

## Integração das Redes UMTS e IEEE 802.11 utilizando os protocolos MIPv6 e SIP

Antonia Diana Braga Nogueira\*, Saulo Passos Ramos,  
Bruno Góis Mateus, Miguel Franklin de Castro e  
Rossana Maria de Castro Andrade

Grupo de Redes de Computadores, Engenharia de Software e Sistemas (GREat)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Bloco 910 - Campus do Pici – 60.455-760 – Fortaleza – CE – Brasil

{diana, saulo, brung}@great.ufc.br, {miguel, rossana}@lia.ufc.br

**Abstract.** *The wireless local networks reach relatively high data transmission rates when compared to cellular networks. Hence, the cellular network operators have been considering wireless networks (e.g., IEEE 802.11) as a complement to their access networks. In this context, this article proposes the integration of UMTS and IEEE 802.11 networks using Mobile IP version 6 and Session Initiation Protocol. The modelling of this proposal is done with MSC and SDL.*

**Resumo.** *As redes locais sem fio atingem taxas de transmissão de dados relativamente altas quando comparadas às redes celulares. Sendo assim, as operadoras de redes celulares começaram a ver essas redes sem fio (e.g., IEEE 802.11) como um complemento às suas redes de acesso. Este artigo apresenta a integração das redes UMTS e IEEE 802.11 utilizando os protocolos Mobile IP versão 6 e o Session Initiation Protocol para prover o gerenciamento de mobilidade. A modelagem da proposta foi realizada utilizando as linguagens formais MSC e SDL.*

### 1. Introdução

Os sistemas celulares da Quarta Geração (4G), também conhecidos como *Next Generation Networks* - NGN, são constituídos por redes de tecnologias heterogêneas (e.g., GSM, GPRS, UMTS, redes locais sem fio) disponíveis ao usuário de forma transparente.

No entanto, um importante passo rumo ao acesso a essas redes de tecnologias heterogêneas de forma contínua e sem rupturas é a integração entre as redes locais sem fio (*Wireless Local Area Networks* - WLANs) e as redes celulares. É importante ressaltar que embora a taxa de transmissão das redes celulares tenha aumentado significamente (por exemplo, rede 2G até 14kbps e rede 3G até 2Mbps), ela é pequena se comparada com a de uma WLAN (até 11Mbps para redes 802.11b). Entretanto, a WLAN apresenta uma cobertura de curto alcance, em contraste com a alta cobertura das redes celulares.

Neste contexto, este artigo apresenta uma proposta de integração das redes 3G e WLANs. A rede 3G considerada é a rede UMTS e como exemplo de rede local sem fio, a rede IEEE 802.11 [IEEE 1999]. Essas redes diferem bastante entre si, mas elas podem ser complementares, o que é vantagem de uma rede pode ser a desvantagem da outra (e.g.,

---

\*Bolsista de mestrado (MDCC/UFC) financiada pela FUNCAP

cobertura, taxa de transmissão de dados, custo), caracterizando o benefício da integração dessas redes.

O gerenciamento da mobilidade é implementado com a utilização dos protocolos *Mobile IP* versão 6 (MIPv6) [Johnson et al. 2004] e *Session Initiation Protocol* (SIP) [Rosenberg et al. 2002]. Os protocolos são modelados através da linguagem formal SDL (*Specification and Description Language*), que foi definida pelo ITU-T na norma técnica Z.100 [ITU 1992] para especificar sistemas de telecomunicações. Neste artigo, denomina-se *Mobile Host* (MH) o usuário que inicia a sessão, e com quem ele fala, *Correspondent Host* (CH).

## 2. Trabalhos Relacionados

Pesquisas vêm sendo propostas para a integração das redes celulares e WLANs. Por exemplo, o 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) vem se preocupando com a integração desses dois sistemas e, em [TR22.934 2003], ele define seis níveis de integração. Os três primeiros níveis, já desenvolvidos pelo 3GPP, não dão suporte à mobilidade para a continuidade do serviço. Entretanto, os outros três níveis, que ainda estão sendo desenvolvidos, dão suporte à mobilidade para a continuidade dos serviços. Porém, somente no quinto nível é oferecido um acesso transparente aos serviços. O sexto nível permite ao usuário acessar os serviços baseados em comutação de circuitos, como ligações de voz, de uma WLAN.

