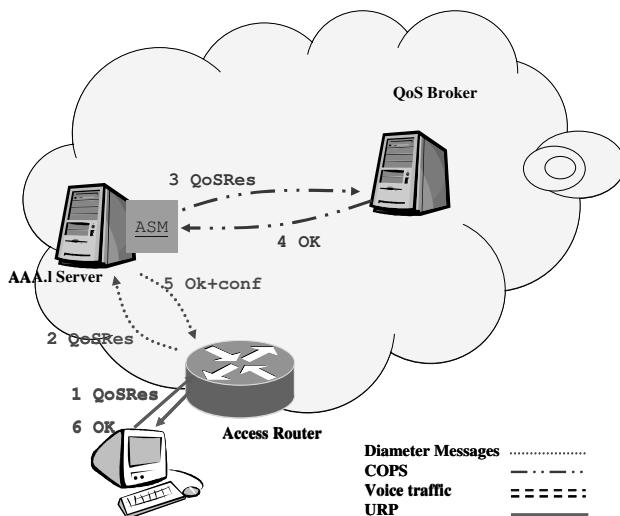


Fig. 3. Fase de registro en la red

Una vez finalizado el proceso de registro en la red estamos autorizados por el sistema AAA a introducir paquetes en el núcleo de red a través del *Access Router*. Sin embargo el QoSBroker aún no ha realizado ninguna reserva en los enlaces, si bien nos ha proporcionado los códigos DSCP adecuados para marcar los paquetes y alcanzar el nivel de calidad de servicio deseado.

Es preciso ahora definir el concepto “sesión” que determinará una serie de flujos de información provocados por un usuario y que deben ser tratados y facturados de una forma concreta. En consecuencia, una sesión vendrá determinada por el uso de una dirección origen y un código DSCP durante un periodo de tiempo. Todos los paquetes que coincidan en esta información determinarán una sesión.

Una sesión nace cuando el terminal comienza a generar tráfico (mensaje 7 en la figura 4), para ello marcará este flujo con uno de los DSCP proporcionados por el QoS Broker para conseguir el nivel de calidad de servicio deseada. Este tráfico llegará al *Access Router* que identificará la llegada de un nuevo flujo de datos y automáticamente informará al QoS Broker para gestionar la reserva de recursos (8). Cuando reciba la autorización correspondiente (9) se cursará el tráfico a través de la red. Si bien no existen mensajes explícitos para la reserva de recursos, como sucede con RSVP, se consigue realizar una reserva de recursos a través del QoSBroker. Este elemento conoce previamente las características (básicamente ancho de banda, si bien podría considerarse el retardo) de todos los enlaces de cada *Access Router*, de manera que el conocimiento de las sesiones activas generados por cada usuario le permite identificar la capacidad restante de cada enlace.

