

1 INTRODUÇÃO

1.1. REDES DE ACESSO SEM FIO EM BANDA LARGA

Ao longo de seu desenvolvimento, a indústria de telecomunicações cresceu pela superposição de redes especializadas, cada uma dedicada a um novo tipo de serviço. Atualmente, uma importante e radical mudança neste cenário está em curso. Em todos os setores, os operadores estão mudando as características de suas redes para possibilitar o transporte de todos os tipos de tráfego. Companhias telefônicas instalam redes óticas e tecnologias xDSL, ATM e MPLS, com o objetivo de prover acesso à Internet de alta velocidade e serviços interativos multimídia. Companhias de TV a cabo estão incluindo fibras óticas e transmissão bidirecional com *cable modems* em suas redes, de modo a poder competir por usuários de voz, Internet, TV interativa, vídeo sob demanda e toda uma gama de serviços multimídia bidirecionais de banda larga. Novos concorrentes surgem, implantando redes baseadas em tecnologia Internet, com o objetivo de oferecer todos os tipos de serviço (voz sobre IP, dados, imagem e vídeo) sobre a mesma rede. Neste cenário de convergência, o uso de um único meio de transmissão sobre toda a rede não apresenta perspectivas favoráveis dos pontos de vista econômico e tecnológico. A solução eficiente parece ser o uso de redes híbridas como redes óticas de transmissão combinadas com redes de acesso sem fio em banda larga.

As redes celulares caracterizam-se por uma ampla cobertura, incluindo regiões urbanas, suburbanas e rurais, e altíssima penetração. Por outro lado, sua capacidade de transmissão de dados é limitada, mesmo para os novos sistemas de 3ª geração (3G), que embora permitam, teoricamente, taxas de pico de 3 Mbps, oferecem, na prática, taxas médias da ordem de 100 a 150 kbps por usuário. Além disso, os custos de utilização são ainda muito elevados. Já as redes locais de acesso sem fio, atualmente caracterizadas pela predominância do padrão IEEE 802.11 (tecnologia WiFi), apresentam altas taxas de transmissão por usuário

(tipicamente 2 a 20 Mbps), mas apresentam alcance limitado a cerca de 100 metros.

Preenchendo uma lacuna existente entre as redes celulares e as redes locais de acesso sem fio, foi desenvolvido recentemente um novo conjunto de padrões para equipamentos de redes metropolitanas em banda larga. O desenvolvimento foi coordenado pelo IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.*) com a participação da indústria, através de uma organização denominada WiMAX Forum, e contando com a participação de laboratórios de pesquisa em todo o mundo. É uma especificação bastante completa e inovadora, que chega com alto grau de maturidade e apresenta um grande potencial para se desenvolver dentro do mercado atual e futuro. Os novos equipamentos padrão IEEE 802.16, usualmente denominados WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), permitirão às redes de acesso sem fio banda larga suprir esta lacuna entre os sistemas 3G, de grande alcance e taxas de transmissão limitada e as redes WiFi, com altas taxas de transmissão mas alcance reduzido.

O novo padrão é apresentado em duas versões: o padrão IEEE 802.16-2004 tem aplicações em redes fixas ponto-multiponto nas faixas de 2 a 66 GHz; e o padrão IEEE 802.16e-2005, para a faixa de 2 a 6 GHz que permitirá mobilidade em aplicações ponto-área. Estes sistemas serão utilizados em regiões densamente urbanizadas (redes metropolitanas) para fornecer acesso direto à Internet a redes de dados corporativas, e ainda como infraestrutura de transporte (*backhaul*) para outras redes acesso, como as redes WiFi e as redes de telefonia celular. Além disso, seu baixo custo e rapidez de implantação permitirão também o atendimento a regiões de baixa densidade de usuários. Desta forma, o advento da tecnologia WiMAX tem gerado grande expectativa tanto da parte de grandes operadores tradicionais como de pequenos operadores, que visam mercados precariamente ou não-atendidos por serviços banda larga e mesmo de voz (pequenas localidades, bairros afastados, condomínios, associações de moradores e prefeituras).

O fato de que estes novos sistemas apresentam características próprias no que diz respeito à concepção, configuração e forma de operação, faz também surgir todo um novo conjunto de desafios tecnológicos e temas para a pesquisa aplicada nas áreas de redes, sistemas de telecomunicações e rádio-propagação. Em

particular, existe a demanda por metodologias e ferramentas computacionais associadas para planejamento de redes de acesso em banda larga.

1.2. OBJETIVOS E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Nesta dissertação é analisado o problema do cálculo de cobertura de redes WiMAX móveis, levando em conta as características do sistema, aspectos de propagação na faixa de 2 a 6 GHz, efeitos de interferência e o cálculo da capacidade do sistema.

Em sequência a esta introdução, no Capítulo 2 é apresentada uma descrição mais detalhada do padrão WiMAX, baseada na literatura técnica existente, mas que fornece as bases para o entendimento dos diversos aspectos envolvidos no planejamento do sistema. São descritas as características padrão, tais como a camada MAC e a camada física para aplicações móveis ([1], [2] e [3]), bem como as tecnologias empregadas ([4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11] e [12]).

O Capítulo 3 inclui as principais contribuições da dissertação. É analisado o modelo de propagação para o canal WiMAX móvel, o problema da interferência co-canal neste tipo de sistema, os fatores que limitam a cobertura e desenvolvidos os algoritmos para cálculo do raio das células e da capacidade do sistema. Programas desenvolvidos com base nestes algoritmos para cálculo da relação sinal interferência e o cálculo de cobertura e capacidade foram incluídos em anexos.

O Capítulo 4 apresenta um estudo de caso de cobertura WiMAX móvel para ilustrar a aplicação dos algoritmos desenvolvidos. Foi utilizada uma ferramenta computacional disponível para planejamento de sistemas móveis celulares, na qual o modelo de propagação e as características do sistema foram adaptados, dentro do possível, para aproximar a situação de sistemas WiMAX. Embora com algumas limitações, esta simulação permite observar diversos aspectos envolvidos no planejamento de cobertura para um sistema WiMAX móvel.

Finalmente, o Capítulo 5 apresenta as conclusões do estudo e sugestões para trabalhos futuros. A metodologia desenvolvida está sendo utilizada na implementação de uma ferramenta de software específica para o planejamento de redes WiMAX, utilizando plataformas de software para operação na Web.