

GESTION INTEGRADA DE REDES DE ACCESO RADIO CELULARES 2G, 2.5G Y 3G

O. Sallent, J. Pérez-Romero, X. Gelabert, J. Nasreddine, R. Agustí,
F. Casadevall, A. Umbert, J. Olmos

Universitat Politècnica de Catalunya

Contacto: sallent@tsc.upc.edu

Abstract- Common Radio Resource Management (CRRM) represents a key functionality in heterogeneous Beyond 3G scenarios where several radio access technologies coexist. In this context, this paper presents a general CRRM functional model, accompanied by different splits of functionalities between the involved entities. This paper also introduces several principles for the Radio Access Technology (RAT) selection problem and presents a specific algorithm that is able to combine in a smart way the service, load-balancing and interference principles. Throughput improvements of up to 24% compared to other reference approaches are obtained with the proposed algorithm.

I. INTRODUCCIÓN

El concepto de redes móviles heterogéneas pretende introducir una arquitectura abierta y flexible para integrar diversas tecnologías de acceso radio, aplicaciones y servicios con distintos requisitos de QoS (Quality of Service). Un escenario típico de redes heterogéneas lo componen varias Tecnologías de Acceso Radio (RATs del inglés Radio Access Technologies), cada una con su correspondiente Red de Acceso Radio (RAN, del inglés Radio Access Network), y una red troncal (CN, del inglés Core Network) común. Entre las RANs se incluyen redes celulares como UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) con los modos FDD (Frequency Division Duplex) y TDD (Time Division Duplex) y GERAN (GSM/EDGE Radio Access Network). Estas redes, a su vez, pueden estar subdivididas en capas (macro, micro y picocélulas) según el área de cobertura prevista y la capacidad requerida. Además, redes de acceso no celulares como las WLAN son habituales en concentraciones de tráfico elevadas (hot spots). La infraestructura de red troncal suele incluir la componente de conmutación de circuitos (CS) y de conmutación de paquetes (PS), proporcionando interconexión con redes externas.

Las redes de acceso móviles difieren entre sí en la tecnología del interfaz radio, tamaño de las células, capacidad de acceso, cobertura, etc. No obstante, una gran variedad de servicios puede soportarse sobre varias de las RANs desplegadas. La complementariedad que estas diferentes redes ofrece la posibilidad de explotar la

ganancia por multiplexado que resulta de la consideración conjunta de las distintas redes como un todo, en lugar de verlas como elementos disociados. Así, la capacidad de interconexión e interoperación entre RANs heterogéneas puede permitir un comportamiento global superior al que se obtendría con los comportamientos acumulados a nivel individual.

La consecución de este reto requiere la incorporación de nuevas estrategias de gestión de recursos radio conjuntas, denominadas CRRM (Common Radio Resource Management) [1]-[4], que tomen en consideración el conjunto de recursos radio ofrecido por las diversas RANs.

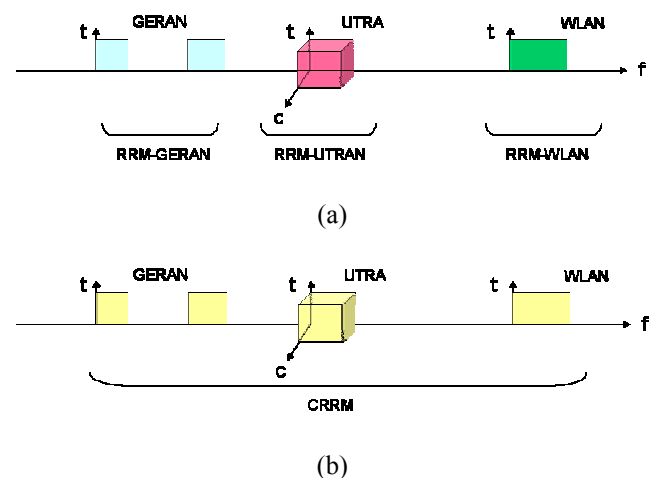


Figura 1. Visión de RRM para cada RAT individualizada y visión conjunta CRRM.

Los escenarios de operación actuales son ya multi-RAT, y la disponibilidad de terminales multi-modo va en aumento, permitiendo a los usuarios acceder a más de una RAN. En el futuro, los terminales podrán virtualmente acceder a cualquier tipo de sistema gracias a la explotación de los circuitos RFIC (Radio Frequency Integrated Circuits) [5] y las capacidades de reconfigurabilidad de la mano del SDR (Software Defined Radio) [6].

