

# Gestão de Recursos Multi-Rádio com Renegociação e Re-alocação de Chamadas

Hermes Irineu Del Monego <sup>1</sup>, José Manuel Oliveira <sup>2</sup>, Manuel Ricardo <sup>1</sup>

{[hmonego](mailto:hmonego@inescporto.pt),[jmo](mailto:jmo@inescporto.pt),[mricardo](mailto:mricardo@inescporto.pt)}@inescporto.pt

<sup>1</sup> Inesc Porto, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Rua Dr. Roberto Frias, 378, 4200-465, Porto, Portugal

<sup>2</sup> Inesc Porto, Faculdade de Economia, Universidade do Porto, Rua Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-464, Porto, Portugal

**Resumo:** O transporte de dados em redes sem fios é hoje um dos principais focos de investigação na área das telecomunicações. Um dos tópicos de investigação recentes é o que estuda a possibilidade de interligação das redes 3G (em particular da rede UMTS) e WLAN. Partindo das normas do 3GPP, este trabalho investiga a interligação de redes 3G e WLAN, de forma a identificar problemas existentes e indicar algumas possíveis soluções. A convergência destas redes implica, em particular, uma gestão eficiente dos recursos de rádio associados a cada uma das tecnologias de acesso. Neste artigo propõe-se um conjunto de soluções conducentes a uma gestão otimizada de um sistema integrado de redes WLAN e 3G gerido por um operador de telecomunicações.

**Palavras-chave:** Gestão de recursos; UMTS; WLAN; 3GPP; *Seamless mobility*.

## 1. Introdução

Nos últimos anos as redes móveis têm evoluído as suas arquitecturas de comutação de circuitos para um núcleo comum que consiste numa rede baseada no protocolo Internet Protocol (IP). Esta evolução possibilita antever que uma variedade de tecnologias de acesso sem fios, heterogéneas, tais como Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) e Wireless Local Area Network (WLAN), serão capazes de funcionar conjuntamente. Simultaneamente, os últimos desenvolvimentos tecnológicos apontam para terminais móveis inteligentes a múltiplas tecnologias de acesso. Uma das áreas de investigação actual estuda a interligação das redes de 3<sup>a</sup> geração (3G), em particular da rede UMTS, e redes WLAN. A interligação destas redes pode ser abordada sob diferentes pontos de

vista, sendo os mais importantes a continuidade do serviço, designada habitualmente por *seamless mobility*, e a utilização eficiente dos recursos de rádio.

Uma forte actividade nesta área tem existido ultimamente nos grupos de normalização ligados às telecomunicações. O projecto 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project (3GPP), em particular, está a desenvolver um estudo de viabilidade para fornecer a continuidade do serviço entre 3G e WLAN sem a percepção do utilizador (3GPP, 2007, 2007a, 2007b, 2007c). Em (Marquez, et al, 2005), os autores analisam as tecnologias existentes que possibilitam a integração entre WLAN e 3G. Esta integração é estudada na perspectiva das aplicações futuras, sendo analisados 5 cenários de interligação. Uma descrição detalhada destes cenários é apresentada em (3GPP, 2007), sendo aqui também analisado um sexto cenário que inclui a comutação por circuitos através de redes WLAN. A *release 8* do 3GPP, actualmente em estudo, concentra-se no cenário 5. Para este cenário estão a ser desenvolvidas soluções seguindo a abordagem *seamless mobility*, caracterizadas pela manutenção do serviço independente da tecnologia de acesso usada.

Partindo das normas do 3GPP, este trabalho investiga a interligação entre redes 3G e WLAN, de forma a identificar os problemas ainda existentes e indicar possíveis soluções. Percebe-se que a convergência de redes necessita de aperfeiçoamentos que permitam a um operador de telecomunicações gerir de forma eficiente os recursos disponibilizados pelas várias tecnologias de rede sem fios. A oferta de novos serviços requer da rede disponibilidade de recursos para suporte, em particular, de aplicações de banda larga, como por exemplo, serviços multimédia ou jogos através da Internet. Por outro lado, as redes WLAN têm tido uma penetração elevada, sendo encaradas pelos operadores como uma possibilidade de aumento da largura de banda para o utilizador.

