

# 1

## Introdução

CDMA (Code Division Multiple Access) é um dos vários métodos de multiplexar usuários em sistemas de comunicações sem fio. Em sistemas CDMA, os usuários são multiplexados por códigos distintos ao invés de bandas de frequências ortogonais, como em FDMA (Frequency Division Multiple Access), ou por slots ortogonais de tempo, como em TDMA (Time Division Multiple Access). Desta forma, todos os usuários podem transmitir ao mesmo tempo e a cada usuário é alocado todo o espectro de frequência disponível para transmissão. De fato, nestes sistemas a cada usuário é designada uma sequência ou forma de onda de assinatura distinta, que é empregada a fim de modular e espalhar o sinal contendo a informação. A transmissão usada neste tipo de acesso é, portanto, do tipo espalhamento espectral. O uso da sequência de assinatura é que permite ao receptor a separação da mensagem transmitida por múltiplos usuários do canal, que transmitem simultaneamente e, em geral, de forma assíncrona.

Os sistemas DS-CDMA (Direct-sequence CDMA) são os mais populares dentre as técnicas empregadas. Nestes sistemas o transmissor multiplica o sinal de cada usuário pela sequência de espalhamento e o receptor recebe um sinal composto pela soma dos sinais de todos os usuários, que se sobrepõe no tempo e na frequência. O sinal de um determinado usuário é detectado correlacionando o sinal recebido que contém todos os usuários com o código deste usuário.

Tradicionalmente, o número de coeficientes dos filtros de detecção adaptativos usados nos receptores em sistemas CDMA (Code Division Multiple Access) é igual ao ganho de processamento (comprimento da sequência de espalhamento) usado no sistema. Assim, quando o valor deste ganho é grande os filtros adaptativos apresentam problemas de convergência lenta além de complexidade computacional. Problema similar ocorre na estimação/detecção de sinais em sistemas UWB (Ultra Wide-Band) uma vez que o grande número de percursos do canal, típico em sistemas UWB, faz com que as quantidades a serem estimadas tenham um elevado número de elementos, requerendo com o uso de técnicas convencionais o processamento de conjuntos com um número bastante elevado de amostras, com conseqüente aumento significativo do custo

computacional total do receptor. Por esta razão filtros com um número de coeficientes reduzido (processamento com posto reduzido) que permitam uma redução na complexidade computacional e/ou ganho na velocidade de convergência sem perda apreciável de desempenho em estado estacionário têm sido propostos e investigados.

De Lamare e Sampaio-Neto [1] propuseram e exploraram uma possibilidade para atingir este objetivo baseada no uso de filtros FIR (Finite Impulse Response) interpolados. No esquema de redução de posto proposto a sequência de amostras do sinal recebido é inicialmente filtrada por um filtro interpolador, em seguida decimada e finalmente filtrada por um filtro adaptativo de detecção com um número de coeficientes reduzido. Ganhos de desempenho apreciáveis foram obtidos ao se tornar, além do filtro de detecção, o filtro interpolador também adaptativo de forma a prover interpolação adequada em canais variantes no tempo. No esquema proposto os coeficientes dos filtros interpolador e de detecção eram adaptados conjuntamente de forma a minimizar uma dada função custo [2–4]. Ganhos ainda mais acentuados surgiram ao se adotar padrões de decimação também variáveis de acordo com as condições do canal [5–7], fazendo com que o desempenho do algoritmo proposto superasse significativamente os demais algoritmos divulgados na literatura.

Esquemas visando uma detecção com baixa complexidade de sinais em sistema de comunicações de banda ultra-larga foram examinados em [8, 9]. Em particular, em [8] uma técnica de redução de posto foi proposta para utilização na detecção de sinais em sistemas UWB baseados no padrão IEEE 802.15.4a. A técnica adotada tem base nos trabalhos De Lamare e Sampaio-Neto, uma vez que a redução de posto é também promovida por meio de dois estágios iniciais, o estágio de interpolação e o estágio de decimação do conjunto original de amostras. O dimensionamento destes estágios, entretanto, é feito de forma diferente. No algoritmo proposto em [8], dado o padrão de decimação escolhido (ou em teste), os coeficientes do filtro interpolador são dimensionados de forma independente do filtro de detecção, sendo escolhidos de forma a maximizar a razão sinal (ou sinais)-ruído do sinal decimado resultante que é encaminhado ao filtro de detecção. Quando comparado ao desempenho dos receptores sem redução de posto (posto completo) e com carga moderada o receptor proposto mostrou resultados de desempenho próximos em estado estacionário, incorporando, todavia, a desejada redução de complexidade e aceleração de convergência. Ressalte-se, entretanto, que o sistema examinado, que prevê múltiplo acesso com diferentes sequências de espalhamento e incorporando salteamento no tempo (time hopping), aliado ao longo espalhamento temporal característico do canal UWB enfocado no padrão

IEEE 802.15.4a, tem características bem específicas que podem favorecer o desempenho do receptor com posto reduzido proposto.