En este marco, la presente contribución incorpora dos elementos novedosos esenciales: por un lado presenta un marco claro sobre el que desarrollar las estrategias CRRM incluyendo un modelo funcional y los correspondientes

aspectos de implantación, mientras que por otro lado propone un algoritmo concreto como solución avanzada, avalada por resultados de simulaciones detalladas a nivel de sistema.

II. MARCO DE DESARROLLO DE CRRM

El modelo funcional considerado en el 3GPP [7] para la gestión de recursos radio común incorpora la entidad RRM (Radio Resource Management), la cual lleva a cabo la gestión de recursos radio dentro de una RAN, y la entidad CRRM, que lleva a cabo en la gestión coordinada de los distintos conjuntos de recursos radio correspondientes a las diferentes RANs.

Las funcionalidades de RRM incluyen [4]: control de admisión, control de congestión, handover horizontal, scheduling de paquetes y control de potencia. Cuando estas funcionalidades se consideran a nivel coordinado entre diferentes RANs se denotan como “common” en la medida en que toman en consideración información sobre el estado de las diferentes RANs para tomar una cierta decisión. Además, en el contexto de las redes heterogéneas aparece una nueva funcionalidad: la selección de RAT, consistente en decidir en cada instante cual es la RAN más apropiada para soportar una cierta conexión.

La selección de RAT aplica tanto en el instante inicial de establecimiento de llamada/sesión, como a la largo de la evolución dinámica de la misma. Las decisiones que impliquen un cambio de RAN una vez la conexión está iniciada se soportan a través de los procedimientos de handover vertical. Los cambios de RAN pueden venir motivados por ejemplo para evitar la desconexión a causa de pérdida de cobertura en la RAN actual, bloqueo debido a sobrecarga en la RAT actual, posible mejora de la QoS con un cambio de RAT, soporte de las preferencias de usuario y/o operador con respecto a la disponibilidad de diferentes RANs, etc. En definitiva, los procedimientos de vertical handover proporcionan un grado de libertad adicional en la gestión de los recursos radio [1].

En cuanto a la distribución de las funciones de gestión de recursos radio entre las entidades RRM y CRRM se admiten diversas soluciones. Por ejemplo:

- No atribuir funciones a la entidad CRRM: Este sería el caso en que, aún y cuando varias RANs coexisten en el mismo escenario, no se contempla la operación coordinada de las redes. La selección de RAN se lleva a cabo sin conocimiento alguno de las condiciones en las que se encuentran las demás RANs disponibles en el escenario.
- Atribuir a la entidad CRRM las funcionalidades a largo plazo, como la selección conjunta de RAT o el control de congestión conjunto, que permiten aprovechar las condiciones de diversidad que genera la disponibilidad de múltiples RANs.
- Atribuir también a la entidad CRRM las funcionalidades a corto plazo, en cuyo caso las entidades RRM se reducen a un mínimo (por

ejemplo incluyendo el control de potencia). Claramente, la incorporación en un futuro de la capacidad de mantener múltiples conexiones en paralelo con múltiples RANs (multihoming) facilitaría la integración de las funciones a corto plazo en la entidad CRRM.

A nivel de arquitectura de interconexión, el modelo GAN (Generic Access Network), permite ver la WLAN como una tecnología adicional a UTRAN y GERAN. En este sentido, una posible visión de la arquitectura a medio plazo es la mostrada en la Figura 2, donde se explicita también la posibilidad de combinar el control de los recursos radio y de la red troncal.

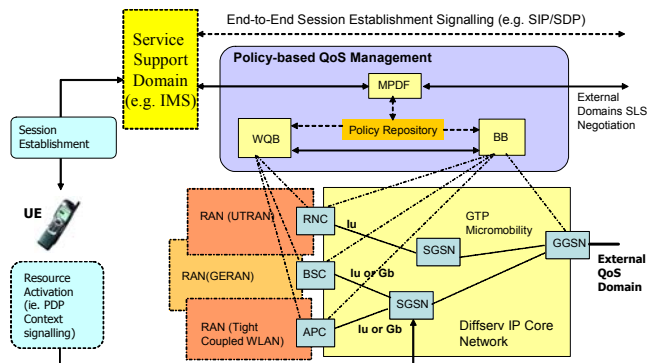


Figura 2. Visión de la arquitectura B3G con la integración de UTRAN, GERAN y WLAN.