Neste artigo propõe-se um conjunto de soluções que, no nosso entendimento, conduzem a uma gestão equilibrada de um sistema composto por redes WLAN e 3G. Na próxima secção são apresentados trabalhos na área da interligação de redes sem fios heterogéneas. A Secção 3 apresenta as estratégias habitualmente utilizadas na gestão conjunta de recursos multi-rádio. Na Secção 4 propomos uma nova estratégia para a gestão conjunta de recursos multi-rádio baseada na renegociação e/ou na re-alocação de chamadas. A Secção 5 apresenta um conjunto de cenários de utilização que ilustram a estratégia proposta. No final, a Secção 6 apresenta as principais conclusões do trabalho e aponta direcções para trabalho futuro.

## **2. Trabalhos Relacionados**

A Figura 1 ilustra a arquitectura de interligação entre redes 3G e WLAN definida pelo 3GPP.

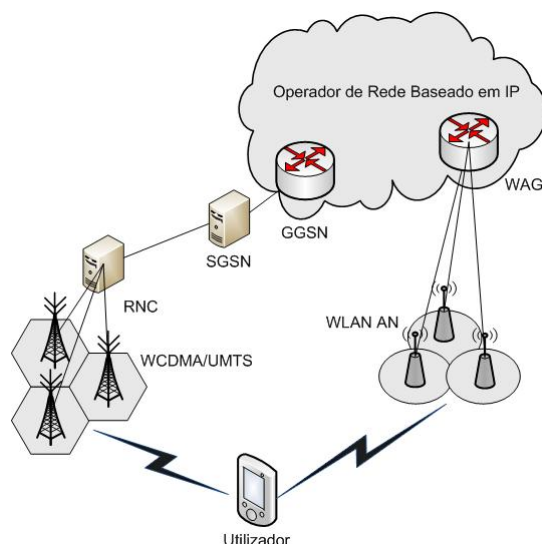


Figura 1 – Arquitectura genérica de interligação entre redes 3G e WLAN

Com base nas normas do 3GPP, alguns investigadores têm proposto arquitecturas com o intuito de tornar o tráfego entre as redes mais transparente. Em (Song, Lee & Cho, 2003) é proposta uma arquitectura híbrida entre UMTS e WLAN. Esta arquitectura explora as abordagens *tight coupling* e *loose coupling* para interligação das redes UMTS e WLAN, de acordo com o tipo de aplicação. Assim, para o tráfego em tempo real, usa-se a abordagem *tight coupling*, caracterizada por estabelecer caminhos de dados comuns para as redes UMTS e WLAN, possibilitando a continuidade de serviço quando ocorre uma mudança de rede, enquanto para tráfego estático usa-se a abordagem *loose coupling*, em que as duas redes utilizam caminhos de dados distintos, conduzindo a tempos de *handover* e perdas de pacotes maiores.

O uso de gestão de recursos multi-rádio é bem aceite nas telecomunicações, principalmente porque permite a aplicação de soluções com classes de Quality of Service (QoS). Isto é demonstrado em (Song & Zhuang, 2007), onde a manutenção de QoS é combinada com estratégias de controlo de admissão de chamadas. As interfaces de rede WLAN e UMTS são seleccionadas de forma a dar prioridade às classes *conversational* e *streaming*, com principal ênfase para o tráfego em tempo real nas redes WLAN.

Em (Zhuang, et al, 2003) são analisados três cenários de integração das redes UMTS e WLAN com base em políticas de QoS. Os cenários apresentados são:

- UMTS e WLAN pertencentes ao mesmo operador, onde um servidor hierárquico é colocado entre as duas interfaces para impor a política de QoS entre as redes;
- Uma rede WLAN partilhada por vários operadores, na tentativa de potenciar o ambiente sem fios. A solução neste caso é a partilha dos diferentes pontos de acesso para aumentar a cobertura de cada operador;
- Utilizadores de redes WLAN interligadas através de redes UMTS, onde um utilizador pode pertencer a uma rede WLAN particular, ou seja, um Internet Service Provider (ISP), ou até mesmo uma rede UMTS. Neste caso, um operador UMTS pode disponibilizar uma área maior de uso para quem tem a sua própria infraestrutura de rede WLAN.