Além disso, o ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) especifica, em [TR101.957 2001], duas arquiteturas de integração: *Tight Interworking* e *Loose Interworking*. Através da arquitetura *Tight*, a WLAN é conectada diretamente ao SGSN (*Serving GPRS Support Node*) da mesma forma que outras redes de acesso (e.g., GPRS RAN). Esta arquitetura tem como principal vantagem o fato de reutilizar os mecanismos de autenticação e gerenciamento de mobilidade da rede celular. Para isso, ela necessita de um elemento que entenda o funcionamento dos procedimentos da rede celular para poder interpretá-los para a WLAN. Entretanto, a arquitetura *Loose* não necessita que a WLAN se adapte às interfaces 3G, pois não reutiliza os processos de autenticação e mobilidade da rede celular. Porém, esta arquitetura, diferentemente da *Tight*, necessita de suporte externo para mobilidade, como, por exemplo, a utilização do *Mobile IP* [Perkins et al. 2002] [Johnson et al. 2004].

Em [Song et al. 2003], é proposto um esquema híbrido (*Tight* e *Loose*) para a integração das redes UMTS/WLAN. A entidade responsável pela integração é denominada APGW, a qual comporta-se de forma diferenciada dependendo do tipo do tráfego (comporta-se como um dispositivo *Tight* para tráfegos em tempo real e *Loose*, caso contrário). O protocolo de gerenciamento de mobilidade utilizado é o MIP versão 4.

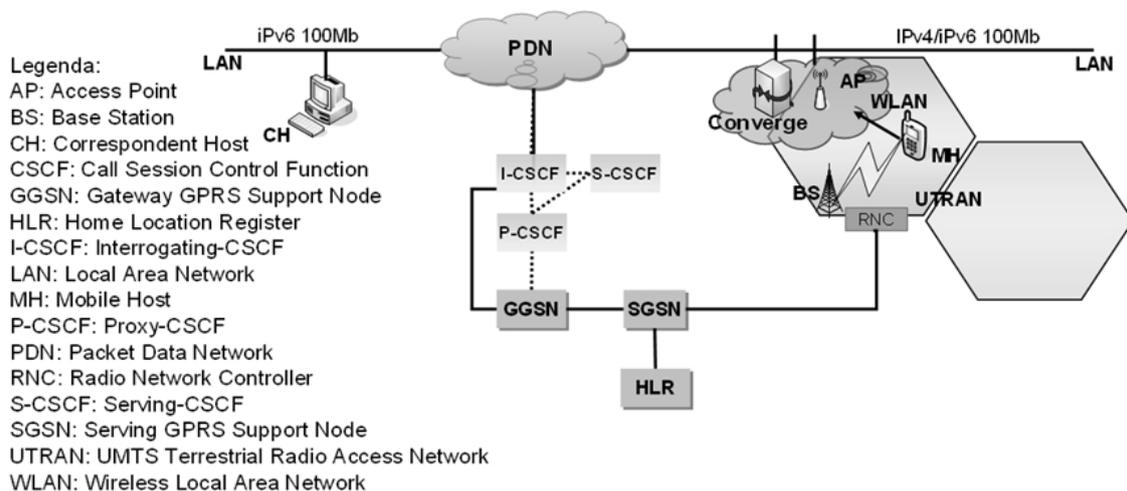
Em [Pinto et al. 2006], é proposta uma arquitetura a nível de núcleo à rede GPRS, referente ao nível 5 do 3GPP. Dois novos componentes são adicionados ao núcleo da rede: HNAC, que controla as WLANs, e o GHSN, que é responsável pelo gerenciamento do contexto e acesso à *Internet*. Além das novas entidades inseridas, uma nova interface também deve ser adicionada para que o HNAC possa se comunicar com o SGSN com o intuito de promover o *handoff* vertical. A rede GPRS é considerada a rede primária e qualquer uso da WLAN é complementar. Para comprovar a proposta, os autores fizeram uma simulação utilizando o *Network Simulator* (NS).

### 3. Solução Proposta

A solução proposta é baseada no nível 4 do 3GPP e na arquitetura *Loose*. Desse modo, a rede 802.11 não precisa implementar as funções de mobilidade da rede celular e o usuário não precisa permanecer com a interface de rádio UMTS ativa. Entretanto, é necessário um protocolo de gerenciamento de mobilidade para a integração das redes. Os protocolos utilizados são: o MIPv6 e o SIP. Para processar as mensagens dos protocolos de gerenciamento de mobilidade foi inserida uma nova entidade de rede denominada *Converge*.

