

ANTENAS INTELIGENTES BASEADAS EM COTS

**FLÁVIA MARQUES DA SILVA
LETÍCIA GARCIA DE BARROS**

**Engenharia Elétrica
Universidade de Brasília - UnB**

<http://www.ene.unb.br>

**[e-mails:flaviamarques@gmail.com](mailto:flaviamarques@gmail.com)
leticia.barros@gmail.com**

Resumo – Na última década, a globalização vem aumentando a demanda por serviços de comunicações mais eficientes, principalmente os serviços de comunicações móveis. Usuários finais desses serviços exigem maior facilidade e comodidade na obtenção de informações em curto espaço de tempo e necessitam dispor de comunicações a qualquer hora e lugar. É nesse contexto que o Rádio Definido por Software (RDS) se torna extremamente atraente. Trata-se de um dispositivo multi-modo e multi-banda que aceita diversas interfaces aéreas e bandas de transmissão em um mesmo aparelho. Para que se tenha o melhor desempenho possível dos RDS, respondendo de igual forma a todas as configurações possíveis, a antena também deve ser multi-banda ou banda larga. Visualizam-se as antenas inteligentes como peças fundamentais no desenvolvimento do RDS. Esse artigo tem por função dar uma breve descrição de como o tema das antenas inteligentes têm sido tratado pelo grupo RDS da UnB e quais as soluções propostas visando solucionar os problemas e desafios que tal assunto envolve.

Abstract – On the last decade, the globalization have risen the demand for communications services more efficient, mainly the mobile communication services. Final users of this services demand bigger facility and bigger commodity on the acquisition of information in little time and need to be in communication in every time and everywhere. It's in this context that the Software Defined Radio (SDR) become extremely attractive. It refers to a multi-manner and multi-band device that accept different air interfaces and transmission band in the same equipment. To have the best performance of the SDR, for them respond in the same way to all possible configurations, the antenna would have be multi-band or wideband to receive a large range of frequencies without loss of power and unless quality production of reception. Thus, the smart antennas are fundamental piece in the SDR development. This article have the function to give a quick description of how the smart antennas theme have been treated by the SDR group of UnB and which proposal solutions looking at the solution of the problems and challenge that this subject involve.

Keywords – Smart Antennas, Software Defined Radio, SDR, COTS.

1 Introdução

O Rádio Definido por Software é um dispositivo que procura fazer a digitalização do sinal o mais próximo possível da antena. Procura-se minimizar o trabalho desenvolvido pelo hardware e aumentar a parte que cabe ao software, proporcionando, assim, uma maior flexibilidade ao RDS, se comparado com um Rádio Definido por Hardware. O RDS é de suma importância para a melhoria no sistema de comunicações móveis. Por

aceitar diferentes interfaces, ele pode ser utilizado para vários fins como aparelhos celulares TDMA, celulares CDMA, TV Digital entre outros.

Como no RDS procura-se a maior flexibilidade possível, deseja-se que a antena também seja flexível, aceitando uma maior faixa de frequências de transmissão e recepção, com a menor perda possível de potência e de qualidade de recepção. Visualiza-se que o uso de Antenas Inteligentes é de fundamental

importância para o RDS. Sendo ele um dispositivo reconfigurável, deseja-se que a antena acompanhe as mudanças sofridas pelo rádio sem sofrer perda de qualidade na recepção em qualquer faixa de frequência que se deseje trabalhar. Adicionalmente, a antena pode ser responsável por receber as informações do canal de transmissão/recepção a fim de prover ao circuito rádio os dados necessários para que ele se reconfigure e faça o mesmo com a própria antena da maneira mais adequada. Com os dados do canal recebidos pela antena e utilizando um algoritmo de detecção da DOA (*Direction Of Arrived*) é possível redirecionar o lóbulo principal do feixe da antena é orientado na direção de chegada do sinal de interesse. Como todo o processo é feito modificando-se o diagrama de radiação da antena, o feixe principal é feito de forma que tenha a menor abertura possível para se evitar a interferência das componentes multi-percurso e a interferência de outros sinais, aumentando-se a capacidade do sistema.

