

PERSPECTIVAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS EM RÁDIOS COGNITIVOS

Autores: Enos A. V. F. de Lima, João M. T. Romano (Orientador)
vacilotolima@gmail.com, jmtromano@gmail.com

Unidade: Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação

Agência Financiadora: CNPQ/PIBIC

Palavras Chave: IEEE 802.22 - Rádio Cognitivo - Processamento Digital de Sinais - Sensing - Buracos no Espectro - Detecção de Energia - Estimção de Ruído – Colaboração Multiusuário.

INTRODUÇÃO

Neste trabalho foram apresentadas algumas características e desafios de processamento digital de sinais em rádios cognitivos. Rádio cognitivo é uma nova abordagem de acesso do espectro de rádio-frequência que visa otimizar o uso deste recurso que está se tornando escasso devido ao excesso de regulamentação do acesso. O rádio cognitivo é baseado no acesso oportunista de usuários não-licenciados em faixas de frequência regulamentadas, mas de forma que usuários licenciados não são prejudicados. O rádio cognitivo é construído sob software e se propõe a ser um sistema que está "ciente" do seu meio e adapta o seu funcionamento de acordo com as condições do mesmo, visando dois objetivos principais: comunicação confiável e utilização eficiente do espectro de rádio.

Por suas características o rádio cognitivo tem basicamente dois conjuntos de tarefas: o primeiro ligado ao aprendizado do meio de operação e o segundo ligado ao controle da transmissão e ao gerenciamento do espectro. No primeiro conjunto de tarefas se destaca o monitoramento do espectro e a detecção dos buracos no espectro que constituem uma oportunidade de comunicação para usuários secundários.