A *Converge* deve ser implantada em um computador com interfaces para as redes UMTS, 802.11 e *Ethernet*. Se a conexão na rede 802.11 falhar durante uma sessão de um serviço de um determinado MH para um CH, a entidade *Converge* informa a BS (*Base Station*) local para restabelecer a conexão do MH com a rede celular. Além disso, implementa o protocolo de gerenciamento de mobilidade (e.g., SIP, MIPv6) utilizado para entender e interpretar as mensagens do protocolo. Preocupa-se com o gasto de energia desnecessário do MH durante o gerenciamento da comunicação, visto que a energia é um recurso crítico dos dispositivos móveis. Caso, após uma sessão, o MH permaneça conectado a rede 802.11, ele pode ficar no estado *standby* e se alguma mensagem SIP (e.g., INVITE) chegar para ele, a entidade *Converge* interpreta a mensagem e então a repassa para o seu destino. Dessa forma, não é necessário que MH mantenha o agente SIP ativo para receber mensagens SIP, reduzindo o consumo de energia dos MHs.

A Figura 1 ilustra a arquitetura proposta neste artigo. Conforme mencionado anteriormente, é baseada na arquitetura *Loose*. Desse modo, cada rede funciona de forma independente da outra. Na figura 1 observa-se a rede 802.11 ligada a uma rede local



**Figura 1. Integração das redes UMTS e WLAN com a entidade Converge**

(LAN), o CH em uma outra LAN, o CN da rede UMTS, os servidores P-CSCF, I-CSCF e S-CSCF, os quais são responsáveis pela sinalização das sessões multimídia, e o HLR, que é a principal base de dados e contém as informações dos assinantes. Como nem todas as redes operam com IPv6, os pacotes IPv6 são tunelados como IPv4, permitindo que redes IPv6 se comuniquem mesmo que a conexão entre elas seja feito em IPv4 [Carpenter and Jung 1999]. Os usuários podem se deslocar entre as duas redes, desde que possuam dispositivos equipados com os módulos UMTS e 802.11.

3.1. Cenários de Integração

A Técnica de Descrição Formal (TDF) *Message Sequence Chart* (MSC) (i.e., Diagrama de Sequência) é usada para descrever o *handoff* entre as redes UMTS e 802.11. O processo de *handoff* é dividido em duas fases: o processo de decisão do *handoff*, onde o MH ou a rede decide quando executar o *handoff*, e a execução do *handoff*, onde após tomada a decisão, ocorre a execução do procedimento.

Os protocolos MIPv6 e SIP são utilizados para suportar a execução do *handoff* vertical. Quatro cenários de sucesso são considerados nessa proposta: *handoff* da rede UMTS para a rede 802.11 com o SIP; *handoff* da rede UMTS para a rede 802.11 com o MIPv6; *handoff* da rede 802.11 para a rede UMTS com SIP; e o *handoff* da rede 802.11 para a rede UMTS com MIPv6.

A troca de mensagens durante o *handoff* da rede UMTS para a rede 802.11 com o SIP é mostrada na Figura 2(a). O processo inicia com a detecção de uma rede 802.11. O usuário seleciona no seu dispositivo móvel a mudança para a rede 802.11. Em seguida, o MH e o AP (*Access Point*) iniciam o processo de associação e autenticação. O procedimento de autenticação, que permite que um dispositivo móvel UMTS seja autenticado em ambientes WLANs, é denominado EAP-AKA (*Extensible Authentication Protocol - Authentication and Key Agreement*) [Arkko and Haverinen 2006]. Nesse procedimento, o AP repassa as mensagens EAP do MH para o servidor AAA (*Authentication, Authorization and Accounting*) e vice-versa, e provê acesso à rede de acordo com o resultado da autenticação.