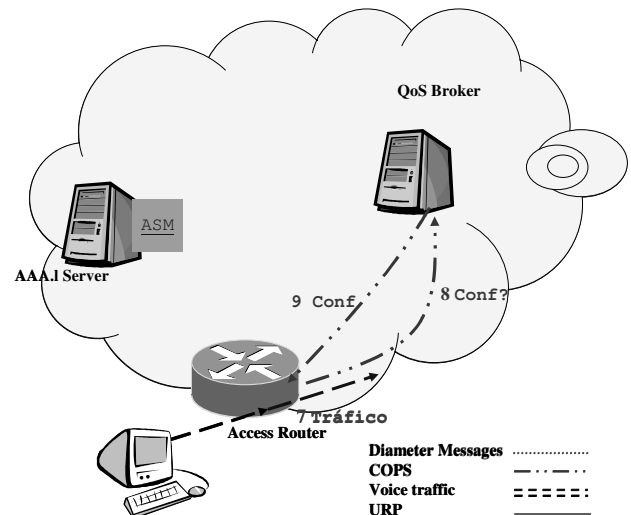


Fig. 4. Inicio de sesión

## 2) Proceso de trasposos rápidos

Como hemos visto en la sección II, los procesos de movilidad y traspaso rápido requieren interactuar con los mecanismos de QoS. Para ello seguimos la filosofía de “*make-before-break*” en la que la nueva conexión se prepara antes de cortar la antigua. En lo que respecta a QoS se sigue un proceso “triangular” con el QoSBroker como vértice. El QoSBroker, avisado del proceso de traspaso y de sus parámetros por el *router* de acceso que gestiona la antigua conexión, mandará al *router* de acceso destinado a albergar la nueva conexión preparar esta misma. En caso de no haber recursos suficientes, el QoSBroker puede abortar el traspaso.

## IV. IMPLEMENTACIÓN

Se implementaron dos escenarios de prueba, uno en la Universidad Carlos III de Madrid y otro en la Universidad de Stuttgart (interconectados mediante la red *GÈANT*) compuestos por todos los componentes descritos en el presente artículo, y que ofrecen QoS, AAA y movilidad sobre una red IPv6. Para la implementación de todos los elementos se emplearon máquinas de propósito general (Pentium 4 a 1.5 GHz y 256 MB de RAM) con el sistema operativo Linux, basado en una distribución Red Hat 7.2, con un *kernel* 2.4.16. Sobre las máquinas, además, se implementó software específico del nivel de aplicación, con objeto de una valoración por parte de usuarios finales del escenario implementado (p.ej: Quake II, jabber, tetris). Para una descripción más detallada del escenario de pruebas y medidas realizadas ver [19].

Toda la infraestructura que hemos descrito se empleó para la elaboración de la reunión “*Wireless Going IP internacional Project Summit*” [15] celebrado en Noviembre de 2002, donde se montaron tres demostradores para verificar el correcto funcionamiento de los servicios de QoS, AAA y Movilidad.

## V. CONCLUSIONES

Este artículo presenta una arquitectura para redes móviles de cuarta generación con soporte de calidad de servicio, así como su integración con movilidad y AAA. Se han analizado los diferentes componentes que deberían aparecer para proporcionar estos servicios, identificando tres elementos clave: servidor AAA, QoS Broker y Router de Acceso; cuya adecuada interacción permite la reserva adecuada de recursos de red.

De igual forma se presenta la gestión que se debe realizar sobre los equipos de conmutación, Routers de Acceso y de núcleo, para permitir disponer de cierto nivel de QoS a través de la implantación de una arquitectura Diffserv. La comunicación entre los diferentes componentes se asegura a través de la utilización de los protocolos DIAMETER y COPS. De esta forma son pocas las limitaciones impuestas a la hora de ofrecer un servicio al usuario.

El uso de servicios diferenciados en el núcleo de red evita los problemas de escalabilidad intrínsecos a los servicios integrados, y la utilización de este último modelo en la red de acceso permite un mayor control de los recursos en esta zona donde el número de usuarios es limitado.

Se han realizado diferentes pruebas sobre los escenarios desplegados en Madrid y Stuttgart donde se muestra la validez del modelo, a través de diferentes aplicaciones de audio y video, donde es posible medir la calidad ofrecida. En resumen, la arquitectura propuesta ofrece un modelo de calidad de servicio sencillo y flexible para el soporte de aplicaciones multimedia en las futuras redes de cuarta generación.

Este modelo está siendo extendido [18] para ofrecer QoS personalizada no sólo a nivel IP sino centrándose en el nivel de aplicación. Para ello se sigue la filosofía del IMS: para aplicaciones SIP, el SIP Proxy se encarga de informar al QoS Broker -que hace las veces del PDF de IMS- de los requisitos de la aplicación. Además, y también siguiendo el modelo IMS, el SIP Proxy interactuará con el sistema AAA que juega el papel de los nodos HSS y CGF de IMS y UMTS.

## VI. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por la comisión Europea a través del proyecto Moby Dick - "Mobility and Differentiated Services in a Future IP Network" (IST-2000-25394).