802.22 Network Overview

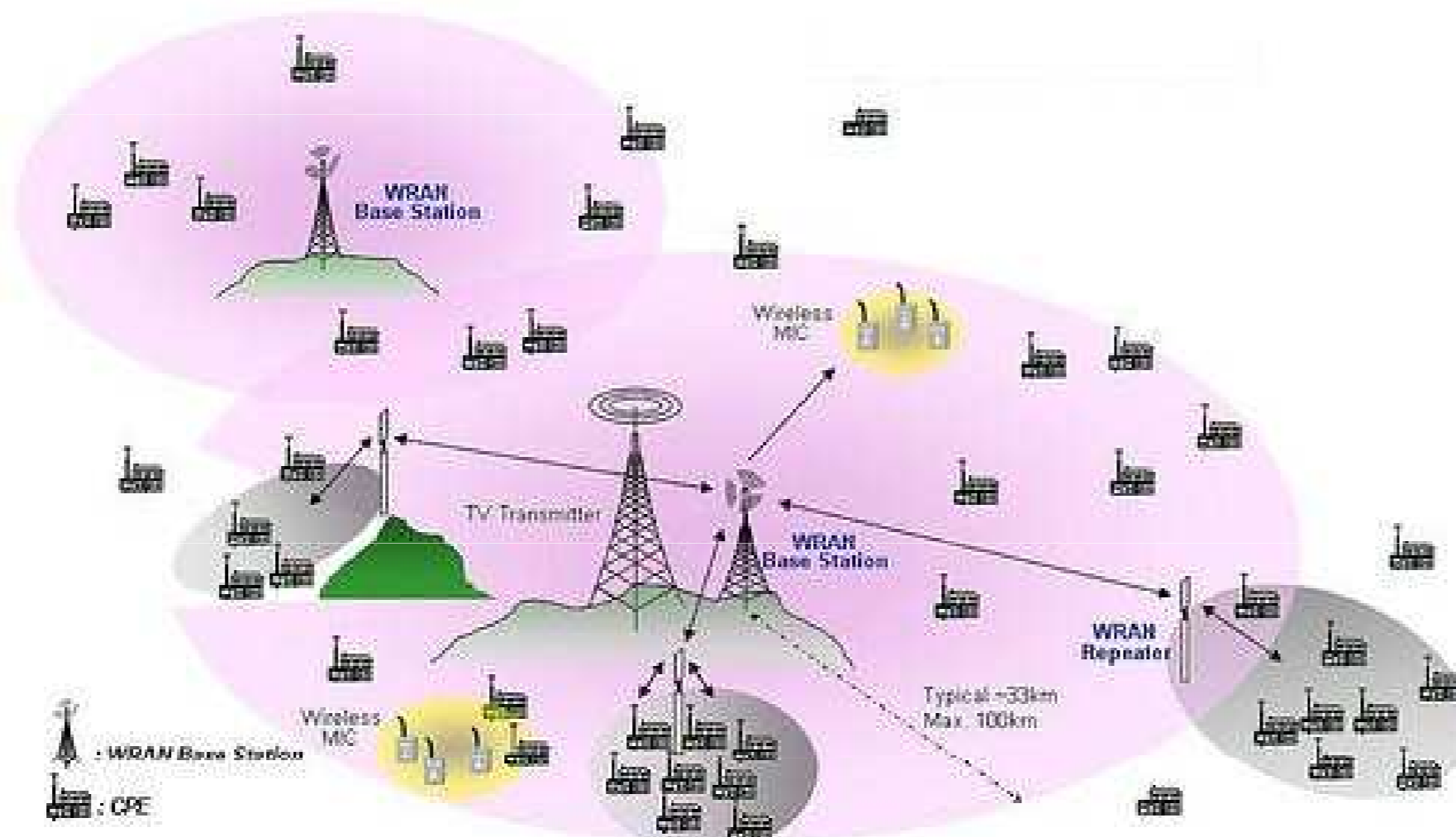


Figura 1 – Topologia de Rede da Norma 802.22 IEEE

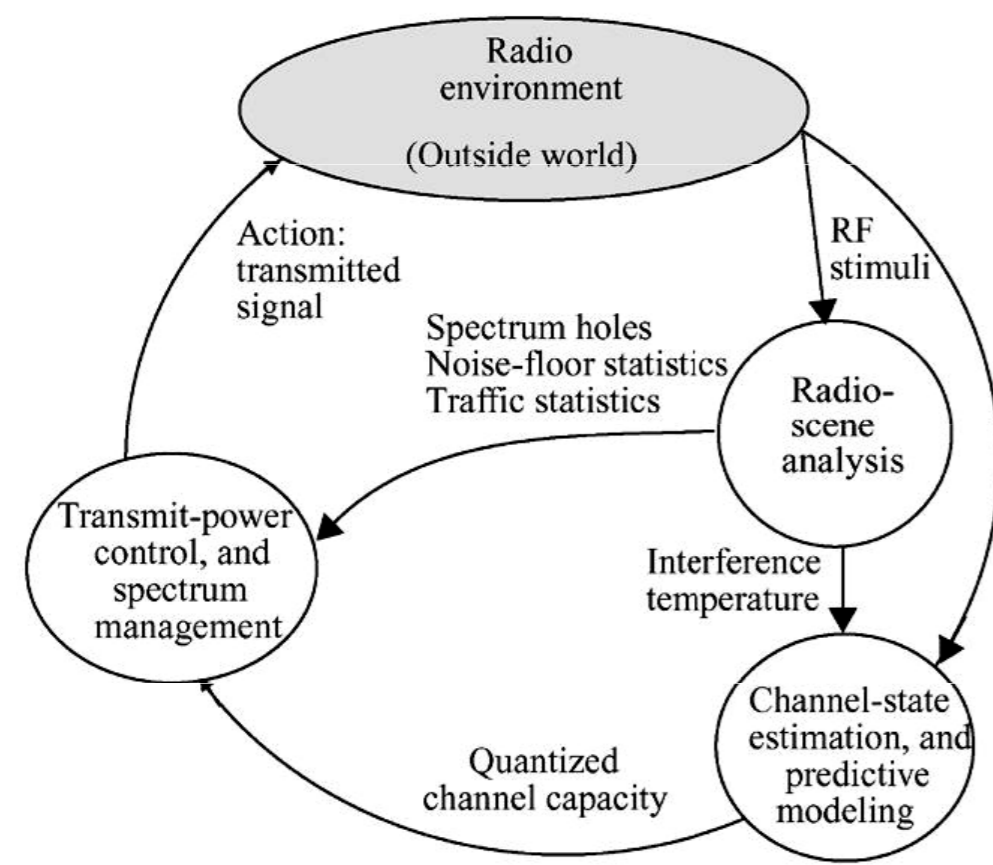


Figura 2 – Ciclo Cognitivo

METODOLOGIA

O projeto foi focado numa tarefa específica deste sistema que é a detecção de buracos, ou espaços não ocupados do espectro de rádio-frequência. Foi apresentado um modelo de detecção baseado em medição de energia e estimção de ruído desenvolvido e testado utilizando-se ferramentas Matlab/Simulink; este modelo levou em conta a topologia do sistema 802.22 desenvolvido pelo IEEE. No contexto desta topologia foram apresentadas técnicas de colaboração multiusuário que permitem melhoria de performance na detecção de buracos do sistema como um todo. Mostraram-se as características do modelo de detecção bem como dos esquemas de colaboração. A influência de cada parâmetro do sistema no desempenho