## 1.1

### Objetivos

O objetivo principal desta dissertação é o de adaptar e examinar a viabilidade da aplicação do algoritmo de posto reduzido proposto em [8] a outras situações que demandem o processamento de um número bastante grande de amostras, notadamente no processamento de sinais em sistemas com múltiplo acesso DS-CDMA.

Além disso, procura-se comparar o desempenho do algoritmo com outras estratégias de redução de posto propostas na literatura.

## 1.2

### Contribuições da Pesquisa

A principal contribuição desta dissertação é o dimensionamento de uma técnica de redução de posto promovida por meio de dois estágios iniciais, o estágio de interpolação e o estágio de decimação, na qual, dado o padrão de decimação escolhido, os coeficientes do filtro interpolador são otimizados de forma independente do filtro de detecção. Dois algoritmos foram desenvolvidos para o dimensionamento do filtro interpolador o, aqui denominado, Esquema A que maximiza a razão sinal desejado-ruído na saída do estágio de redução de posto, e o Esquema B, que maximiza a razão sinal desejado-ruído mais interferência na saída do estágio de redução de posto.

## 1.3

### Organização do Texto

Este trabalho está organizado da seguinte forma:

O Capítulo 2 descreve os princípios básicos da estrutura de redução de posto constituída por dois blocos, o estágio de interpolação e o estágio de decimação. A seguir são propostas estratégias para o dimensionamento do estágio de redução de posto, ou seja para a otimização do par filtro interpolador/padrão de decimação.

No Capítulo 3 é apresentada uma aplicação dos algoritmos de redução de posto em um sistema DS-CDMA. O modelo matemático para o sistema é descrito, e uma análise é realizada para avaliar o desempenho dos métodos propostos para o dimensionamento do estágio de redução de posto quando aplicados ao sistema DS-CDMA.

O Capítulo 4 descreve uma aplicação dos algoritmos de redução de posto propostos em um sistema UWB. É apresentado o modelo de transmissão do sistema UWB de acordo com o padrão IEEE 802.15.4a. Resultados numéricos de desempenho são obtidos e comparados com os resultados obtidos com o dimensionamento utilizado em [8].

No Capítulo 5 são descritas as conclusões e os trabalhos futuros propostos.

## 1.4

### Notação Adotada

$x$	Escalar
$\mathbf{x}$	Vetor
$\mathbf{X}$	Matriz
$(\cdot)^T$	Transposto
$(\cdot)^H$	Hermitiano transposto
$(\cdot)^{-1}$	Inversa de uma matriz
$\ \mathbf{x}\ $	Norma euclidiana de $\mathbf{x}$
$\lceil x \rceil$	Menor inteiro maior ou igual a $x$
$\lfloor x \rfloor$	Maior inteiro menor ou igual a $x$
$\mathbf{I}_N$	Matriz identidade de tamanho $N$
$\mathbb{E}[\cdot]$	Valor Esperado
$\Re[\cdot]$	Parte real de um número complexo
$\Im[\cdot]$	Parte imaginária de um número complexo
$\arg \max_x y$	Argumento do máximo valor de $y$ em relação a $x$
$\arg \min_x y$	Argumento do mínimo valor de $y$ em relação a $x$
$tr(\cdot)$	Traço da matriz
$diag(\mathbf{x})$	Matriz diagonal cujos elementos não nulos são iguais aos elementos de $\mathbf{x}$
$\nabla_{\mathbf{x}} J$	Gradiente de $J$ com relação a $x$ .

## 1.5

### Lista de Abreviações

DS-CDMA	<i>Direct Sequence - Code Division Multiple Access</i>
BPSK	<i>Binary Phase Shift Keying</i>
BER	<i>Bit Error Rate</i>
ISI	<i>Intersymbol Interference</i>
IMA	<i>Interferência de Múltiplo Acesso</i>
MMSE	<i>Minimum Mean Square Error</i>
RLS	<i>Recursive Least Squares</i>
SNR	<i>Signal-to-noise ratio</i>

SNIR *Signal-to-Noise plus Interference Ratio*

PC *Principal Components*

UWB *Ultra Wide-Band*