Embora as estratégias utilizadas nos três cenários sejam aplicadas em ambiente interligado, elas não resolvem os problemas associados ao *seamless mobility*.

Um grupo de investigação importante nesta área é o *Radio Communication Research Group* da Universidade da Catalunha (Ieiita, 2008). Os investigadores desse grupo publicaram vários artigos relacionados com a gestão conjunta de recursos multi-rádio (Agustí, 2006). As estratégias definidas por este grupo utilizam mecanismos tais como lógica Fuzzy para demonstrar a técnica de selecção de RAT (Radio Access Technology). Segundo os autores, a gestão de recursos de rádio envolve o controlo de admissão de chamadas, o controlo de congestionamento de sistemas, o escalonamento de pacotes e o controlo de potência (Pérez-Romero, Sallent, & Agustí, et al, 2005a; Giupponi, et al, 2005, , 2006, ; Agustí, 2006).

O *Twente Institute for Wireless and Mobile Communications* (Twenty, 2008) é um grupo de investigação que se destaca pelas suas actividades em projectos no contexto da *release 8* do 3GPP, caracterizada pela utilização de tecnologia *seamless mobility*. Por exemplo, o projecto *Beyond3G* consiste num ambiente onde a manutenção do serviço é o objecto de investigação mais importante, independentemente da interface de rede usada. O propósito do projecto é manter o utilizador sempre ligado.

### **3. Estratégias de Gestão de Recursos Multi-Rádio**

Nesta secção são apresentadas cinco estratégias distintas habitualmente utilizadas para gerir, de forma conjunta, recursos multi-rádio. As próximas secções descrevem sucintamente o funcionamento de cada uma destas estratégias.

### **3.1. Gestão Baseada na Classe de Serviço**

Nesta estratégia, as chamadas são direccionadas para as interfaces de rádio de acordo com a sua classe de serviço. Assume-se que os terminais são multi-modo, isto é, podem operar com GSM EDGE Radio Access Network (GERAN), UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN) ou WLAN.

Em (Agustí, 2006) utilizam-se duas políticas. Na primeira, as chamadas de voz são enviadas pelo GERAN e o tráfego *interactive* pelo UTRAN. Na segunda, podem enviar voz por UTRAN e o tráfego *interactive* por GERAN. Se uma das RATs não estiver disponível, é seleccionada a outra. No caso de esta outra também não estar disponível, a chamada é bloqueada (Pérez-Romero, Sallent, & Agustí, 2006; Song & Zhuang, 2007).

Seguindo esta mesma estratégia, em (Bazzi, et al, 2006) é apresentada uma arquitectura em que se assume que utilizadores de World-Wide Web (WWW) e File Transfer Protocol (FTP) dentro de um *hotspot* são preferencialmente servidos por WLAN. Se a ligação for rejeitada pelo Call Admission Control (CAC) WLAN, estas chamadas são redireccionadas para o UMTS, onde poderão ser aceites pelo CAC UMTS. Por outro lado, as chamadas de voz são preferencialmente servidas pelo UMTS, mesmo dentro de um *hotspot*. Se, por falta de condições, as chamadas forem rejeitadas em UMTS, serão convertidas para Voice over IP (VoIP) e redireccionadas para o CAC WLAN. Novamente, este pode ou não aceitar a chamada. Nesta estratégia, os autores utilizam um CAC que se baseia na taxa de ocupação de canal. Esta técnica consiste em monitorar a taxa de ocupação de canal para obter débitos disponíveis para a admissão de novas chamadas. Esta estratégia de CAC foi apresentada também em (Bazzi, Diolaiti & Pasolini, 2005) e (Gu & Zhang, 2003).

### **3.2. Gestão Baseada no Balanceamento de Carga**

Esta estratégia caracteriza-se por as chamadas serem direccionadas para a interface que estiver com menor carga no momento da chamada. Este método pode ser mais vantajoso do que o apresentado na secção anterior, pois diminui a quantidade de chamadas bloqueadas (Agustí, 2006; Pérez-Romero, Sallent & Agustí, 2005; Ramirez, et al, 2006; Tolli, Hakalin & Holma, 2002).