Neste artigo será apresentado o trabalho sendo desenvolvido na UnB sobre o assunto do RDS e, mais especificamente, das Antenas Inteligentes.

2 Os dispositivos COTS utilizados na implementação do projeto

Devido a restrições financeiras, optou-se pela utilização de dispositivos *Commercial Of The Shelf* (COTS) na implementação do protótipo da Antena Inteligente. Os COTS são dispositivos que se encontram prontos e testados no mercado para determinados fins. Por se tratarem de produtos comercializados mundialmente, esses são produzidos em larga escala, o que acaba por baratear os custos de produção, uma das razões para seu uso nesse projeto. Entre os COTS utilizados encontram-se os elementos de antena e os *front-ends* RF.

Serão utilizados 4 elementos de antena dipolo vertical Aquário modelo M-100A [1]. Esses elementos são antenas pequenas de $\frac{1}{4}$ de comprimento de onda para a faixa de VHF, nas frequências de 136 a 174 MHz, com um ganho de 1,73 dBi.

Para o *front-ends* RF optou-se pela utilização da placa USRP [2]. O USRP é uma implementação de baixo custo para ser utilizada com o software de processamento de sinais *GNU Radio*. O *GNU Radio* é uma biblioteca para tratamento por software de sinais de radiofrequência. Por ser parte do projeto GNU, um projeto de desenvolvimento de software livre, traz enormes vantagens para o trabalho científico, uma vez que o conhecimento que for gerado em qualquer lugar do mundo e o que for criado por este grupo de pesquisa com a utilização desses tipos de softwares pode ser compartilhado com outros pesquisadores. Ele é muito conveniente ao projeto que está sendo desenvolvido por ser bastante didático, dividindo as partes do processamento do sinal em blocos (filtragem, demodulação, equalização, etc) de linguagem compilada, a linguagem C++, ligados por linguagem interpretada, o *python*.

O USRP é constituído de uma placa mãe e placas filhas de recepção e transmissão. A placa mãe contém a entrada da tensão de alimentação, a conexão com uma porta USB para comunicação com o computador (o barramento USB se faz necessário devido à sua capacidade de transmitir dados em alta velocidade), um *Field Programmable Gate Array* (FPGA) que faz um pré-processamento do sinal e os conversores A/D. As placas filhas de recepção/transmissão contêm as interfaces RF (comunicação entre a antena e a placa mãe). O processamento do sinal é feito pelo *GNU Radio*, o que faz o USRP ser muito flexível, logo, bastante adequado para projetos de RDS. As amostras vindas dos conversores A/D são entregues ao computador via porta USB e o processamento é feito por um script que usa linguagem *python*. A placa USRP tem como características: interface USB 2.0, quatro conversores A/D de 64 MSPS que podem amostrar sinais de mais de 200 MHz com banda de aproximadamente 32 MHz, quatro conversores D/A de 128 MSPS que podem gerar sinais de mais de 50 MHz, um FPGA para maior capacidade de cálculo de uma maior largura de banda e para reduzir a taxa de dados que passará pela porta USB. A placa mãe com as quatro placas filhas (duas de transmissão e duas de recepção) é mostrada na figura 1.

