

1 Introdução

1.1 Motivação

As técnicas de múltiplo acesso [14, 15] mais cogitadas nas propostas para os padrões de terceira geração (3G) envolvem alguma forma de DS/CDMA [10, 13] na qual os usuários podem transmitir simultaneamente na mesma faixa de frequências, sendo separáveis no receptor pela ortogonalidade, ou quase ortogonalidade, entre os sinais utilizados pelos diferentes usuários para transmissão da informação.

Contudo, essa técnica de múltiplo acesso tem seu desempenho limitado pela interferência de múltiplo acesso (IMA), devido à não ortogonalidade dos sinais dos diferentes usuários na recepção, e pelo efeito *near-far*, caracterizado por sinais com níveis de potência diferentes na recepção. Essas dificuldades acabaram por motivar o surgimento de uma nova área de pesquisa: a detecção multiusuário. Verdú, em [1], propôs o detector multiusuário ótimo, que padece de uma complexidade exponencial com o número de usuários ativos no sistema, o que torna o seu uso proibitivo em sistemas com grande número de usuários. Ficou no entanto estabelecido um limitante inferior para a probabilidade de erro de símbolo.

Vários receptores sub-ótimos foram propostos em seguida, como o decorrelator [2, 3] e o MMSE (*Minimum Mean Square Error*) [4, 9] que pertencem à classe dos receptores lineares e o PIC (*Parallel Interference Canceller*) [5, 6] e o SIC (*Serial Interference Canceller*) [7], canceladores subtrativos de interferência, que pertencem à classe de receptores não-lineares.

Além dos receptores básicos acima citados, existem também os receptores ditos híbridos, que combinam mais de um esquema de detecção multiusuário.

Os receptores multiusuário podem ser classificados ainda quanto à possibilidade de serem ou não, capazes de rastrear as mudanças das características do canal, sendo respectivamente adaptativos ou fixos.

1.2 Objetivo

Recentemente, em [17], foi proposto um receptor multiusuário híbrido composto pela concatenação de um receptor decorrelator ao final do qual é realizada uma detecção ótima por grupos.

De uma forma geral, ganhos de desempenho, ainda às custas de uma complexidade adicional, podem ser conseguidos, em sistemas de transmissão, adotando-se algum esquema de codificação de canal. Códigos convolucionais são particularmente atraentes, pelos ganhos de desempenho que proporcionam e por apresentarem uma estrutura característica da qual pode se tirar proveito quando do procedimento de decodificação dos sinais. Durante o processo de codificação, uma seqüência contínua de bits de informação é mapeada em uma seqüência contínua de símbolos codificados, através de uma máquina de estados finitos. À essa máquina de estados está associado um diagrama de estados. De fato, é possível descrever um código convolutacional por meio de um diagrama de estados, ou ainda por meio de uma treliça de codificação (ou decodificação).

É tarefa do decodificador estimar a seqüência de bits de informação transmitida, efetuando uma estimação de seqüência ótima no sentido de máxima verossimilhança (do inglês, *Maximum Likelihood Sequence Estimation*—MLSE). Essa busca pode ser implementada de forma ótima utilizando-se o Algoritmo de Viterbi [13]. O Algoritmo de Viterbi vai levantando a árvore de percursos candidatos (ou percursos "sobreviventes") da treliça, computando métricas de ramo e atualizando as métricas acumuladas dos percursos. Ao percurso com menor métrica acumulada está associada a seqüência de dados ótima no sentido MLSE. Para detecção em presença de ruído branco, a métrica utilizada é a distância de Hamming se o decodificador opera com *hard-decision*, ou a distância euclidiana se o decodificador opera com *soft-decision*.

O presente trabalho propõe estender e adaptar o receptor apresentado em [17] para o caso do enlace reverso de um sistema celular DS/CDMA com modulação M-PSK e codificação convolutacional. O receptor proposto é composto por quatro estágios.

O primeiro estágio, composto por um banco de filtros casados às seqüências de espalhamento na recepção, permite recuperar os sinais que haviam sido espalhados na transmissão.

O segundo estágio é responsável por eliminar a IMA no sistema. Trata-se do estágio decorrelator.

Na saída do estágio decorrelator, os sinais dos usuários são divididos em grupos, pelo estágio de agrupamento.

Finalmente, cada grupo formado tem seus sinais decodificados conjuntamente, pelo estágio de detecção ótima por grupos.

Propõe-se avaliar, através de curvas de desempenho, os ganhos obtidos ao se aliar técnicas de detecção multiusuário ao uso de códigos convolucionais.

1.3

Organização do Texto

O Capítulo 2 apresenta o modelo de comunicações adotado. O sistema de interesse é definido. Os diferentes elementos do sistema, tais como o transmissor, o canal, o receptor são abordados. O modelo matemático dos sinais é elaborado. O capítulo termina com uma análise qualitativa do receptor convencional empregado em sistemas DS/CDMA.

O Capítulo 3 define o conceito de recepção multiusuário. Alguns receptores multiusuário básicos são abordados. Os receptores Ótimo e Decorrelator são apresentados, tanto para o caso de sistemas que não empregam nenhum esquema de codificação de canal, quanto para o caso de codificação convolutacional.

A estrutura e o funcionamento do receptor proposto são assuntos do Capítulo 4. O receptor proposto pode ser dividido em quatro estágios, cada qual com sua funcionalidade. O capítulo também traz resultados de simulações do desempenho de um sistema DS/CDMA BPSK em canal AWGN com dois usuários ativos e equipotentes em três cenários diferentes, a saber: no primeiro cenário não é utilizado nenhum esquema de codificação de canal, no segundo é empregado um código convolutacional $(2, 1, 2)$ com *hard-decision*, e no terceiro, o mesmo código $(2, 1, 2)$ é adotado com *soft-decision*.

No Capítulo 5, resultados de simulações para sistemas DS/CDMA QPSK com 6 usuários são apresentados, utilizando o receptor proposto com estágio de agrupamento e decodificação ótima por grupos de dois usuários, para dois canais: AWGN e canal com desvanecimento Rayleigh.

No capítulo 6, o problema de estimação de canal é abordado. Tirando proveito da estrutura em forma de treliça novamente, e utilizando o conceito de Processamento por Percurso Sobrevivente, estimativas conjuntas das amplitudes complexas dos sinais no estágio de detecção por grupos são obtidas e confrontadas com estimativas obtidas de forma separada, no estágio decorrelator.

No Capítulo 7, são apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.