

Conclusões

Este trabalho vem fornecer uma contribuição para um melhor entendimento do processo de realização de chamadas no UMTS bem como o seu aperfeiçoamento, no sentido de tornar a comunicação por voz no IMS competitiva, no que tange à eficiência em termos de gasto de energia, com a realização de chamadas pelo CS. Este último aspecto torna-se relevante na medida em que a grande maioria de chamadas nos sistemas celulares é realizada com o objetivo de manter-se uma conversação telefônica convencional.

Com efeito, pôde ser mostrado que, com a adoção de medidas relativamente simples e de fácil implementação, é possível reduzir-se, sobremaneira, o consumo de energia necessária à realização de chamadas de VoIP pelo IMS. De forma sumária, o trabalho mostrou que, para alcançar esse objetivo, devem ser tomadas as seguintes providências:

1. Otimizar o balanceamento de energia entre os canais de transporte, com o RRC fornecendo diretamente à camada física (componente *rate matching*) a quantidade de bits a serem repetidos ou suprimidos, em cada um. Para esse propósito foi desenvolvido o algoritmo de otimização enunciado na seção 4.4.3;
2. Otimizar o comprimento dos quadros RLC de forma a conseguir uma minimização do efeito de *padding*. A seção 4.1.1 apresenta o algoritmo que calcula a dimensão ótima para os quadros RLC;
3. Reduzir a quantidade total de bits a serem transmitidos. A seção 7 sugere a adoção dos seguintes procedimentos, para esse objetivo:
 - a. Alterar o CRC do canal de transporte de informação do IMS para 8 bits (ao contrário dos 16 bits utilizados pela recomendação pertinente do 3GPP), proporcionando cobertura de proteção apenas para os cabeçalhos dos pacotes;
 - b. Eliminar a transmissão do *checksum* do UDP pelo UE, com o seu recálculo na UTRAN, para posterior envio ao destino final;
 - c. Utilizar o RLC no Modo Transparente, com a consequente eliminação dos bytes de cabeçalho do Modo UM convencional.

Adicionalmente, o PDCP deve assumir a função de realização do *padding*;

- d. Utilizar TC3 para o canal de sinalização;
4. Utilizar o canal SRB de sinalização de 13,6 kbps, com o propósito de reduzir o tempo de retardo para o estabelecimento da conexão (seção 7.3);

Ressalte-se que, apesar deste trabalho ter focado os aspectos relativos à comunicação no sentido *uplink*, muitos dos resultados aqui apresentados são também aplicáveis no sentido *downlink*.

Também, como mencionado anteriormente, um dos principais objetivos deste trabalho foi alcançar níveis compatíveis de eficiência para a transmissão de voz, entre os modos IMS e CS. No entanto, muitos dos resultados aqui obtidos (principalmente os algoritmos de otimização do *rate matching* e do *padding*) são perfeitamente aplicáveis para o transporte de outras mídias, inclusive para os serviços multimídia que, na verdade, constituem o campo de utilização mais eficaz destes algoritmos.

Finalizando, pode-se afirmar, com segurança, que a adoção das técnicas aqui apresentadas, tornam o processo de comunicação por voz no IMS perfeitamente compatível com aquele executado pelo CS, no que se refere à energia total utilizada. Também ficam assegurados níveis semelhantes de retardo, para a fase de estabelecimento das chamadas.

Como sugestão de trabalhos futuros pode-se identificar os seguintes assuntos:

1. Na especificação dos *call flows* mostrada no Capítulo 3, não foi evidenciada a conversão de mensagens que deverá existir nas diversas interfaces de rede. Dessa forma, uma continuação do trabalho poderia prender-se à completa especificação do formato das PDUs, com os respectivos mapeamentos de parâmetros, nas interfaces de rede;
2. A aplicação do processo de otimização do *Rate Matching* poderia ser estendida a outros tipos de tráfego no UMTS que não somente voz;
3. Também a aplicação do processo de otimização do *padding* poderia ser aplicado a outros tipos de tráfego, o que levaria a uma necessária reconfiguração de RABs. Dada a abrangência deste método, estudos poderiam ser desenvolvidos visando a sua aplicação em redes fixas;

4. Com o advento do IPv6, poderia ser estudada uma forma mais conveniente e eficaz, de substituição do UDP *Checksum*;
5. O estudo aqui desenvolvido prendeu-se ao aspecto comparativo da transmissão de voz pelo CS e IMS no tocante ao consumo de energia dispendida na interface aérea. Caberia, também, um estudo mais detalhado de QoS que levasse em conta o retardo intrínseco do tráfego de VoIP;

No decorrer do desenvolvimento deste trabalho, a medida em que resultados inéditos iam sendo obtidos, foram escritos os artigos abaixo relacionados, sendo que até a presente data alguns já foram publicados e outros encontram-se em fase de análise para posterior publicação:

[17] Vale E., Brandão J.C., Grivet M., "Voice and Multimedia Call Procedures in UMTS Networks", I2TS 2005 - 4th International Information and Telecommunication Technologies Symposium, UFSC, December 14-16, 2005.

[21] Vale E., Brandão J.C., Grivet M., "Padding Optimization in UMTS", to be presented at PIMRC 2006 Conference, Helsinki, September 2006.

[30] Vale E., Brandão J.C., Grivet M., "UMTS Rate Matching Optimization", International Association of Science and Technology for Development - IASTED, CSA 2005, Banff, Canada, July 2005.

[31] Vale E., Brandão J.C., Grivet M., "Performance of Voice Calls with Rate Matching Optimization in UMTS Networks", submetido para publicação na revista da SBRT.

[42] Vale E., Brandão J.C., Grivet M., "Reducing the VoIP Packet Overhead in UMTS Air Interface", submetido para publicação na revista Telecommunications Systems.

[49] Vale E., Brandão J.C., Grivet M., "Techniques for Performance Improvement of IMS Voice Calls in UMTS Networks", submetido para publicação na revista da SBRT.