

Calidad de Servicio Extremo a Extremo y Flexibilidad Espectral en Redes Móviles Heterogéneas

O. Sallent, R. Ferrús, A. Gelonch, F. Casadevall, X. Revés, J. Pérez-Romero, A. Umbert, R. Agustí, J. Olmos

Department de Teoria del Senyal i Comunicacions
Universitat Politècnica de Catalunya

e-mail: [sallent, ferrus, antoni, ferranc, xavier.reves,jorperez]@tsc.upc.edu

Abstract— In future mobile communication scenarios, different Radio Access Technologies will coexist and will operate in a coordinated way. The interworking architecture enhanced with Common Radio Resource Management functionalities will pave the way for the extension of these heterogeneous networks. This paper describes and identifies some solution approaches for the variety of research topics involved in a Beyond 3G framework, including architectural aspects with QoS mechanisms and their associated functionalities.

I. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos y el desarrollo del mercado de las comunicaciones móviles han experimentado un crecimiento espectacular a lo largo de la última década, básicamente impulsado por el exitoso despliegue de las redes GSM, en un entorno competitivo y orientado a un mercado de masas y globalizado. Actualmente la tecnología GSM [1] evoluciona hacia GPRS [2], un proceso mucho más complejo y con retos mucho más importantes de los que se preveían unos años atrás.

A pesar de las dificultades experimentadas por el sector en los últimos años, parece que hay consenso en augurar que el mercado de las comunicaciones móviles seguirá siendo uno de los más dinámicos en el ámbito industrial, y uno de los pilares fundamentales que deberían permitir la consecución de los objetivos planteados en la cumbre europea de Lisboa de marzo de 2000, que fijó el objetivo de convertir Europa en la economía más competitiva y dinámica del mundo para el año 2010, posteriormente confirmado en la cumbre europea de Barcelona de marzo de 2002, en que se reconoció la importancia de las comunicaciones móviles 3G para el progreso de la sociedad de la información.

El panorama que puede vislumbrarse en el ámbito de las comunicaciones móviles para los próximos 10 años parece apuntar las siguientes fases, que irán imponiéndose de manera gradual y con posibles solapamientos entre ellas, y donde las

propias fuerzas del mercado así como los impulsos regulatorios pueden influir en la extensión de las mismas. En particular, el proceso puede exponerse en base a:

1. Una primera fase centrada en el plano de los servicios y aplicaciones, donde las actuaciones se dirigen al desarrollo de servicios multimedia que respondan a necesidades de los usuarios, que tienen ya asumidas las potencialidades de los sistemas móviles centrados en la voz pero que parece no perciben de la misma forma la introducción de nuevas componentes de servicio. Desde el punto de vista tecnológico, la introducción de la tecnología GPRS proporciona una base suficiente para soportar las aplicaciones esperadas.
2. Una segunda fase centrada en el plano tecnológico, donde las actuaciones se dirigen al despliegue de redes móviles de mayor ancho de banda para soportar la cada vez mayor demanda de servicios multimedia diversos, con predominancia de los servicios basados en IP [3]. Además, las tecnologías deben responder a la cada vez mayor sofisticación de los servicios, que requieren la provisión de mecanismos de QoS extremo a extremo. Dichas tecnologías pueden responder a necesidades parciales y plantearse en base a modelos de negocio diferentes, con lo que en esta fase acompañan a las redes ya existentes (básicamente GSM y GPRS) nuevas tecnologías como WLAN (dominado por IEEE 802.11e, incluyendo mecanismos de QoS), UMTS (fundamentalmente en su modo de operación UTRA-FDD) y EDGE (como extensión de GSM/GPRS) así como, posiblemente, nuevos interfaces aire.
3. Una tercera fase centrada en la integración de redes y tecnologías, como elemento que debe permitir la realización del concepto ABC (Always Best Connected), donde se pretende la posibilidad de comunicación en cualquier lugar, en cualquier momento y a través de la tecnología más apropiada [4]. Este panorama de interconexión de múltiples tecnologías, que se ha bautizado con el nombre de 4G o también se refiere como “beyond 3G”, debe responder al objetivo último de extender a este entorno la provisión y garantía de QoS demandada por los usuarios, y para ello es primordial la

determinación de las arquitecturas, interfaces y protocolos más apropiados.

