

Aplicação do Modelamento Esperso em Rádios Cognitivos para Detecção do Espectro

Frederico Carvalho Fontes do Amaral, Edmar Candeia Gurjão

Resumo— A detecção do espectro é o primeiro passo para a utilização oportunista do mesmo em Rádios Cognitivos. Neste trabalho, é apresentado um método que utiliza modelamento esperso para a realização da detecção do espectro e a identificação dos canais livres, considerando a faixa de TV comercial no Brasil e o ruído branco. Os resultados mostram que a técnica proposta consegue detectar os canais livres com alta precisão, mesmo em situações de baixa relação sinal-ruído.

Palavras-Chave— Espectro, Detecção, Modelamento esperso, AWGN, Desempenho.

Abstract— Spectrum detection is the first step for its opportunistic utilization in Cognitive Radios. In this paper, a method that uses sparse modeling for spectrum detection and free channel identification considering Brazil's commercial TV spectrum and white noise is presented. The results show that the proposed technique can obtain high precision in channel occupancy detection, even in low signal-to-noise scenarios.

Keywords— Spectrum, Detection, Sparse modelling, AWGN, Performance.

I. INTRODUÇÃO

A Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) é responsável por determinar quais sistemas podem operar em uma determinada faixa de frequências no Brasil. Tal faixa, por sua vez, é dividida em canais, de forma que cada um deles é atribuído por concessão a um usuário, denominado regulamentado ou primário. O sistema de TV Digital aberta, por exemplo, utiliza a faixa de 470 a 860 MHz, dividida em canais com largura de banda de 6MHz, totalizando 55 canais.

Normalmente há em um mesmo sistema muitos canais que não são utilizados. Esse desuso se deve à falta de usuários interessados, porque aqueles que receberam autorização de transmissão ainda não começaram a fazê-la, ou porque interrompem o uso em determinados momentos. A fim de melhorar o aproveitamento do espectro, foi proposto seu uso dinâmico, por vezes chamado de oportunista. Tal uso consiste em permitir a transmissão por usuários não regulamentados pela ANATEL, denominados oportunistas ou secundários, em canais que estejam livres em um dado momento.

Os Rádios Cognitivos (RC) essencialmente são sistemas de transmissão que conseguem se adaptar ao ambiente em que se encontram [1]. Uma de suas tarefas básicas consiste na detecção do espectro para determinar os canais sem uso em um dado instante e iniciar neles uma transmissão oportunista. Baseando-se na ideia de representar, de forma esparsa, sinais

de banda larga para detectar a presença de interferências [2], neste trabalho é feita a extensão desse modelo para utilização na detecção do espectro. O modelo esperso, por naturalmente ser mais compacto que outros já utilizados, implica menor quantidade de processamento necessária para sua detecção.

A. Metodologia

Foram realizadas simulações considerando um conjunto de usuários primários transmitindo e um conjunto de canais vazios, todos sob o efeito do ruído gaussiano.

Para a análise, gerou-se uma matriz com N colunas, as amostras da faixa do espectro de TV colhidas em certo intervalo de tempo. Nas simulações realizadas, escolheu-se $N = 200$. Cada uma dessas amostras é um vetor de 8192 posições não-nulas em sua quase totalidade e são geradas de acordo com as especificações da Resolução nº 583, de 27/03/2012, da ANATEL, que trata da canalização de TV em UHF. Os sinais de radiofrequência (RF) presentes nas amostras encontravam-se em 14 canais pré-determinados, contaminados com ruído branco de acordo com o valor da SNR (*Signal-to-Noise Ratio*) escolhida. As colunas da matriz de amostras são, então, somadas, resultando em uma matriz-coluna cujas entradas são, em seguida, divididas por N . Essa nova matriz consiste em uma média espectral de todas as N amostras do espectro registradas em um dado intervalo de tempo.

Em seguida, o algoritmo gera um dicionário de RF (D_{RF}), uma matriz cujas colunas são pares de senos e cossenos, calculados para diversas frequências dentro da faixa analisada. O D_{RF} utilizado nas simulações possui 2200 pares de senos e cossenos. Esse dicionário, juntamente com a média espectral das amostras coletadas, são utilizados para determinar, por meio do uso do algoritmo OMP [3] (*Orthogonal Matching Pursuit*), um modelo esperso para o espectro. O critério de parada escolhido para o OMP foi a esparcidade desejada para o modelo esperso do espectro. Estabeleceu-se que este teria apenas 66 entradas não nulas (aproximadamente 0,8% das 8192 entradas não-nulas da matriz da média espectral). Dessa forma, apenas 66 iterações serão realizadas pelo OMP, cujo resultado, juntamente com o D_{RF} , são utilizados para criar o modelo esperso do espectro.

Por fim, determina-se, a partir da análise do modelo esperso gerado, os canais ocupados e os canais livres. O fluxograma da figura 1 ilustra as etapas do algoritmo. Os resultados obtidos são, então, comparados com os dados determinados quando do início da execução do algoritmo. Para averiguação do desempenho, foram estabelecidos dois critérios para a mensuração do erro. O primeiro, $E_{CanaisOcupados}$, é a percentagem dos

canais ocupados que não foram determinados. O segundo, $E_{QtdCanaisOcupados}$, é a quantidade de canais determinados a mais ou a menos com relação àqueles de fato ocupados.