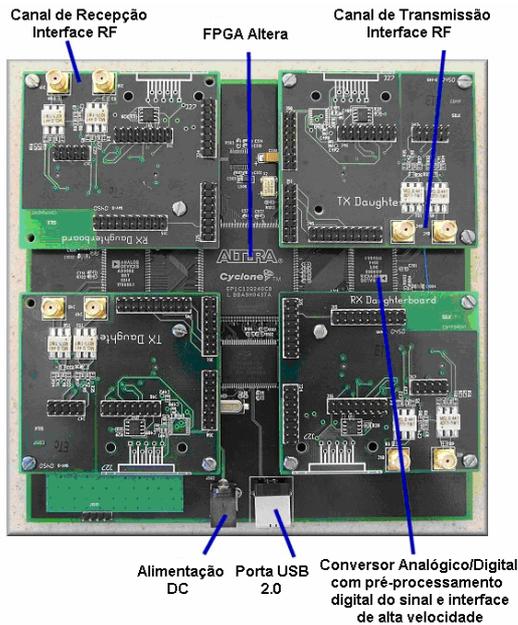


Figura 1 – Placa mãe com as quatro placas filhas do USRP [2 alterado]

3 Concepção do Projeto

Considerando os meios disponíveis, construiu-se um *array* com quatro elementos. Esses elementos são dispostos em linha reta, sendo cada um separado do elemento mais próximo por uma distância de meio comprimento de onda. A reconfigurabilidade dessa antena é conferida pelos pesos dos elementos do *array*. O algoritmo de detecção de direção de chegada utilizado, o CAPON, detecta a direção de chegada do sinal e altera os pesos dos elementos de forma a se ter o diagrama de radiação da antena com o feixe de maior ganho na direção do sinal desejado e atenuar a interferência das componentes multi-percurso que chegarem nas demais direções. Por se tratar de um *array* com 4 elementos, cada um deles terá de ser ligado a um *front-end* para que esse faça o adequado abaixamento da frequência para valores os quais o conversor analógico/digital possa trabalhar.

O diagrama de blocos pretendido para o projeto é o mostrado na figura 2.

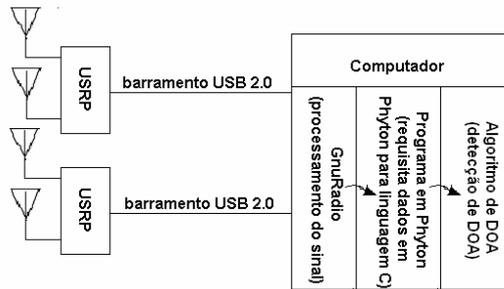


Figura 2 – Diagrama de Blocos do RDS a ser implementado

Para a parte inicial desse projeto, primeiramente faz-se a detecção da direção de chegada do sinal, sendo que a reconfiguração do circuito rádio será feito em fase mais adiantada de execução do projeto. Todo o processamento do sinal e detecção da direção de chegada será feita via computador. O processamento é realizado pelo *GNU Radio* e o algoritmo CAPON para detecção de DOA é escrito em linguagem C, todos sendo rodados em ambiente Linux.

Os *snapshots* vindos dos conversores são recebidos de forma serial pela porta USB e o *script* de processamento do sinal no *GNU Radio* possui uma variável que armazena os *snapshots*, ainda modulados, em envelope complexo, porém *downconvertidos* para banda básica que é a forma ideal para o funcionamento do algoritmo CAPON. Com isso, importa-se essa variável para um programa também em linguagem *python* para que se possam passar as amostras dessa linguagem para a linguagem C. Nesse *script*, as amostras são organizadas em uma matriz tridimensional, na qual cada coluna terá as amostras de cada antena, as linhas armazenam os *snapshots* de uma dada antena e as colunas da terceira dimensão são os dados semelhantes ao da primeira linha, ou seja, colunas para amostras de cada antena e linhas para dividir as amostras em quantidades iguais. A matriz terá a forma da figura 3.