### **3.3. Gestão Baseada na Qualidade do Sinal de Rádio**

Esta estratégia considera os recursos que um determinado utilizador pode ter dependendo da rede que utiliza, em função das características dessas redes. A UTRAN, por exemplo, devido às características do Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA), tende a sofrer degradação de sinal em ambientes interiores. Neste caso, os utilizadores em ambientes interiores são direccionados

para o GERAN e os utilizadores exteriores são direccionados para o UTRAN (Agustí, 2006; Pérez-Romero, Sallent & Agustí, 2005).

### **3.4. Gestão Baseada na Área de Cobertura**

Esta estratégia consiste em dar preferência às RATs com células de menor área de cobertura, por exemplo, o WLAN. Isto significa que em ambientes *hotspot* as chamadas são direccionadas para o WLAN até que ocorra a saturação desta rede. Depois, as células imediatamente maiores, por exemplo, o UMTS, são eleitas para receber as próximas chamadas e assim sucessivamente, com as células que virão a seguir em termos de área de cobertura (Ramirez, et al, 2006).

### **3.5. Gestão Baseada em Multi-Parâmetros**

Esta estratégia consiste na leitura de um conjunto de parâmetros, como por exemplo a qualidade do sinal, a carga da célula e a largura de banda. Em (Giupponi, et al, 2005) os autores utilizam um módulo de decisão baseado em Lógica Fuzzy e Redes Neurais, para escolher a RAT que recebe a chamada. As RATs disponíveis neste caso são o GERAN, o UTRAN e o WLAN. Os parâmetros de entrada considerados são a potência do sinal do dispositivo móvel e os recursos disponíveis nas três células. Outro parâmetro importante é a velocidade das estações móveis. Quanto maior é a velocidade, menor é a possibilidade de uma rede WLAN ser a escolhida. Os parâmetros de saída são o grau de confiança de uma RAT, que indica a ordem em que as diferentes RATs se encontram em termos de confiança para aceitação da chamada. Quanto ao WLAN, a largura de banda disponível depende do número de utilizadores ligados. Esta abordagem foi estudada também em (Giupponi, et al, 2005, 2006; Agustí, 2006).

## **4. Gestão Baseada na Renegociação e Re-alocação de Chamadas**

A estratégia de gestão de recursos multi-rádio proposta nesta secção pretende maximizar a utilização dos recursos de rádio disponíveis, satisfazendo ao mesmo tempo os requisitos de QoS das aplicações que utilizam as diferentes redes de acesso. O objectivo principal é permitir que um operador de telecomunicações controle o tráfego de dados, distribuindo-o uniformemente entre as tecnologias de acesso, introduzindo a possibilidade de renegociar os recursos necessários para o estabelecimento de uma nova chamada, assim como a possibilidade de durante uma chamada ocorrer a troca de tecnologia de rede.

A Figura 2 mostra a arquitectura do sistema de controlo de admissão de chamadas comum. A decisão da alocação de chamada é tomada pela rede de forma transparente para utilizador. Nesse sentido quando chega um fluxo proveniente de uma nova chamada, o método de decisão poderá sinalizar a admissão da chamada

tendo em conta os parâmetros de rede obtidos. Num primeiro momento, o módulo critério de QoS informa qual será o tipo de perfil necessário para a chamada ser admitida.