- Una cuarta fase, impulsada por cambios regulatorios que hoy en día se están empezando ya a discutir, considerar y evaluar a distintos niveles, siendo la identificación de nuevas bandas de frecuencia sólo el primer paso en este camino. Los cambios básicamente se centrarían en los conceptos de concesión, utilización y gestión del espectro radioeléctrico, que deberían permitir una gestión dinámica del mismo, en que una misma banda de frecuencia podría ser utilizada por diferentes operadores en distintos instantes de tiempo (gracias a la disposición de un broker de espectro similar al mercado de acciones cotizadas en bolsa) así como por distintas tecnologías (gracias a las capacidades de reconfigurabilidad de redes y terminales) [5].

Dentro del contexto anterior, el proyecto COSMOS (Ministerio de Educación y Ciencia, Ref. TEC2004-00518) tiene como principales objetivos:

- Analizar, evaluar y proponer arquitecturas en el marco de redes móviles heterogéneas.
- Analizar, desarrollar, proponer y evaluar estrategias de gestión de recursos radio en un contexto de redes móviles heterogéneas integradas que permitan un uso eficiente de los mismos a la vez que satisfacer los requisitos de calidad, capacidad y cobertura que estén establecidos.
- Demostrar, mediante aplicaciones multimedia basadas en IP, la bondad de las consideraciones realizadas mediante el desarrollo de un demostrador de laboratorio que soporte los principales aspectos anteriores.

Con respecto a la componente tecnológica, se pretenden alinear las actividades de investigación sobre las que realizar aportaciones cubriendo tanto la componente de acceso radio como la componente de red troncal, ya que sólo de esta manera se puede abordar la problemática de la QoS extremo a extremo. En particular, se considerarán las tecnologías de acceso radio GSM/GPRS/EDGE, UMTS y WLAN (IEEE 802.11), ya que parece haber consenso en que los escenarios de redes heterogéneas futuros contemplaran, al menos, éstas tecnologías. Por otro lado, dado el impacto que tendrá la flexibilidad en la asignación y uso del espectro radioeléctrico, que no sólo puede ser usado por distintos operadores a lo largo del tiempo sino también por distintas tecnologías (esto es, una misma banda la utiliza por ejemplo en T0 el operador A para GPRS y en T1 el operador B para UMTS), debe contemplarse como objetivo del proyecto la consideración de estos aspectos en el desarrollo de los algoritmos. Finalmente, puesto que el despliegue exitoso de las arquitecturas de redes heterogéneas y sus correspondientes algoritmos de gestión de recursos radio dependen en gran medida de su viabilidad económica, esta componente se tendrá muy en cuenta en los trabajos de investigación desarrollados, abordándolos desde una perspectiva techno-económica. Para ello, la ganancia asociada a los diferentes esquemas no se evaluará en escenarios particularmente favorables o adecuados sino en escenarios

prácticos y relevantes. Adicionalmente, se considerarán los aspectos relativos a la complejidad de implantación y/o integración de las diferentes soluciones.

La orientación de estos objetivos está también reforzada con las prioridades definidas en el área IST (Information Society Technologies) del Sexto Program marco de la Unión Europea, dentro de la temática y objetivos estratégicos “Mobile and Wireless Systems Beyond 3G”. En efecto, en ella se consideran como líneas la definición de [6]:

- Una Red de Acceso Generalizada, incluyendo interfaces aire novedosos, basados en una infraestructura IP flexible y común, que soporte movilidad y resulte escalable.
- Técnicas avanzadas de gestión de recursos para la Red de Acceso Generalizada que permita el uso óptimo del espectro escaso, permitiendo la asignación dinámica del espectro y la contribución a la reducción de la radiación electromagnética.
- Roaming global para todas las tecnologías de acceso, con handovers verticales y horizontales con provision de servicios de forma transparente a los mismos, con capacidad de negociación en cuanto a movilidad, seguridad y QoS.
- Interconexión entre redes de acceso y red troncal tanto a nivel de servicio como plano de control, incluyendo servicios avanzados y gestión de red compuesta.
- Arquitecturas avanzadas que permitan la reconfigurabilidad a todos los niveles (terminal, red y servicios).