de detecção foi avaliada, a análise dos resultados mostrou quais são os gargalos desta abordagem, suas vantagens e desvantagens, bem como sua factibilidade. Considerou-se um cenário no qual existe uma ERB e N dispositivos secundários interessados na detecção de buracos no espectro em uma determinada célula. O espectro a ser analisado é dividido em canais, sendo que cada canal pode ou não estar ocupado por um sinal licenciado. O sinal de cada canal pode ser obtido através de um banco de filtros. Cada dispositivo secundário realiza medição de energia em cada um dos canais utilizando L amostras do sinal. A amostra l do sinal no canal k percebido pelo i -ésimo dispositivo pode ser descrita como o elemento k, l da matriz de observação $X(i)$.

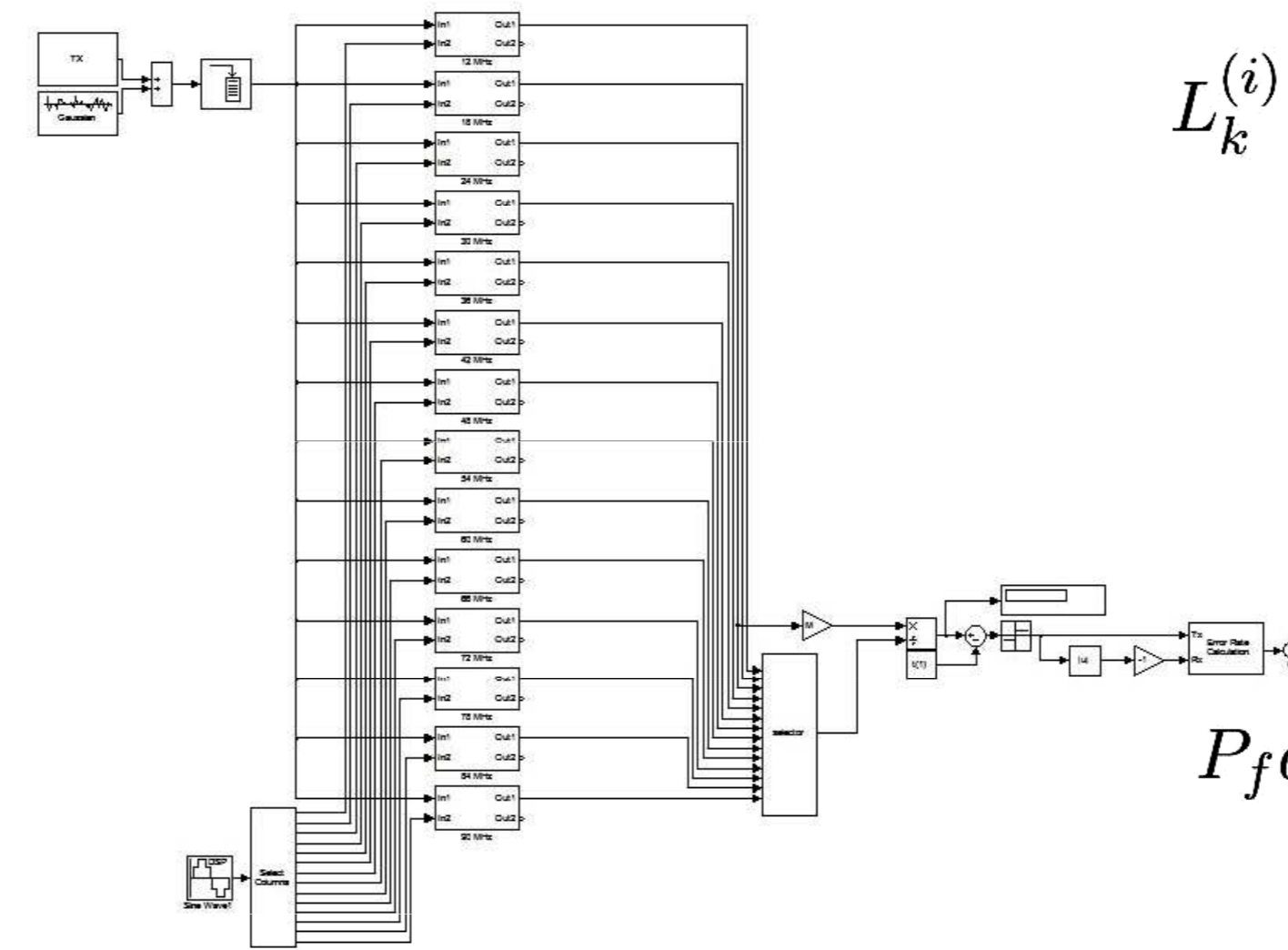
$$\mathcal{H}_1^k : \hat{\sigma}_{1,k}^2 = \frac{1}{KL} \sum_{m \in D_i} \|\mathbf{X}_m^{(i)}\|^2.$$