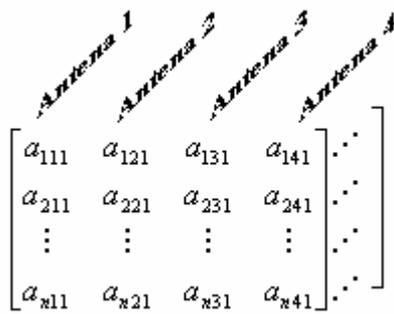


Figura 3 – Matriz de armazenamento dos dados do script do GNU Radio

O valor de n é tal que dividirá o número de *snapshots* e dará um inteiro. Como exemplo ilustrativo, a taxa de amostragem será de 64MSPS e o valor da decimação é de 250. Logo, tem-se uma taxa de amostras de 256 kHz. Querendo que seja analisado pelo CAPON 256 mil amostras de cada antena, n pode ser feito igual à 25.600, assim cada coluna terá 25.600 amostras e a matriz terá 10 colunas em sua terceira dimensão. Essa matriz é requisitada pelo algoritmo CAPON para a obtenção da DOA, o que é possível no ambiente Linux.

4 Algoritmos de Obtenção de DOA

Algoritmos de Obtenção de *Direction Of Arrival* (DOA) são importantes não apenas no estudo da direção de chegada dos sinais em antenas inteligentes, como no caso específico desse artigo, mas também no caso de sensores de presença, como radares, sonares, exploração sísmica e no caso de um *array* de microfones, por exemplo.

O Método de Atraso e Soma, *Delay-And-Sum Method* [3,4], e o CAPON [3,4] são algoritmos convencionais e simplificados, se comparados com os demais. Existem também algoritmos mais sofisticados como o MUSIC [3,4] e o ESPRIT [3,4], que não serão abordados nesse artigo por não serem objetos de estudo da pesquisa.

O primeiro método citado, conhecido também como método de Fourier, consiste na premissa de que apontando-se o feixe de maior potência do *array* em uma determinada direção se produzirá a melhor estimativa de energia recebida nessa mesma direção. Ou seja,

sendo ele mais forte, o mesmo dita a melhor estimativa de chegada. Contudo, esse método trabalha bem apenas com um sinal presente na recepção pelas antenas. Assim, o acréscimo de sinais pode acarretar em colisões e em uma má precisão da direção, pois a potência de saída contém contribuições do sinal desejado tanto quanto dos sinais indesejados advindos de outras direções. Além disso, ele tem uma resolução pobre para os resultados esperados. A precisão do ângulo de direção de chegada do sinal é baixa. Sinais oriundos de direções com 10° de diferença não são detectados como sinais diferentes. Isto pode ser observado na figura 4.

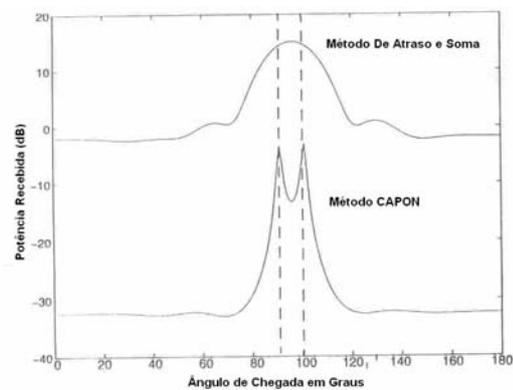


Figura 4 – Comparação da resolução do Método de Atraso e Soma e o Método CAPON [3 alterado]

O CAPON visa superar os problemas de baixa resolução do Método *Delay-And-Sum*. Por esse motivo, e também devido à sua relativa simplicidade, este foi o algoritmo escolhido para ser utilizado nesse projeto.

A técnica do CAPON consiste em varrer os ângulos de direção de determinada área. Ele usa uma amostragem dessa varredura para formar um feixe na direção desejada, enquanto, simultaneamente, forma nulos nas mesmas direções de sinais de interferência. Sendo assim, essa técnica visa minimizar a contribuição de interferências não desejadas mantendo-se o ganho em determinada direção constante. O DOA pode ser estimado observando os picos dessa varredura de ângulos no espectro do CAPON. As desvantagens deste método estão relacionadas justamente com seus benefícios. Ao se minimizar a energia de saída, os componentes correlatos podem se combinar destrutivamente, podendo

anular as estimativas [3]. É necessário nos seus cálculos o uso de uma matriz inversa, o que, para grandes *arrays*, pode ser computacionalmente inviável. Porém para essa pesquisa ele é suficiente.