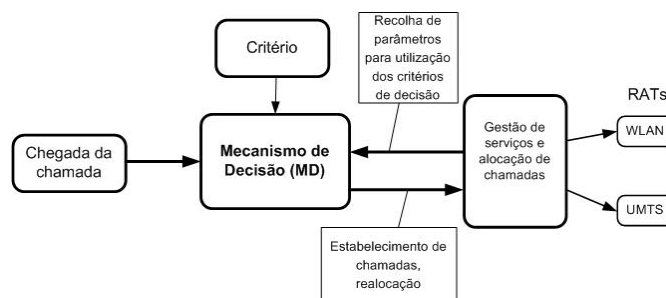


Figura 2 – Arquitectura do sistema de controlo de admissão de chamadas comum

Conforme mostra a Figura 2, o mecanismo de decisão (MD) decide que rede deverá encaminhar uma nova chamada. As chamadas serão admitidas de acordo com as classes de QoS e suas prioridades, *conversational*, *streaming*, *interactive* e *background*. As prioridades na admissão podem ser dadas de acordo com a característica de cada tipo de aplicação. Por exemplo, chamadas de VoIP terão prioridade sobre as chamadas de *streaming* de vídeo, devido à sua classe de QoS, e assim sucessivamente, aplicando-se em todas as novas chamadas que cheguem na rede.

Para que uma chamada seja admitida, a rede deve reunir condições para aceitar o seu débito médio (medido normalmente em kbps). Se uma das redes não reunir condições para tal, poderá ser decidido outro caminho. Os outros parâmetros de QoS associados a uma aplicação, tais como o atraso, a variação do atraso e a informação perdida, serão tidos em conta de forma a controlar as prioridades dadas ao tráfego.

Numa situação em que existam recursos livres nas duas redes consideradas, a estratégia de gestão de recursos multi-rádio que propomos é a de distribuir o tráfego de forma a manter um balanceamento das cargas entre as duas RATs.

O que diferencia esta estratégia das estratégias apresentadas na secção anterior é o comportamento do mecanismo de gestão de recursos de rádio em situações de rejeição de admissão de chamadas por falta de recursos nas redes. Nesta situação, propomos a utilização de dois mecanismos alternativos que podem ser usados com o propósito de reduzir o número de chamadas rejeitadas:

- Renegociação dos recursos solicitadas por uma chamada com a possibilidade de, mais tarde, poder-se atribuir à chamada os recursos originalmente pedidos;
- Re-alocação de uma chamada de uma rede para outra, depois de admitida, como forma de libertar espaço numa rede com falta de recursos (Figura 3).

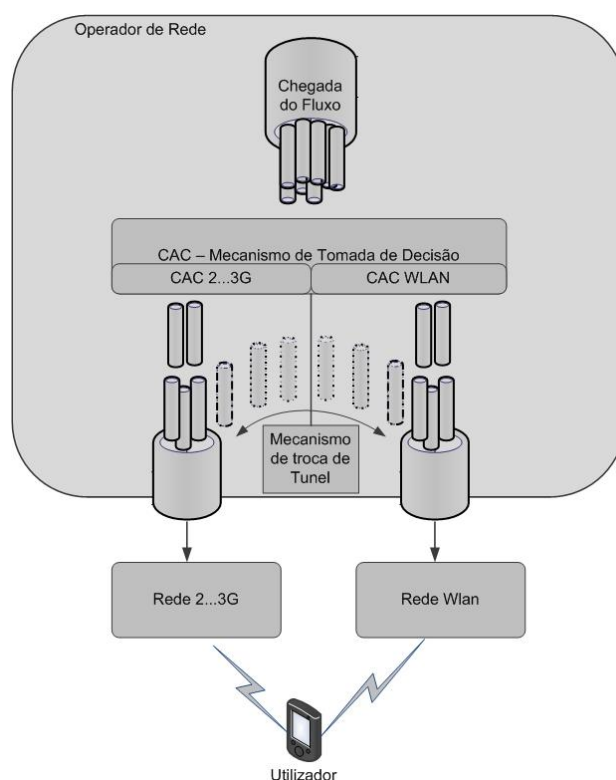


Figura 3 – Modelo do mecanismo responsável pela transferência de fluxos entre interfaces de rede diferentes

Estas duas abordagens serão utilizadas tendo por base a análise de um conjunto de parâmetros de rede recolhidos em cada RAT. Exemplos desses parâmetros são:

- QCA: Quantidade de chamadas activas em cada RAT;
- LBD: Largura de banda disponível (Kbps) - Esta variável existe para cada RAT;



- TCC: Classe da chamada - A informação das classes deve ser conhecida para a eventualidade de renegociação de perfil de QoS;
- TBAC: Débito alocado nas chamadas - Esta informação será utilizada para re-alocar a chamada, ou para renegociar o seu perfil de QoS.