II. ARQUITECTURA B3G

Como arquitectura de referencia se considera un entorno de redes móviles heterogéneas (beyond 3G), compuesto de GERAN (esto es, GSM/GPRS y su extensión EDGE), UMTS y WLAN. Según se muestra en la Figura 1, se contempla: el User Equipment (UE), que se asume capaz de operar con los diferentes interfaces radio, la Radio Access Network de las diferentes tecnologías: UMTS (UTRAN, modo FDD), compuesta de Nodos B y RNC, GERAN, compuesta de BTS y BSC (con PCU para soportar GPRS) y WLAN (IEEE 802.11), compuesta de AP, la Core Network (con sus elementos de conmutación de paquetes, PS, y de conmutación de circuitos, CS) y, finalmente, una red troncal externa basada en IP

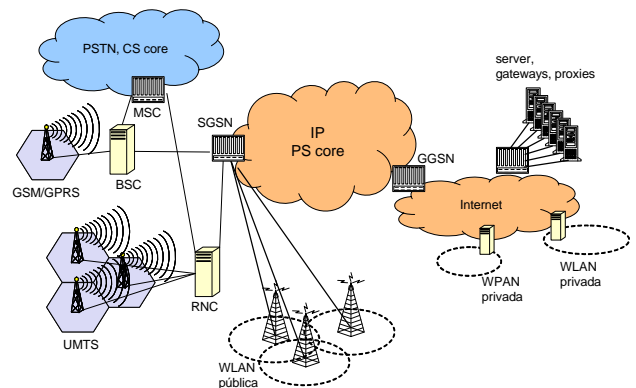


Figura 1. Arquitectura de referencia de partida

III. ARQUITECTURA QoS

Siguiendo el marco de la arquitectura UMTS end-to-end, en caso de presentarse un escenario de redes heterogéneas con capacidad de gestión común de los recursos radio, puede visionarse una arquitectura global como la reflejada en la Figura 2. El elemento denotado como Wireless QoS Broker sería la extensión del Radio Access Bearer Manager en el caso UMTS con las funcionalidades adicionales derivadas del entorno de redes heterogéneas, con la necesidad de gestión del conjunto de RANs consideradas (UMTS, GERAN, WLAN).

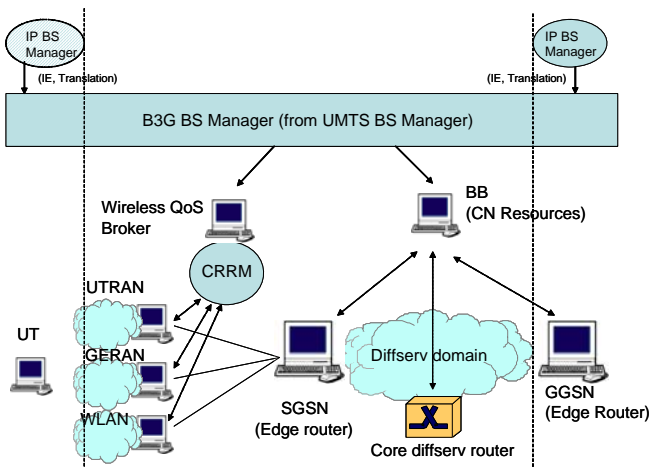


Figura 2. Arquitectura de QoS end to end con redes heterogéneas

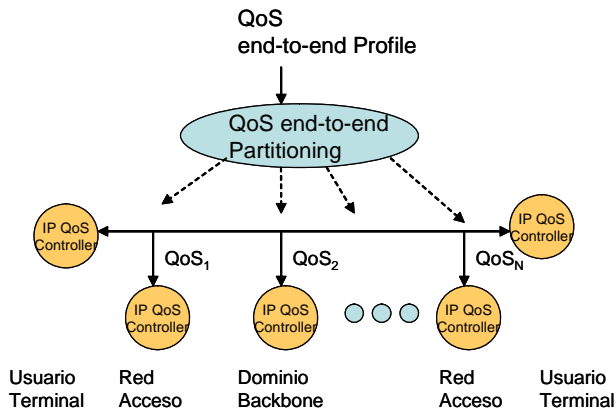


Figura 3. Síntesis de la partición de QoS entre dominios

En cuanto a la entidad CRRM, se plantean dos posibilidades, una de ellas en forma de CRRM Server (se sitúa un servidor más allá de las redes de acceso radio, conectadas con las mismas a través de un interfaz abierto) y la otra en forma de CRRM Integrado, en que los aspectos de CRRM se encuentran físicamente en la RNC (caso de UMTS) y/o BSC (caso GSM).