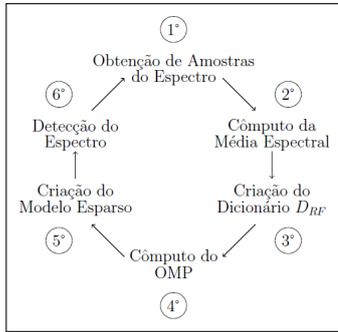


Fig. 1: Fluxograma do método implementado

B. Resultados

Nas figuras 2 e 3, encontram-se as densidades espectrais de potência (DEP) do sinal original e do modelo esparso gerado para dois valores de SNR distintos. Na simulação onde verificou-se a DEP retratada na figura 2, obteve-se $E_{CanaisOcupados} = 0\%$ e $E_{QtdCanaisOcupados} = 0$, o que significa que o algoritmo detectou com exatidão tanto os canais ocupados como a quantidade existente dos mesmos. Tal resultado mostra a eficiência do algoritmo em cenários espectrais nos quais o ruído não é tão proeminente.

Já na simulação onde verificou-se a DEP retratada na figura 3, verificou-se $E_{CanaisOcupados} = 21,4286\%$ e $E_{QtdCanaisOcupados} = 7$. O primeiro erro significa que 21,4286% dos canais ocupados não foram detectados pelo algoritmo. Já o segundo, que o código identificou 21 canais ocupados, quando de fato havia apenas 14. Embora à primeira vista tal resultado não aparente ser muito promissor, é importante frisar o fato de que SNR = -40dB representa um cenário espectral extremamente desafiador, no qual o ruído muitas vezes se sobrepõe ao sinal. Assim, uma taxa de acerto de 78,5714%, embora não seja ideal, ainda constitui um resultado desejável. Todos os resultados expostos encontram-se na Tabela I. Por fim, no que diz respeito ao tempo de execução do algoritmo, as simulações realizadas mostraram uma variação entre 12 e 13 segundos.

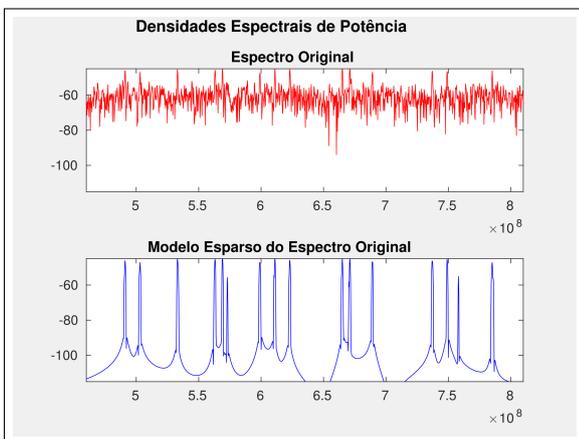


Fig. 2: DEP do sinal original e recuperado para SNR=-30dB

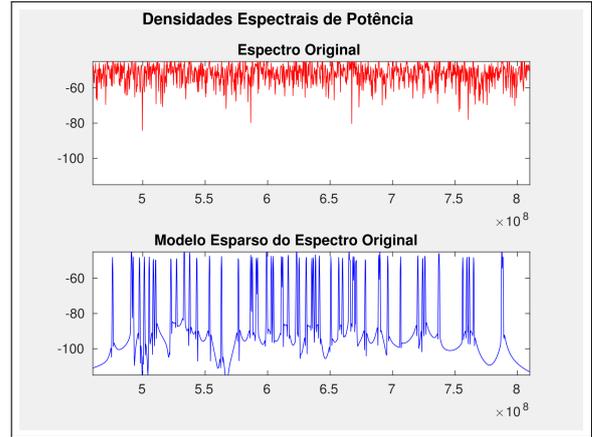


Fig. 3: DEP do sinal original e recuperado para SNR=-40dB

Resultados das Simulações		
SNR (dB)	$E_{CanaisOcupados}$ (%)	$E_{QtdCanaisOcupados}$ (quantidade de canais)
-30	0	0
-40	21.4286	7

TABELA I: Resultados das simulações

II. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados tornam evidente a eficiência do algoritmo implementado, bem como o baixo custo computacional associado à sua realização. Mostram ainda que o modelamento esparso é uma ferramenta capaz de tornar o uso oportunista do espectro viável, possibilitando um melhor uso.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Campina Grande pelo apoio institucional e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

[1] J. Mitola and G. Q. Maguire, *Cognitive radio: making software radios more personal*. IEEE Personal Communications, pp. 13-18, Number 4, Vol. 6, 1999. 2011.

[2] Nguyen, Lam H and Tran, Trac, *Efficient and robust RFI extraction via sparse recovery*, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, v. 9, n. 6, pp. 2104-2117, 2016

[3] Mallat, Stéphane and Zhang, Zhifeng, *Matching pursuit with time-frequency dictionaries*, Courant Institute of Mathematical Sciences New York United States, 1993

[4] Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), <http://www.anatel.gov.br/institucional/>, Acesso: 20-02-2018.