III. ESTRATEGIAS DE SELECCIÓN DE RAT

La selección de RAT puede venir condicionada por diferentes factores, como son la accesibilidad de la red, disponibilidad de recursos radio, adecuación de la RAT para soportar la QoS requerida por el servicio, preferencias del operador, preferencias del usuario, etc. Más concretamente, algunos de los principios a considerar son:

1. Selección de RAT basada en el tipo de servicio, estableciendo una correspondencia entre un servicio determinado y una lista priorizada de RATs preferidas.
2. Selección de RAT basada en balanceo de carga, intentando distribuir la carga de la manera más uniforme posible entre las diferentes tecnologías.
3. Selección de RAT basada en consideraciones de interferencia, de manera que se pretende anticipar los efectos que la asignación de una cierta conexión a las diferentes RATs tendría en términos de interferencia, y seleccionar aquella que tenga un menor impacto.

IV. ALGORITMO PROPUESTO

Claramente, un algoritmo de selección de RAT avanzado puede contemplar varios de los principios anteriores, asignándoles diferentes grados de prioridad en función de las condiciones de operación del escenario. Como ejemplo, y considerando un escenario con UTRAN y GERAN en el

que se soporta tráfico de voz y tráfico interactivo, se propone y evalúa un algoritmo que, en esencia, contempla: (a) preferencia de UTRAN para el tráfico interactivo (b) para el tráfico de voz la RAT se selecciona en función de las pérdidas de propagación del usuario con respecto a ambas tecnologías (si son menores que un cierto umbral L_{th} se selecciona UTRAN, de modo que en general serán los usuarios más próximos a la estación de base los que estén conectados a UTRAN mientras que el resto estarán conectados a GERAN, lo que contribuye a una importante reducción de las interferencias). La Figura 3 muestra el diagrama de flujo detallado del algoritmo propuesto.

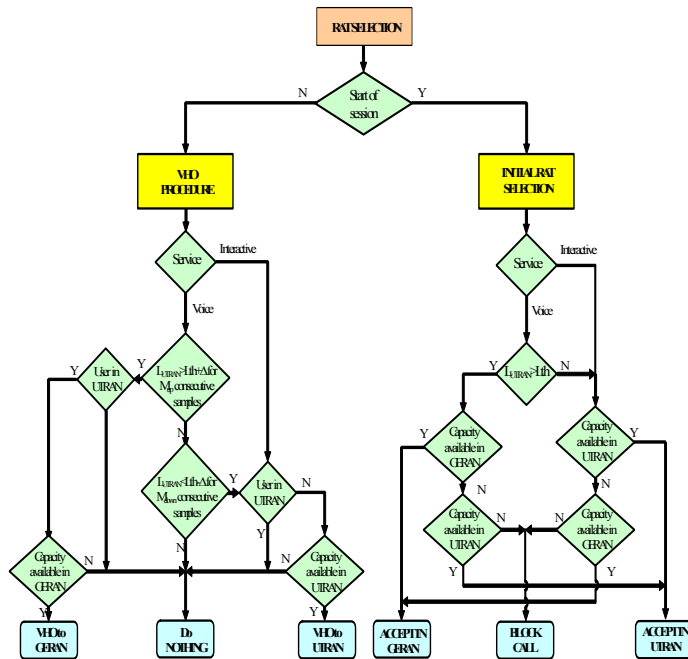


Figura 3. Diagrama de flujo detallado del algoritmo propuesto.

A efectos de evaluación del algoritmo propuesto, se considera un escenario con 7 células GERAN y 7 células UTRAN-FDD. La distancia entre emplazamientos es de 2 km. Cada célula GERAN dispone de 3 portadoras, mientras que para UTRAN-FDD se asigna una única portadora. El modelo de propagación corresponde a un entorno urbano macrocelular, con un desvanecimiento lognormal de 10 dB de desviación típica y una distancia de decorrelación de 20 m. Los terminales se desplazan a 3 km/h.

En UTRAN, la potencia disponible en el Nodo-B es de 43 dBm, de los cuales 33 dBm se dedican a los canales comunes de control. La potencia máxima por conexión es de 41 dBm. La potencia máxima del terminal en el uplink es de 21 dBm. El ruido térmico es de -104 dBm en el uplink y -100 dBm en el downlink. Para GERAN, la potencia de la base es 43 dBm, niveles de ruido en uplink y downlink de -113 dBm y -117 dBm respectivamente y potencia máxima del móvil de 33 dBm.