5 Conclusão

A utilização de COTS no desenvolvimento do projeto traz as vantagens já citadas, porém, com o ônus de sua utilidade não ser especificamente a necessária para os objetivos da pesquisa. Logo, é preciso alterações na arquitetura do software para fazê-lo funcionar de maneira adequada ao propósito do RDS e das antenas inteligentes.

Pretendeu-se, em fase inicial do projeto, somente fazer a obtenção da DOA, deixando a reconfiguração da antena e do circuito rádio para fase mais adiantada. Encontrar-se com certa precisão a direção de chegada do sinal recebido pelo *array* já pode ser considerado um grande avanço nos objetivos a serem alcançados.

As atuais dificuldades encontram-se na requisição das amostras que estão no código do *GNU Radio* para serem entregues ao algoritmo CAPON quando da utilização das quatro antenas. Cada *front-end* liga duas antenas ao computador e as amostras são levadas ao mesmo por uma única conexão USB. O principal desafio está em conseguir separar as amostras de cada antena para o perfeito funcionamento do algoritmo CAPON.

Agradecimentos

Agradecemos ao Francisco Augusto da C. Garcia e Rafael Schena pela ajuda e apoio prestados. Agradecemos também ao GPDS por ceder espaço físico para realização das atividades do projeto.

Referências Bibliográficas

- [1] <http://antenas.aquario.com.br>
- [2] <http://comsec.com/wiki?UniversalSoftwareRadioPeripheral>
- [3] Joseph C. Liberti Jr, Theodore S. Rappaport, Smart Antennas for Wireless Communications - IS-95 and Third Generation CDMA Applications,

Prentice Hall Communications Engineering, 1999.

- [4] ROY, Richard, KAILATH, Thomas, "ESPRIT – Estimation of Signal Parameters Via Rotational Invariance Techniques, IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, Volume 37, Number 7, July 1989.
- [5] André G M Lima, "Rádio Definido por Software: o próximo salto no mundo das Telecomunicações e Computação", Papo do mês 10/2003, Revista Digital Online (www.revdigonline.com).
- [6] LARKIN, Robert, DSP-10 Project, <http://www.proaxis.com/~boblark/dsp10.htm>
- [7] B Tarver, E Christensen, A Miller, "Software Defined Radios (SDR) Platform an Application Programming Interfaces (API)", IEEE Communications Magazine, August 2001.
- [8] B. P. Lathi, Modern Digital and Analog Communications Systems, Oxford University Press Inc., 3a ed., 1998
- [9] SILVA, Fernanda B. da, GARCIA, Francisco Augusto da C., TAKADA, Izumi Renata S., SASAKI, Marcelo G, "Princípio do RDS e Aplicação no DSP-10, DSPX e FPGA com Sistema Semi-embarcado", disponível Online em: http://www.revdigonline.com/artigos_do_wnload/art_21.pdf
- [10] JÚNIOR, Rivaldo G. C., OLIVEIRA, Jansen Carlos de, "A Tecnologia do Processador Digital de Sinal (PDS) Aplicada ao Rádio Definido por Software (RDS) – 3G", disponível Online em: http://www.revdigonline.com/artigos_do_wnload/art_14.pdf

Biografias



Flávia Marques da Silva é estudante de Engenharia Elétrica na UnB, Universidade de Brasília, onde cursa o 6º semestre. Bolsista de Iniciação Científica – PIBIC – UnB/CNPq.



Letícia Garcia de Barros é estudante de Engenharia Elétrica na UnB, Universidade de Brasília, onde cursa o 6º semestre

Trabalho desenvolvido com o apoio do
CNPq/PIBIC – UnB