## VII. REFERENCIAS

- [1] Proyecto Moby Dick: "Mobility and Differentiated Services in a Future IP Network" (IST-2000-25394). <http://www.ist-mobydick.org>
- [2] IETF Diffserv Working Group. <http://www.ietf.org/html.charters/diffserv-charter.html>
- [3] IETF Intserv Working Group. <http://www.ietf.org/html.charters/intserv-charter.html>
- [4] J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss, J. Wroclawski: "Assured Forwarding PHB Group", *RFC 2597*, Junio 1999
- [5] V. Jacobson, K. Nichols, K. Poduri: "An expedited forwarding PHB", *RFC 2598*, Junio 1999

- [6] K. Nichols, S. Blake, F. Baker, D. Black: "Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers", *RFC 2474*, Diciembre 1998.
- [7] V. Marques, R. Aguiar, P. Pacyna, J. Gozdecki, C. Beaujean, N. Chaher, C. García, J. Moreno, H. Einsiedler: "An architecture supporting end-to-end QoS with user mobility for systems beyond 3rd generation", *IST Mobile Summit 2002*
- [8] E. Koodli, ed. "Fast Handovers for Mobile IPv6", Internet Draft, work in progress, <draft-ietf-mipshop-fast-mipv6-03.txt>, Octubre 2004
- [9] D. Durman, J. Boyle, R. Cohen, S. Herzog, R. Rajan, A. Sastry, A. "The COPS (Common Open Policy Service) Protocol" *RFC 2748*, Enero 2000
- [10] D. De Laat, G. Gross, L. Gommans, J. Vollbrecht, D. Spence: "Generic AAA Architecture"; Internet Engineering Task Force, *Experimental RFC 2903*, Agosto 2000.
- [11] IETF, Internet Engineering Task Force: AAA Working Group, Octubre 2001; <http://www.ietf.org/html.charters/aaa-charter.html>
- [12] P. R. Calhoun, "Diameter Base Protocol", Abril 2002. <draft-ietf-aaa-diameter-10.txt>
- [13] S. M. Faccin, "Diameter Mobile IPv6 Application", 2001. <draft-le-aaa-diameter-mobileipv6-00.txt>
- [14] C. Rigney, S. Willens, A. Rubens W. Simpson: "Remote Authentication Dial In User Service (RADIUS)", *RFC 2865*, Junio 2000.
- [15] Congreso "Wireless Going IP International Project Summit", Noviembre 2003. Universidad Carlos III de Madrid. <http://www.it.uc3m.es/mobydick>
- [16] V. Marques, R. Aguiar, C. Garcia, J. I. Moreno, C. Beaujean, E. Melin, M. Liebsch: "An IP-based QoS architecture for 4G operator scenarios", *IEEE Wireless Communications Magazine*. June 2003. ISBN: 972-98368-1-7
- [17] C. Johnson, C. Perkins, J. Arko: "Mobility Support in IPv6", *IETF RFC3775*, Junio 2004
- [18] R. Sánchez Martín et al. "Integración de servicios multimedia en redes 4G", XV Jornadas de Ingeniería Telemática. Vigo, Spain, Septiembre 2005, ISBN: 84-8408-346-2
- [19] P. Serrano, C. J. Bernardos, I. Soto, J. I. Moreno, "Medida y análisis del tráfico multimedia en redes móviles de cuarta generación", XIII Jornadas Telecom I+D 2003, Madrid, 18-20 Nov 2003. ISBN: 84-89315-28-0

## VIII. BIOGRAFÍAS



**Carlos García García** nació en Madrid, España, el 26 de Marzo de 1978. Realizó sus estudios de Ingeniería de Telecomunicación en la Universidad Carlos III de Madrid (1996-2001), obteniendo el premio al mejor proyecto fin de carrera otorgado por la cátedra Nortel Networks en el departamento de telemática.