$$\mathcal{H}_0^k : \hat{\sigma}_{0,k}^2 = \frac{1}{KL} \sum_{m \in (D_i \cup \{k\})} \|\mathbf{X}_m^{(i)}\|^2.$$

$$P_k^{(i)} : \begin{cases} \mathbf{X}_k^{(i)} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_i^2 \mathbf{I}), & \mathcal{H}_0^k \\ \mathbf{X}_k^{(i)} \sim \mathcal{N}(\mathbf{S}_k^{(i)}, \sigma_i^2 \mathbf{I}), & \mathcal{H}_1^k \end{cases}$$

Neste cenário a probabilidade de alarme falso P_{fa} é a probabilidade de um canal vago ser detectado como canal ocupado, esta grandeza pode ser vista como a porcentagem de buracos no espectro que não serão detectados. A probabilidade de detecção errônea P_m é a probabilidade de um canal ocupado ser detectado como canal desocupado, esta grandeza pode ser vista como um medidor de interferência indesejada em transmissões licenciadas. $P_d = 1 - P_m$ é a probabilidade de detecção.

D_i é suposto desconhecido, sua estimativa ML é a escolha dos M índices que minimizam a estimativa das duas variâncias. Assim, D_i é o subconjunto de índices dos M canais com menores potências. Além disso, a média das potências dos canais pertencentes a esse subconjunto é a estimativa ML da potência do ruído. L_k é razão de verossimilhança. O sinal considerado para detecção foi um sinal de TV digital IDVBT. Foram considerados tres esquemas colaborativos de decisão: razão de verossimilhança composta, regra AND, regra OR.