La visión que puede tenerse para el procedimiento de garantía de QoS extremo a extremo incluye tres pasos para el establecimiento de la sesión end-to-end: 1) Negociación a nivel

de aplicación, 2) Distribución y reserva de recursos y 3) Bearer set up. Una vez una sesión está autorizada a un cierto perfil de QoS, los parámetros deben decidirse y distribuirse en todos los controladores de QoS de los dominios involucrados. Nótese que dichos dominios pueden estar basados en modelos o estrategias de QoS diferentes, tal y como muestra la Figura 3.

En cuanto a la descomposición por dominios y la negociación de los diferentes requerimientos, puede considerarse tanto una aproximación distribuida, en la que cada dominio propone la parte de QoS que puede asumir, como una aproximación centralizada, que requeriría una entidad específica que distribuyera los papeles entre los diferentes dominios. Por tanto, aunque cada dominio pueda implementar mecanismos de provisión de QoS diferentes, es importante la existencia de una especificación común de los parámetros y las métricas de QoS.

IV. CRRM Y SM

Las funcionalidades previstas de reconfigurabilidad de los futuros terminales y redes heterogéneas permitirá el desarrollo e introducción de nuevas capacidades que lograrán una significativa mejora en el uso y gestión del espectro radioeléctrico y los recursos radio. La reconfigurabilidad permitirá cambiar de forma suave la banda de frecuencia de operación así como el interfaz aire. Así, se visiona que ya no será necesario asignar frecuencias concretas a tecnologías concretas sino compartirlas en tiempo entre distintas tecnologías. Este panorama claramente requiere el replanteamiento de los modelos actuales a nivel técnico, económico y regulatorio.

En este marco, se identifican las siguientes funcionalidades:

1. Spectrum management (SM), con el objetivo de considerar nuevas metodologías de aprovechamiento de la flexibilidad espectral en un lugar y momento dado. Las estrategias pueden aplicarse a través de la asignación/desasignación de espectro a operadores (Dynamic Spectrum Allocation, Flexible Spectrum Allocation) y/o a usuarios (Spectrum Pooling).
2. Common Radio Resource Management (CRRM), con el objetivo de inventar, desarrollar e integrar nuevas soluciones que permitan la operación optimizada sobre las capacidades espectrales disponibles en un momento y lugar dado al tiempo que proporcionar QoS en el marco de redes heterogéneas. El impacto en términos de planificación de red deberá tenerse, por tanto, en consideración.
3. Radio Resource Management (RRM), con el objetivo de considerar algoritmos apropiados y prácticos (esto es, implantables según las especificaciones de los diferentes sistemas) que permitan la gestión eficiente de una RAN determinada. Las funciones generales a considerar incluyen: control de admisión, control de congestión, scheduling de paquetes, handover, control de potencia, gestión de códigos (UMTS), etc.

Un aspecto primordial en este contexto es la interacción entre SM, CRRM y RRM, en el que se plantea una estratificación a

tres niveles, como muestra la Figura 4. Los algoritmos que se puedan proponer deberán contemplar, además de aspectos técnicos como puede ser la política de balance de carga entre las diferentes redes, cuestiones económicas como el coste asociado a las diferentes decisiones SM, CRRM y RRM, realizándose por tanto el diseño de los algoritmos desde una perspectiva tecno-económica. Igualmente, los aspectos de retardo en las decisiones, carga de señalización en la red, etc. deberán evaluarse, con el fin de determinar la frecuencia de actuación de los diferentes estratos. Como planteamiento inicial puede asociarse a cada estrato un escala temporal distinta, que podría ir del orden de milisegundos en el caso RRM al orden de segundos para CRRM y del orden de minutos o horas para SM.