Uma vez que os valores destes parâmetros são actualizados dinamicamente, o nosso mecanismo terá um comportamento adaptativo em relação às condições instantâneas da rede.

## 5. Cenários de Utilização

A Figura 4 apresenta um cenário em que não existe sobrecarga de nenhuma das redes. Neste caso, a estratégia a ser seguida consiste na equalização da rede, distribuindo as chamadas uniformemente pelos diferentes tipos de rede.

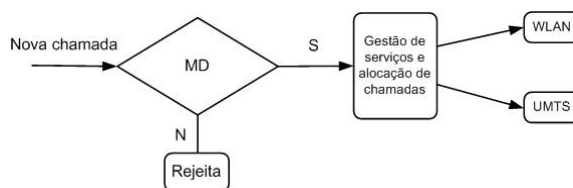


Figura 4 – Cenário sem sobrecarga das redes

Num cenário em que não existam recursos disponíveis em nenhuma das redes, a operadora accionará o mecanismo de renegociação de chamada (Figura 5). Assim, uma chamada poderá ser admitida com uma quantidade de recursos inferior aos valores inicialmente pedidos. Posteriormente, havendo disponibilidade de recursos, a chamada é novamente renegociada alocando-lhe os valores inicialmente solicitados.

Se o mecanismo de renegociação não for bem sucedido, o mecanismo de troca de túnel verifica a possibilidade de re-alocar ou não um fluxo de uma rede para outra, como forma de disponibilizar recursos para a aceitação da nova chamada (Figura 5). Percebe-se que este mecanismo dará uma maior flexibilidade à operadora, dinamizando o uso das redes e atingindo um diferencial importante na prestação dos serviços.

A decisão da operadora na re-alocação de chamadas pode ser tomada a qualquer momento desde que haja necessidade de balanceamento da rede. Assim, o número de chamadas rejeitadas pode diminuir, aumentando a satisfação dos utilizadores. Ao mesmo tempo, o lucro da operadora tende a aumentar ao manter o utilizador mais tempo ligado.

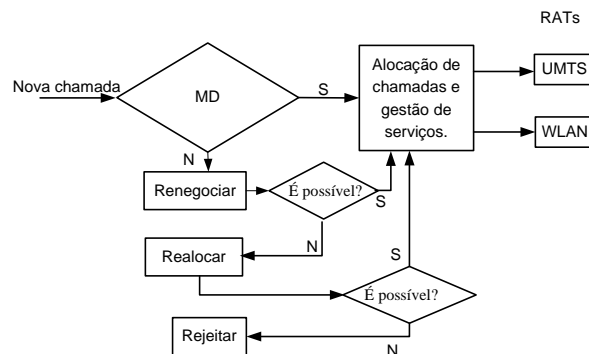


Figura 5 – Cenário com sobrecarga das redes

## 6. Conclusões

Neste artigo é apresentada uma estratégia de gestão de recursos de rede capaz de gerir os recursos disponíveis em diferentes interfaces de rede sem fios. Esta estratégia permite que o operador de telecomunicações decida por onde e quando encaminhar as chamadas que chegam ao núcleo da rede, tendo assim um controlo maior sobre os recursos das diferentes interfaces de rede. O facto de a operadora poder renegociar os recursos pedidos por uma nova chamada ou re-alocar uma chamada já admitida de uma rede para outra, de acordo com as suas conveniências (necessidade de recursos, balanceamento de interfaces, actividade promocional em ambientes *hotspot*, etc.), evidencia uma diferença acentuada relativamente às diversas propostas existentes nesta área. Por esta razão, entendemos que a nossa proposta seja mais vantajosa uma vez que permite uma gestão conjunta eficiente dos recursos multi-rádio.

Em termos de trabalho futuro pretendemos simular extensivamente a utilização dos mecanismos de renegociação e re-alocação de chamadas, de forma a comparar a estratégia de gestão de recursos multi-rádio com as estratégias presentemente utilizadas. Para além disso, pretendemos investigar a utilização de critérios tais como a mobilidade dos utilizadores ou a sensibilidade das aplicações às condições da rede na decisão da interface de rede a utilizar numa situação em que ambas as interfaces de rede tenham recursos disponíveis.