Actualmente trabaja como profesor ayudante en el Departamento de Telemática, donde colabora en diferentes proyectos de investigación de ámbito tanto nacional como internacional: Daidalos, Moby Dick, PREAMBULO, PISCIS. Centrándose en temas de investigación como la provisión de QoS en redes de cuarta generación, tecnología Voz sobre IP, o despliegue de redes IP sobre DWDM. En relación a estos proyectos ha colaborado en diferentes artículos presentados en congresos y revistas como IEEE Communication Society (Julio 2003), IEEE Wireless Communication Magazine (Junio 2003), IST Mobile Summit 2002 & 2003.



**Antonio Cuevas Casado** es Ingeniero de Telecomunicaciones por la Universidad Carlos III de Madrid (año 2001). Actualmente está trabajando como Profesor Ayudante en esa misma Universidad donde también prepara su tesis doctoral dentro del Doctorado de Tecnologías de las Telecomunicaciones.

Antonio Cuevas Casado ha participado y participa en proyectos internacionales como Moby Dick y Daidalos realizando labores de investigación dentro

del ámbito de las redes 4G y, más en concreto, en temas de QoS (Calidad de Servicio) y AAA (Autenticación, Autorización y Tarificación).



**Dr. Jose Ignacio Moreno Novella**, es Ingeniero (1991) y Doctor Ingeniero de Telecomunicación (1996) por la Universidad Politécnica de Madrid. Desde 1997 desempeña el cargo de profesor Titular de Universidad en la Universidad Carlos III de Madrid donde realiza labores docentes e investigadoras. Ha participado en numerosos proyectos de investigación relacionados Sistemas Telemáticos, Protocolos de Comunicaciones, Redes de Banda Ancha, Ipv6, Soporte de calidad de

servicio, Multicast, Voz sobre IP, Protocolos de Comunicaciones para sistemas móviles y Sistemas de 4G.

Posee amplia experiencia en la dirección y realización de proyectos de investigación nacionales e internacionales relacionados con el diseño, la gestión e implantación de redes y servicios de telecomunicaciones, participando en proyectos como: Daidalos (FP6-506997), SatNEx (FP6-507052), Moby Dick (IST: 2000-25394), PISCIS (CICYT: 2FD97-1003-C03-02), ABROSE (ACTS: AC316), ABS (ACTS: AC206), NICE (ACTS: AC110). Ha publicado más de 50 artículos relacionados con comunicaciones avanzadas en revistas y congresos nacionales e internacionales. Su interés actual se centra en la integración de redes móviles y fijas.



**Dr. Ignacio Soto Campos** es Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad de Vigo en 1993, y Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la misma universidad en el año 2000. Ha sido profesor contratado en la E.T.S.I. de Telecomunicación de la Universidad de Valladolid desde 1993 hasta 1999. En 1999 se incorporó a la Universidad Carlos III de Madrid donde actualmente es Profesor Titular de Universidad dentro del Departamento de Ingeniería Telemática.

Entre sus líneas de investigación actuales se encuentran la movilidad en redes de comunicaciones, las redes inalámbricas, y las redes de altas prestaciones. En estas líneas ha participado en distintos proyectos de investigación nacionales y europeos. Cuenta con numerosas publicaciones en revistas y congresos, tanto nacionales como internacionales.



**Carlos Jesús Bernardos Cano** es Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Carlos III de Madrid (año 2003).

Siendo Profesor Ayudante en el Departamento de Ingeniería Telemática, actualmente se encuentra realizando una estancia como investigador en el Computer Laboratory de la Universidad de Cambridge, donde persigue la realización de su tesis doctoral, en el entorno de la movilidad en redes IP, redes ad-hoc y tecnologías de redes inalámbricas. Ha

participado y participa en diversos proyectos IST (Moby Dick, Daidalos),



**Pablo Serrano Yáñez-Mingot** es Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Carlos III de Madrid (2002). En la actualidad ejerce de Profesor Ayudante en el Dpto. de Ing. Telemática de dicha universidad, donde prepara su tesis doctoral. Ha participado como investigador en varios proyectos europeos, abarcando los aspectos más relevantes de redes 4G. Sus líneas de investigación actuales se enmarcan en la provisión de QoS en WLAN.