

1

Introdução

O mundo colhe hoje os primeiros frutos de uma revolução das comunicações. As possibilidades de acesso à informação têm modificado dinâmicas sociais e implantado novas regras de trabalho, comércio e lazer. Em conjunto com a *www* e a troca de mensagens eletrônicas, a tecnologia celular é uma das vedetes desse já consolidado processo de mudança. O impacto comercial atingido tem gerado demandas para a convergência destas três tecnologias materializadas nos sistemas celulares de terceira (3G) e quarta geração [36, 39], que estão por vir.

É claro que o mundo sem fio não se limita apenas a 3G. Com o avanço tecnológico, o conceito de redes locais sem fio introduzido nos anos 80 é uma realidade comercial materializada pelo padrão IEEE 802.11, que segue a tendência de cobertura em picorregiões do tamanho de um andar de um prédio ou até de uma sala. O conjunto de aplicações sem fio para ambientes fechados (aplicações *indoor*) já transcende as comunicações, e hoje atinge outras áreas como a de segurança, sonorização e controle inteligente de máquinas e dispositivos de iluminação. Mais uma vez a forte demanda por novas aplicações impulsiona o desenvolvimento tecnológico e consequentemente, a criação de *chip sets* cada vez mais baratos.

O *design* e a otimização das aplicações rádio atuais têm sido possíveis graças à coleção de modelos de canal e de técnicas de simulação focadas na previsão de cobertura e taxa de transmissão. Para prever a performance de um receptor com um único sensor de faixa estreita, é razoável conhecer a potência do sinal recebido e/ou a distribuição da variação em amplitude (desvanecimento) do canal. Com o passar do tempo, esses modelos foram aprimorados com a adição de informações de espalhamento de retardos, importantes quando se tenta otimizar a performance de transmissão digital. No entanto, para os sistemas emergentes baseados em arranjos de múltiplos sensores, além do nível de potência do sinal, informações a respeito do retardo e do ângulo de chegada dos multipercursos de sinal se fazem

necessárias [28]. Ao conhecimento conjunto destes novos parâmetros do canal dá-se o nome de Caracterização Espaço-Temporal.

1.1

Estimação Espaço-Temporal e Sistemas Futuros

Nos últimos anos, vários serviços móveis têm sido propostos. Todos eles exploram as características espaço-temporais do canal para aprimorar sua gama de serviços e funcionalidades, melhorando assim sua performance.

1.1.1

Sistemas Baseados em Localização

Recentemente, a *Federal Communications Commission - FCC*, órgão norte-americano de regulamentação do setor, aprovou uma lei exigindo que as prestadoras de serviços móveis sejam capazes de localizar, em caso de emergência, uma determinada estação móvel.

Acopladas a esse serviço de segurança pública, outras funcionalidades comerciais, referentes a marketing direto, estão sendo pensadas.

1.1.2

Cancelamento de Interferência

Oriundos dos sistemas militares de comunicação, os sistemas de cancelamento adaptativo de interferência ganham popularidade na área comercial. Vários algoritmos de cancelamento de interferência têm origem na premissa que sinais desejados e interferentes partem de direções distintas e, desta maneira, poderiam ser distintos por sua direção de chegada. No entanto, esta afirmação não considera que, exceto no mais simples dos ambientes, tanto o sinal desejado quanto o interferente chegam de várias direções devido à distribuição espacial dos componentes de multipercurso.

1.1.3

Multiplexação por Divisão no Espaço

Uma terceira área de intenso desenvolvimento é a multiplexação adaptativa por divisão no espaço. Os sistemas celulares existentes tentam otimizar o recurso existente através de um sistema simples de reuso de espectro. Nesse sistema, células adjacentes usam conjuntos diferentes de frequências, e conjuntos adjacentes subsequentes reusam o mesmo espectro.

Este método é exequível devido ao grande gradiente de decaimento da potência do sinal com a distância, garantindo que uma célula receba pouca energia de uma outra célula que compartilha seu conjunto de frequências.

Novos sistemas, já popularmente conhecidos como sistemas de Antenas Inteligentes (adaptativas) [29] possibilitam conformar um feixe de sinal para um usuário em especial, e tem o desafio de aumentar a taxa de reuso de frequência, permitindo que cada estação rádio-base ajuste adaptativamente seu padrão de transmissão e recepção. O resultado pode levar inclusive ao uso de frequências ou códigos idênticos por células adjacentes. Como citado no tópico anterior, a eficácia desses novos métodos depende totalmente das características espaço-temporais do canal.