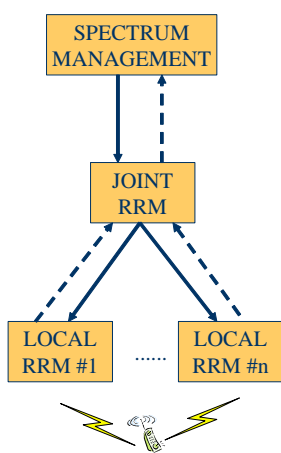


Figura 4. Visión de la interrelación entre SM, CRRM y RRM

V. ARQUITECTURA TESTBED

La implantación del testbed arranca del demostrador desarrollado en el marco del proyecto GLAMOUR, correspondiente al Plan Nacional de I+D+I 2000-2003. La Figura 5 muestra la realización física del mismo.

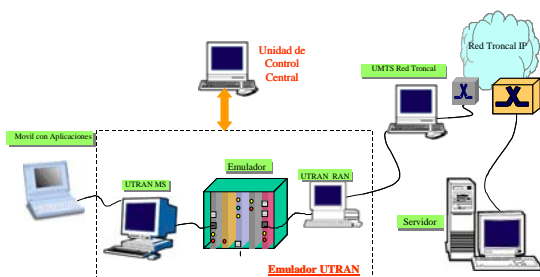


Figura 5. Estructura del demostrador GLAMOUR

Uno de los principales elementos del demostrador GLAMOUR que son directamente aplicables al demostrador COSMOS es la estructura de gestión de las comunicaciones entre los diferentes componentes del demostrador, a través de un mecanismo de computación distribuida en tiempo real diseñado sobre plataformas con sistema operativo Linux de núcleo modificado, y que es la base que debe permitir el

funcionamiento en tiempo real del demostrador, característica clave para poder demostrar aplicaciones multimedia reales.

Por su parte, la Figura 6 muestra el diagrama de bloques del demostrador planteado. Como puede verse, esta estructura responde a los principios de la arquitectura de redes heterogéneas (obsérvese que hay varios bloques RAN, representando las diversas redes de acceso radio y dentro de los cuales se asume que existirían las funcionalidades RRM individuales de cada una de ellas), en las que se incorpora un elemento de gestión de recursos radio común CRRM (obsérvese que el diagrama de bloques pretende identificar la presencia de este elemento, que en función de la arquitectura que se entienda más apropiada se implantaría como CRRM Server o CRRM Integrado). Adicionalmente, se contemplan los mecanismos de gestión de la QoS end-to-end (managers y controladores de QoS). También se contempla una red troncal IP basada en DiffServ y gestionada a través de un Bandwidth Broker.

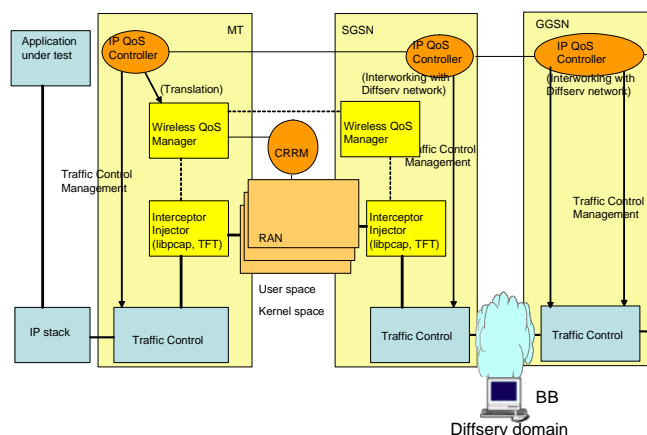


Figura 6. Diagrama de bloques del demostrador COSMOS

VI. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del proyecto COSMOS, co-financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (Ref. TEC2004-00518) así como por fondos FEDER.

VII. REFERENCIAS

- [1] MOULY, M., PAUTET, M.B., *The GSM System for Mobile Communications*, publicado por los autores, 1992
- [2] ANDERSSON, A., *GPRS and 3G Wireless Applications*, John Wiley & Sons, 2001.
- [3] USKELA, A., "Key Concepts for Evolution Towards Beyond 3G Networks", *IEEE Wireless Communications*, Febrero 2003, pp. 43-48.
- [4] GUSTAFSSON, E., JONSSON, A., "Always Best Connected", *IEEE Wireless Communications*, Febrero 2003, pp. 49-55.
- [5] MITOLA, J., "The Software Radio Architecture", *IEEE Communications Magazine*, Mayo 1995, pp. 26-38.

[6] <http://www.cordis.lu/ist/so/mobile-wireless/home.html>