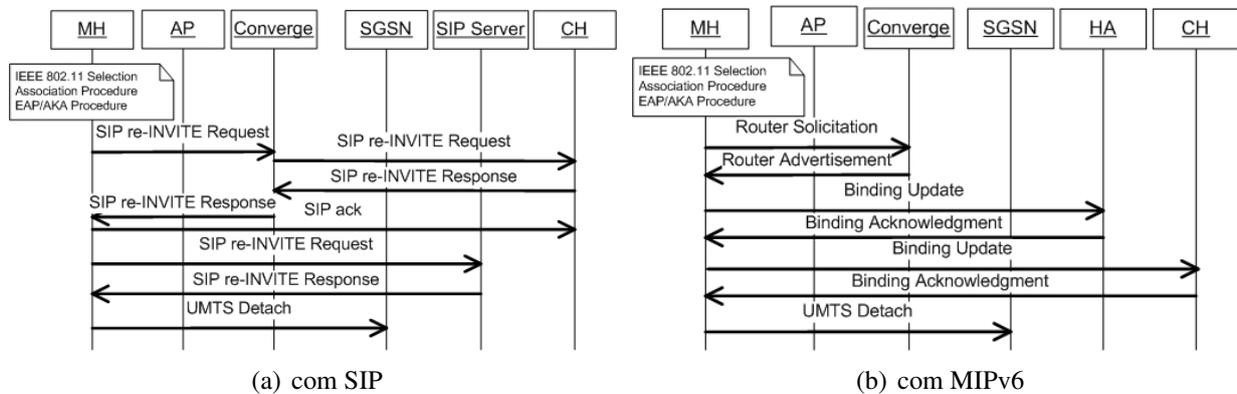


Figura 2. Troca de mensagens durante o *handoff* da rede UMTS para 802.11

Após o procedimento de autenticação, o MH deve convidar o CH para continuar a sessão que estava em andamento. Para tanto, o MH deve enviar uma nova mensagem de re-INVITE para o CH usando o mesmo identificador de sessão e deve indicar o novo endereço IP onde as futuras mensagens SIP devem ser entregues. Após esses passos, o fluxo de dados é restabelecido. Em seguida, o CH registra-se ao servidor SIP para atualizar a sua nova localização e, finalmente, envia a requisição de *detach* da rede UMTS.

A troca de mensagens durante o *handoff* da rede UMTS para a rede 802.11 com o MIPv6 é mostrada na Figura 2(b). Após o procedimento de autenticação com a rede 802.11, inicia-se o processo de registro MIP com seu HA (*Home Agent*) através da mensagem BU (*Binding Update*), onde o MH informa sua nova localização. O HA responde

com a mensagem BA (*Binding Acknowledgment*) para indicar que recebeu a mensagem contendo a nova localização. Em seguida, inicia-se o processo de atualização com o CH, enviando o BU e recebendo o BA.

O *handoff* da rede 802.11 para a rede UMTS com o SIP é mostrado na Figura 3(a) e com o MIPv6, na Figura 3(b), os quais são semelhantes aos processos citados anteriormente. As redes UMTS utilizam o processo de autenticação AKA, o qual provê autenticação mútua. O processo UMTS AKA segue o paradigma *Desafio-Resposta*, no qual o terminal deve responder a uma requisição da rede para que seja autenticado.