## Referências

3GPP(2007). 3GPP system to wireless local area network (WLAN) interworking. TR-23.234 v.7.5.0, Services and System Aspects Group.

- 3GPP(2007a). Feasibility study of mobility between 3GPP-WLAN interworking and 3GPP systems (release 8). TR-23.827 v.0.4.0, Service and System Aspects Group.
- 3GPP(2007b). Requirements for seamless roaming and service continuity between cellular and non-3GPP networks. TR-22.937 v.0.0.0, Service and System Aspects Group.
- 3GPP(2007c). Requirements on 3GPP system to wireless local area network (WLAN) interworking. TS-22.234 v.8.1.0, Services and System Aspects Group.
- Agustí, R. (2006). Radio resource management in beyond 3G systems. *IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, (MELECON'06)*, 569-574.
- Bazzi, A., Diolaiti, M. & Pasolini, G. (2005). Measurement based call admission control strategies in infrastructured IEEE 802.11 WLANs. *IEEE 16th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, (PIMRC'05)*, 2093-2098.
- Bazzi, A., Diolaiti, M., Gambetti, C. & Pasolini, G. (2006). WLAN call admission control strategies for voice traffic over integrated 3G/WLAN networks. *IEEE 3rd Consumer Communications and Networking Conference (CCNC'06)*, 1234-1238.
- Giupponi, L., Agustí, R., Pérez-Romero, J. & Sallent, O. (2005). A novel joint radio resource management approach with reinforcement learning mechanisms. *IEEE 24th International Performance, Computing, and Communications Conference (IPCCC'05)*, 621-626.
- Giupponi, L., Agustí, R., Pérez-Romero, J. & Sallent, O. (2006). A framework for JRRM with resource reservation and multiservice provisioning in heterogeneous networks. *Mobile Networks Applications*, 11(6), 825-846.
- Gu, D. & Zhang, J. (2003). A new measurement-based admission control method for IEEE 802.11 wireless local area networks. *IEEE 14th Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC'03)*, 2009-2013.
- Ieiit (2008). Istituto di elettronica e di ingegneria dell'informazione e delle Telecomunicazioni, <http://www.bo.ieiit.cnr.it/home.php>
- Marquez, F.G., Rodriguez, M.G., Valladares, T.R., de Miguel, T. & Galindo, L.A. (2005). Interworking of IP multimedia core networks between 3GPP and WLAN. *IEEE Wireless Communications*, 12(3), 58-65.
- Pérez-Romero, J., Sallent, O. & Agustí, R. (2005). Policy-based initial RAT selection algorithms in heterogeneous networks. *7th IFIP International Conference on Mobile and Wireless Communication Networks (MWCN'05)*, Marrakech, Marocco.

- Pérez-Romero, J., Sallent, O. & Agustí, R. (2005a). *Radio Resource Management Strategies in UMTS*. John Wiley & Sons, Ltd, Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England.
- Ramirez, S.L., Genoves, M.T., Navarro, M.F., Skehill, R. & McGrath, S. (2006). Evaluation of policy-based admission control algorithms for a joint radio resource management environment. *IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, (MELECON'06)*, 599-603.
- Song, J., Lee, S. & Cho, D. (2003). Hybrid coupling scheme for UMTS and WLAN interworking. *IEEE 58th Vehicular Technology Conference (VTC'03)*, 2247–2251.
- Song, W. & Zhuang, W. (2007). Multi-class resource management in a cellular/WLAN integrated network. *IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC'07)*, 3070-3075.
- Tolli, A., Hakalin, P. & Holma, H. (2002). Performance evaluation of common radio resource management (CRRM). *IEEE International Conference on Communications, (ICC'02)*, 3429-3433.
- Twenty (2008). Twente institute for wireless and mobile communications. <http://www.ti-wmc.nl/index.html>
- Zhuang, W., Gan, Y., Loh, K. & Chua, K. (2003). Policy-based QoS-management architecture in an integrated UMTS and WLAN environment. *IEEE Communications Magazine*, 41(11), 118-125.