La Radio Access Bearer (RAB) para usuarios de voz en UTRAN es de 12.2 kb/s. El servicio interactivo se soporta

con canales DCH haciendo uso del procedimiento TCTS (transport channel type switching procedure). La RAB considerada asume una velocidad máxima de 64 kb/s en el uplink y 128 kb/s en el downlink. Para GERAN, el servicio web se soporta con canales PDCH (Packet Data Channel). Se supone que los terminales tienen capacidades EGPRS (Extended General Packet Radio Service). Se aplica adaptación de enlace en periodos de 1 s para escoger el esquema de modulación y codificación que permite máxima velocidad de acuerdo con la relación señal a ruido medida. La máxima velocidad de transmisión se corresponde con el esquema MCS-7 (44.8 kb/s por slot). Entonces, para una multislot class de hasta 2 slots uplink y 3 downlink, las velocidades máximas alcanzables son de 89.6 kb/s uplink y 134.4 kb/s downlink. Con ello, en terminales de velocidad máxima, se consideran capacidades similares en UTRAN y GERAN.

Con respecto a un algoritmo clásico de load balancing, se encuentra que el algoritmo propuesto presenta ganancias en términos de throughput total de hasta el 25%. En particular, el throughput máximo por célula obtenible en el enlace descendente en un escenario con únicamente usuarios de voz es de 4.6 Mbit/s, frente a 3.7 Mb/s alcanzables con un algoritmo de balanceo de carga. Véase la Figura 4.

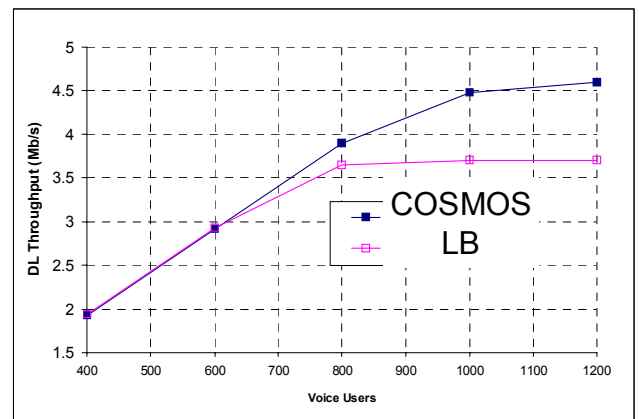


Figura 4. Throughput agregado para el algoritmo propuesto comparado con LB (Load Balancing).

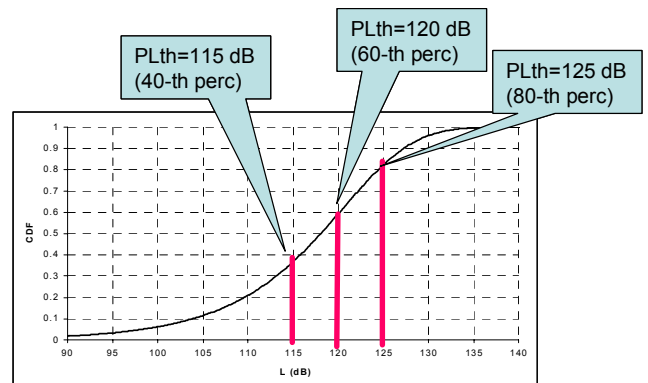


Figura 5. Distribución de probabilidad de las pérdidas de propagación en el escenario considerado.

La extensión del resultado anterior para diferentes mix de servicios, niveles globales de carga así como parametrizaciones del algoritmo propuesto, no mostradas en esta contribución por razones de brevedad, permiten sintetizar las componentes dominantes en cada caso y ofrecer una panorámica de la estrategia dinámica a seguir por el operador para mantener una capacidad maximizada frente a condiciones variantes de tráfico en las dimensiones espacial y temporal. En este ejercicio debe destacarse la vinculación existente entre el parámetro L_{th} , el umbral de pérdidas de propagación que determina en gran medida la elección de UTRAN o GERAN, con la distribución de carga entre tecnologías. En efecto, la Figura 6 y 7 muestran como varía la distribución de carga entre RATs. Finalmente, la Figura 8 resume la definición más apropiada del parámetro en cada caso e identifica la componente dominante.