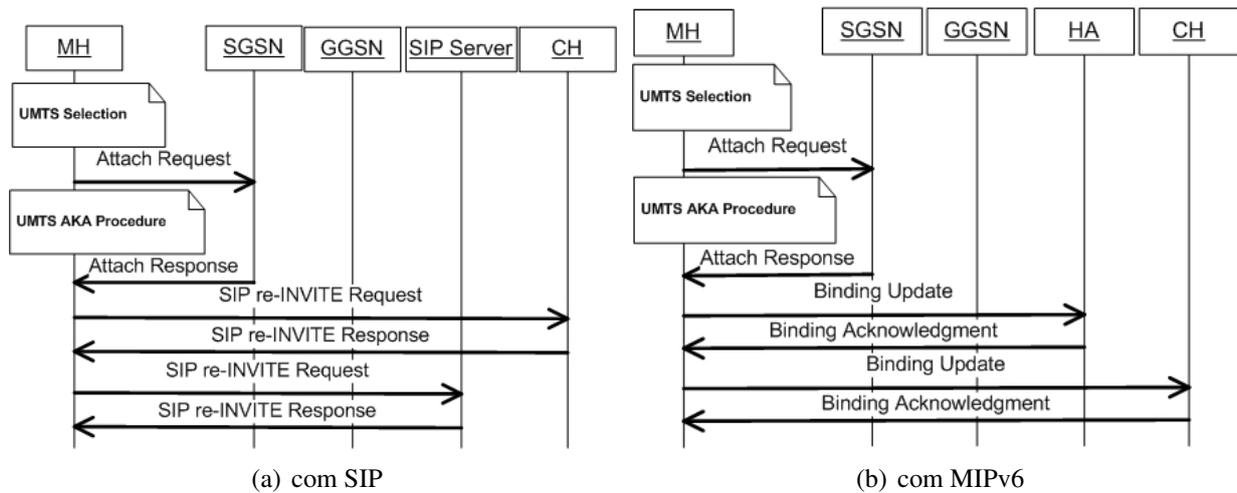


Figura 3. Troca de mensagens durante o *handoff* da rede 802.11 para UMTS

### 3.2. Modelagem com SDL

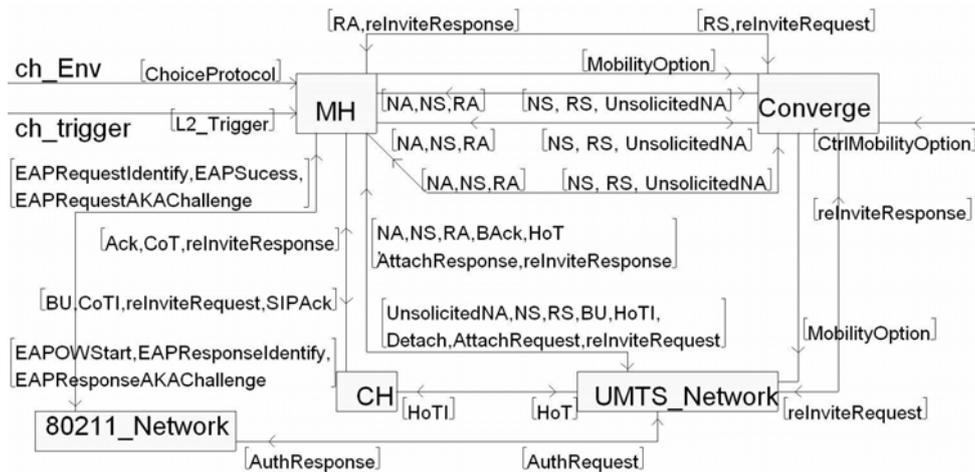


Figura 4. Sistema de Integração da redes UMTS e IEEE 802.11

A linguagem SDL é uma das TDFs mais utilizadas para a especificação e descrição de sistemas complexos e críticos. A escolha da SDL deve-se, em primeiro lugar, a facilidade de aprendizado e a disponibilidade de ferramentas. Além disso, ela é a linguagem formal adotada pelos órgãos de padronização dos sistemas celulares considerados neste trabalho.

A modelagem apresentada na Figura 4 foi realizada utilizando a ferramenta TAU *Telelogic* [Telelogic 2006], que oferece editores gráficos para a modelagem SDL bem como ferramentas adicionais para simulação e testes. No caso deste artigo, o mapeamento para a linguagem SDL foi feito com base nos MSCs apresentados na Seção 3.1.

#### 4. Conclusão

Este artigo apresentou duas abordagens em gerenciamento de mobilidade para a integração das redes UMTS e 802.11: uma baseada no SIP e outra no MIP, utilizando o IPv6 como protocolo da *Internet*. Foi realizada uma modelagem utilizando as linguagens formais MSC e SDL para a especificação do processo de *handoff* entre as redes 802.11 e UMTS. A validação da especificação em SDL é um dos trabalhos a ser finalizado. Ainda como trabalho futuro, pretende-se verificar a validade da proposta em um ambiente real através de um *testbed* que está sendo implantado na UFC. Outro importante trabalho futuro é o mapeamento dos requisitos de Qualidade de Serviço (QoS) a serem oferecidos pelas redes 802.11 com os requisitos de QoS das redes celulares UMTS.

#### Referências

- Arkko, J. and Haverinen, H. (2006). Extensible Authentication Protocol Method for 3rd Generation Authentication and Key Agreement (EAP-AKA). *RFC 4187*.
- Carpenter, B. and Jung, C. (1999). Transmission of IPv6 over IPv4 Domains without Explicit Tunnels. *RFC 2529*.
- IEEE (1999). Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band. *IEEE Standard*.
- ITU (1992). Specification and Description Language - SDL. *ITU-T Recommendation Z.100*.
- Johnson, D., Perkins, C., and Arkko, J. (2004). Mobility Support in IPv6. *RFC 3775*.
- Perkins, C., Roberts, P., and Patil, B. (2002). IP Mobility Support for IPv4. *RFC 3220*.
- Pinto, P., Bernardo, L., and Sobral, P. (2006). Seamless Continuity of PS-services in WLAN/3G Interworking. *Computer Communications*, 29(8):1055–1064.
- Rosenberg, J., Schulzrinne, H., Camarillo, G., Johnston, A., Peterson, J., Sparks, R., Handley, M., and Schooler, E. (2002). SIP: Session Initiation Protocol. *RFC 3261*.
- Song, J., Lee, S., and Cho, D. (2003). Hybrid Coupling Scheme for UMTS. *Vehicular Technology Conference*, 4:2247–2251.
- Telelogic (2006). TAU Generation. <http://www.telelogic.com>. Last access in November, 2006.
- TR101.957, E. (2001). Requirements and Architectures for Interworking between Hiper-LAN/2 and 3rd Generation Cellular Systems.
- TR22.934, G. (2003). Feasibility Study on 3GPP System to WLAN Interworking (Release 6).