1.2

Objetivo

Dentro deste contexto o trabalho objetiva investigar uma possibilidade de caracterização espaço-temporal do Canal Rádio Móvel, utilizando a Técnica de Varredura em Frequência como geradora dos sinais medidos.

A Técnica de Varredura em Frequência já é bastante utilizada na caracterização da dispersividade temporal de canais móveis [43], porém para que seja possível realizar medidas espaço-temporais é necessário adaptar o já consolidado *setup*, os métodos de pós-processamento do sinal, além de investigar qual o impacto ocasionado por essas mudanças.

1.2.1

Apresentação do Trabalho

Para apresentar o trabalho realizado, esta dissertação foi dividida em sete capítulos. A abordagem se inicia com a já apresentada tentativa de inserir a pesquisa de parâmetros do canal dentro do contexto atual de comunicações móveis. Nos capítulos 2 e 3 será feita uma introdução mais detalhada dos conceitos de Canal Rádio Móvel e de Processamento de Sinais relacionados ao tema proposto. A montagem e configuração do *setup* estão no capítulo 4. A ferramenta de análise utilizada é explicada no capítulo 5. No capítulo 6 são descritos os cenários onde ocorreram as medidas e os resultados encontrados. O sétimo e último capítulo (capítulo 7) apresenta a conclusão e sugestões para trabalhos futuros.

1.3

Revisão Bibliográfica

As publicações que reportam medidas de ângulo de chegada têm data recente. Em 1989, Mohebbi *et al* [12, 13] fez medidas de ângulo de chegada em Leeds-Grã-Bretanha utilizando um sistema de abertura sintética para configuração planar, isto é, um único elemento é movido por diversas posições para simular um *array*. O posicionamento do receptor é ajustado com a ajuda de um sistema automático. Não foi utilizada a técnica de varredura em frequência com Analisador Vetorial. As medidas foram realizadas em ambiente urbano com e sem linha de visada direta. No processamento das medidas, Mohebbi utiliza janela de Hamming para diminuição de lóbulos laterais.

Para medidas *indoor*, a primeira publicação é de 1992, por Litva e Lo, em [18]. Esse trabalho teve configuração circular, com 5 pontos, mas também não utilizou um *array*, e sim abertura sintética. As medidas foram realizadas através da transmissão de uma portadora modulada.

Em 1997 e 2000, Rossi *et al* [25, 37] realizaram medidas *outdoor* em Paris com um *array* planar por abertura sintética. Em [25] foi feita uma comparação da análise das medidas por transformada de Fourier e pelo método de 2-D ESPRIT, método que permite que se consiga identificar o azimute, a elevação e o retardo do sinal. Em [37], as medidas são analisadas no domínio espaço-temporal. Também em 1997, Rossi *et al* [26] publicou medidas realizadas, com *array* anular, no topo de um edifício.

Em 1998, Litva *et al* [30] fizeram medidas em uma câmara anecóica, servindo-se de um *array* circular de 8 elementos. Não foi utilizado o Analisador Vetorial. A cada medida o *array* foi rotacionado em passos de $5,625^\circ$ de maneira a obter 64 matrizes de medidas para 64 diferentes direções.

Em 1999, Pahlavan e Tingley publicaram três trabalhos [32, 33, 34], utilizando um *array* circular com 8 elementos. Para a coleta de dados em cada antena, é usado um *switch* de 8 portas. Os autores sugerem que sejam feitas duas calibrações, sendo uma delas em uma câmara anecóica. A calibração, oferece uma possibilidade de conhecimento prévio do canal, pois, assim como em [30], são geradas 64 matrizes de medidas para 64 diferentes direções. Utiliza-se o Analisador Vetorial, numa extensão do trabalho do próprio Pahlavan em [16].

Em 2000, Tonello *et al* [40] fizeram medidas em 1,9 GHz, usando um *array* linear de 8 elementos fixos numa estação rádio-base. Essas medidas

serviram para caracterizar aspectos espaciais do canal rádio móvel e para testar um modelo espacial para o canal, desenvolvido na mesma obra, para o *IMT – 2000*. Também em 2000, Spencer *et al* [38] realizaram medidas de ângulo de chegada com o Analisador Vetorial e abertura sintética circular.

Mais recentemente, Pahlavan e Tingley [41] publicaram um trabalho que resume o “estado da arte” até aquele momento, além de acrescentarem dados de medidas por eles realizadas.

Como o foco principal do trabalho é sobre questões relativas a medidas espaço-temporais, esta revisão se limitou a observar publicações com este mesmo objetivo. No decorrer do texto, outros artigos serão citados. Na maioria das vezes reportam a conceitos básicos para análise de tempo e ângulo de chegada ou a técnicas de processamento de sinais.