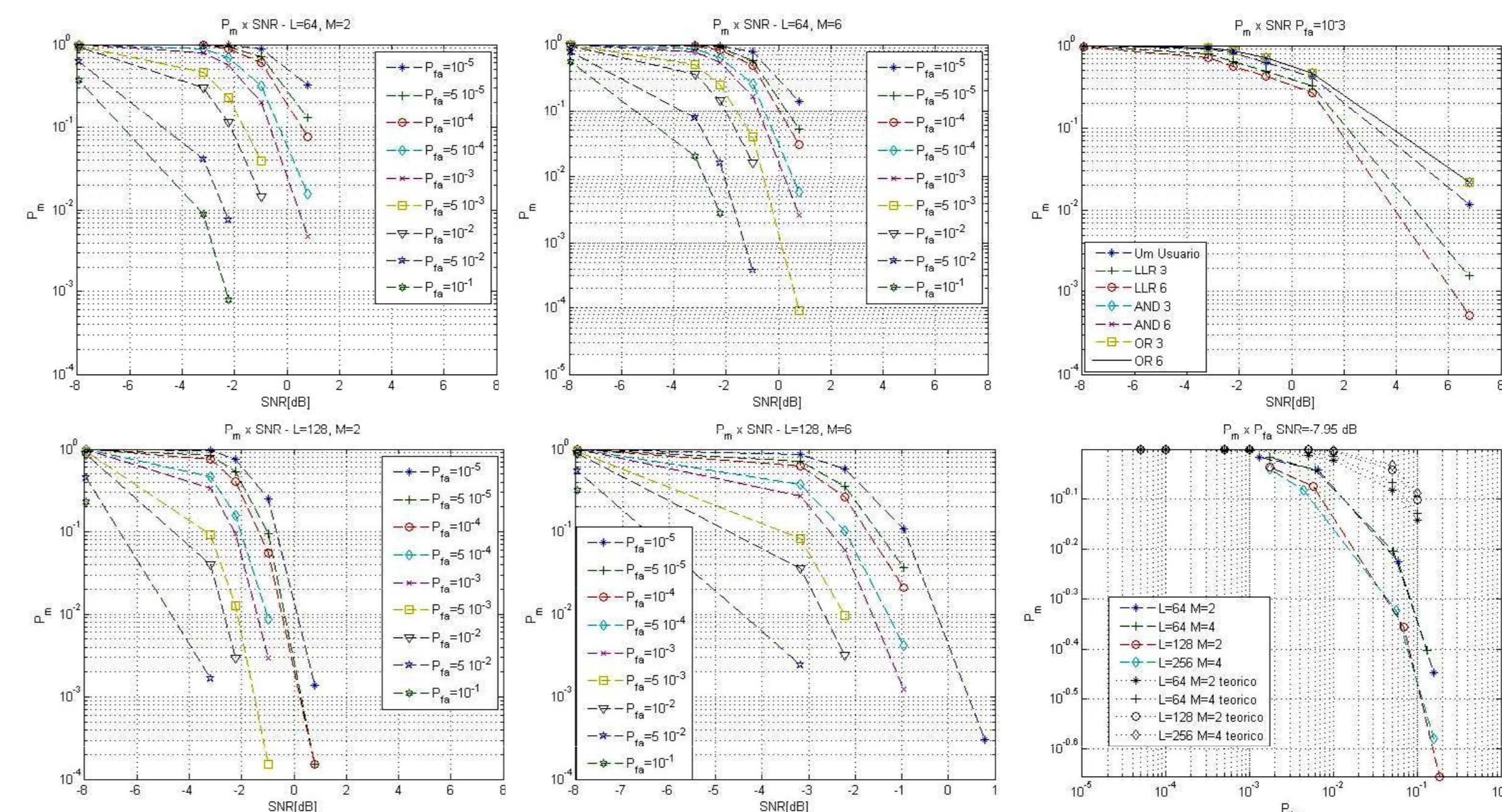
$$L_k^{(i)}(\mathbf{X}_k^{(i)}) = \frac{\|\mathbf{X}_k^{(i)}\|^2}{\sum_{m \in D_i} \|\mathbf{X}_m^{(i)}\|^2}.$$

$$P_{fa} = Pr(L_k \geq \eta | \mathcal{H}_0^k) = 1 - F(\eta).$$

$$P_d = Pr(L_k \geq \eta | \mathcal{H}_1^k) = 1 - F(\eta, \gamma_k).$$

Figura 3 – Esquema de detecção para um canal

RESULTADOS E DISCUSSÕES



CONCLUSÕES

Obedecendo os padrões especificados pelo IEEE, foi proposto um esquema de detecção baseado em medição de energia e estimção de ruído levando-se em consideração um canal AWGN; mais ainda foi proposto um esquema de colaboração entre dispositivos secundários que oferece alguns ganhos de performance. Também foi mostrado a influência dos principais parâmetros do esquema proposto em sua performance de detecção. As simulações revelaram que o esquema de detecção proposto oferece boa performance mesmo quando a potência do ruído é altamente adversa, sendo que ganhos maiores ainda são proporcionados quando algum dos esquemas de colaboração é utilizado.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Simon Haykin, *Cognitive Radio: Brain Empowered Wireless Communications*, IEEE Journal on Selected Areas in Communications Vol.23 No.02, February(2005).
- [2] Sudir Srinivasa and Syed Ali Jafar, *The Throughput Potential of Cognitive Radio: A Theoretical Perspective*, IEEE Communications Magazine Vol.45, May (2007).
- [3] Ramjee Prasad, *Special Issue on "Cognitive Radio Technologies"*, February (2008).
- [4] Alan Silva Menezes, *Avaliação de Desempenho de Rádios Cognitivos e Proposta de Estrutura de Equalização Temporal em Sistemas OFDM*, Dissertação de Mestrado - Unicamp, Julho (2007).
- [5] Steven Kay and Stanley Lawrence Marple Jr, *Spectrum Analysis - A Modern Perspective*, Proceedings of the IEEE, Vol.69 No.11, November (1981).
- [6] Carlos Cordeiro, Kiran Challapali, Dagnachew Birru, Sai Chankar N, IEEE 802.22: The FirstWorldwide Wireless Standard based on Cognitive Radios, IEEE, (2005).