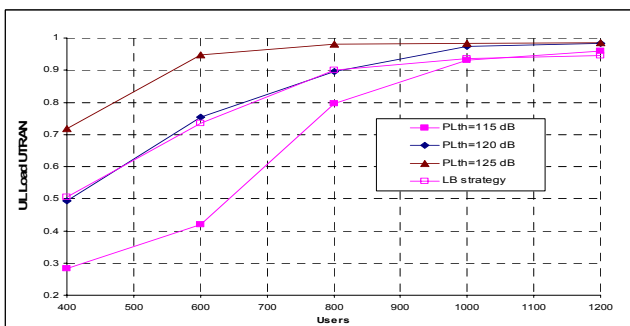


Figura 6. Distribución carga en UTRAN para distintos valores de L_{th} y para el caso LB.

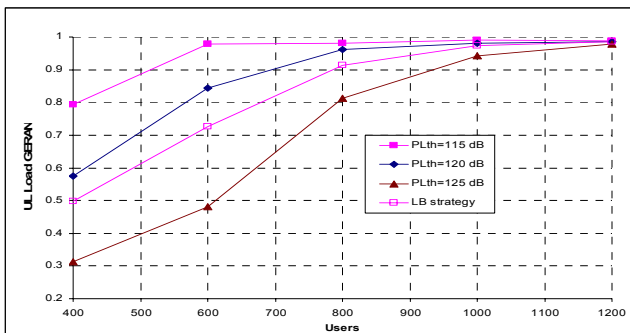


Figura 7. Distribución carga en GERAN para distintos valores de L_{th} y para el caso LB.

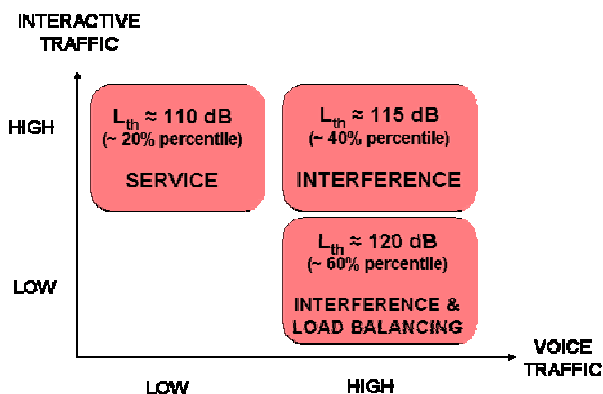


Figura 8. Parametrización óptima del algoritmo en los diferentes escenarios considerados.

V. CONCLUSIONES

Esta comunicación ha presentado una descripción funcional de la gestión común de recursos radio en redes heterogéneas. Se han identificado diferentes posibilidades de distribución de funciones entre las entidades RRM y CRRM. Además, se han presentado diferentes principios básicos para la selección de la RAT sobre la que soportar un determinado servicio, como son la componente de servicio, la de balanceo de carga o la consideración del impacto en términos de interferencia. A partir de aquí, se ha justificado que una solución avanzada combine varios de los citados principios, con lo que pueden conseguirse ganancias en términos de rendimiento global del orden del 25%. Además, se ha realizado un ejercicio de síntesis para la optimización del algoritmo en diferentes condiciones de operación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto COSMOS (CICYT Ref. TEC2004-00518), financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia así como por fondos FEDER.

REFERENCIAS

- [1] 3GPP TR 25.881 v5.0.0 "Improvement of RRM across RNS and RNS/BSS"
- [2] 3GPP TR 25.891 v0.3.0 "Improvement of RRM across RNS and RNS/BSS (Post Rel-5) (Release 6)"
- [3] A. Tölli, P. Hakalin, H. Holma, "Performance Evaluation of Common Radio Resource Management (CRRM)", IEEE International Conference on Communications (ICC 2002), Vol. 5, April, 2002, pp. 3429-3433.
- [4] J. Pérez-Romero, O. Sallent, R. Agustí, M.A. Díaz-Guerra, Radio Resource Management strategies in UMTS, John Wiley & Sons, 2005.
- [5] Robert Fan, "CMOS Enables Increased RF Integration in Multimode Mobiles", Comms Desig, nov. 03, 2004.
- [6] E2R White Paper: "Hardware Technology Exploration: Impact of Technology Evolution on E2R", Dec. 2005, <http://e2r.motlabs.com/whitepapers/>
- [7] 3GPP.- Third Generation Partnership Project (<http://www.3gpp.org>)
- [8] S. J. Lincke "Vertical handover policies for common radio resource management", International Journal of Communication Systems 2005; Published Online: 15 Mar 2005. DOI: 10.1002/dac.715.