

Transmissão de Sinais de Telecomunicações utilizando o USRP

Marcele O. K. de Mendonça, Tadeu N. Ferreira e Paulo S. R. Diniz

Resumo— Este trabalho analisa a tecnologia SDR (*Software Defined Radio*) implementando um sistema multiportadora com USRP (*Universal Software Radio Peripheral*) via GnuRadio. Tem sido observado um desenvolvimento tecnológico que acarreta uma constante modernização dos padrões de telefonia móvel, motivando os usuários a substituir seus aparelhos para ter acesso aos novos padrões. SDRs permitem reconfiguração no *software* do aparelho, adaptando-o aos vários serviços e protocolos disponíveis, tornando a migração para as novas tecnologias mais simples. São abordados princípios de SDR e OFDM juntamente com o funcionamento do USRP. Dados experimentais são analisados em ambiente indoor, validando a viabilidade do sistema.

Palavras-Chave— *software-defined radio*, USRP, GnuRadio

Abstract— This article analyzes SDR technology implemented in multicarrier USRP systems using GnuRadio. The pace of technological development requires a constant evolution on the cellular devices, imposing to the user a constant replacement of the current mobile equipment. SDRs allow the simple reconfiguration of the mobile equipment software, easily re-adapting it to the new scenario. Principles underlying SDR and OFDM are explained, as well as the USRP. Some experimental data are analyzed, in order to assess the system feasibility.

Keywords— *software-defined radio*, USRP, GnuRadio

I. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento tecnológico dos últimos anos em telefonia móvel, a evolução dos padrões é constante: A tecnologia LTE (*Long-Term Evolution*) de Quarta Geração (4G) está se expandindo e já existem indícios de uma nova geração, enquanto padrões de Terceira Geração continuam em funcionamento. Para migrar de um padrão para outro o aparelho deve ser substituído por um que suporte a nova tecnologia. Neste contexto, um SDR (*Software Defined Radio*) permite a reconfiguração de um aparelho móvel com a simplicidade e praticidade de uma atualização de software [2].

A filosofia dos SDR permite que um mesmo aparelho possa funcionar em diferentes ambientes de uma maneira customizada. SDRs podem ser utilizados num ambiente com alta poluição espectral, permitindo que seja escolhida uma faixa de frequência para transmissão que esteja pouco poluída.

II. *Software-defined Radio*

A ideia central do SDR é que a interface de transmissão de rádio seja configurada em *software*. Isso permite um alto

Marcele O. K. de Mendonça e Tadeu N. Ferreira estão com Escola de Engenharia, UFF, Niterói, RJ, Brasil. marcele.kuhfuss@smt.uff.br, tadeu_ferreira@id.uff.br. Paulo S. R. Diniz está com Programa de Engenharia Elétrica, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. diniz@smt.uff.br. O trabalho foi parcialmente financiado pela FAPERJ.

grau de customização e facilidade em agregar novas funcionalidades. Rádios Cognitivos são SDRs com capacidade de se adaptar ao ambiente de transmissão, decidindo sobre o uso de uma faixa de frequência a partir do nível de poluição espectral [1].

O *hardware* deste trabalho é da família USRP desenvolvido pela Ettus Research, que consiste em uma *motherboard* fornecendo *clock* e sincronização, uma FPGA (*Field Programmable Gate Array*), conversores A/D e D/A, interface *host-processor* e regulador de tensão [1]. O sistema possui também duas *daughterboards* utilizadas para modulação e filtragem. As *daughterboards* estão esquematizadas na Fig.1, em que se pode observar a ligação com o *software* GnuRadio.

Foi utilizado o *GnuRadio Companion*, que é um *software* livre recomendado para se trabalhar em conjunto com o USRP. Possui um conjunto de bibliotecas para programação utilizando diagrama de blocos em C++. Ao se ligarem os blocos, forma-se um diagrama de fluxo que é salvo no padrão do GnuRadio, e que gera um arquivo na linguagem Python [3].

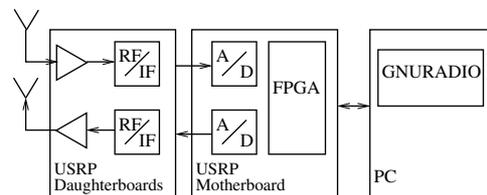


Fig. 1. Diagrama de Blocos do USRP.

III. TRANSMISSÃO UTILIZANDO OFDM

A técnica OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) foi desenvolvida para apresentar vantagens no combate à interferência intersimbólica (ISI). OFDM consiste na formação de conjuntos de dados, cada um modulando uma sub-portadora. A dispersão temporal, causada pela seletividade em frequência no canal, degrada o desempenho dos sistemas de comunicação. A fim de tratar essa interferência, é inserido um intervalo de guarda preenchido pelo chamado prefixo cíclico (CP) que é uma cópia do final do símbolo original. O sinal OFDM é então criado através da Transformada Rápida de Fourier Inversa (IFFT). A utilização do prefixo cíclico e da IFFT garantem a ortogonalidade das sub-portadoras [4].

A. Implementação do Sistema OFDM

Na Fig. 2, referente à transmissão OFDM, “Stream Converter” é responsável por estabelecer um comprimento fixo

para os pacotes transmitidos. É utilizada a modulação QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*) para o “payload” e BPSK (*Binary PSK*) para o “header”.

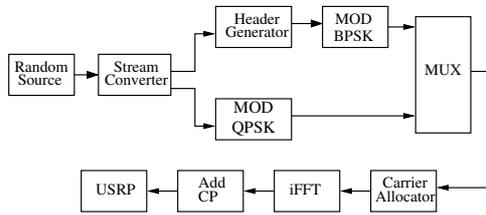


Fig. 2. Diagrama de Blocos: Transmissor OFDM.

Em “Carrier Allocator” as sub-portadoras foram distribuídas de maneira que cinco delas são utilizadas apenas para acomodar os símbolos piloto, responsáveis pela sinalização, de modo a permitir a sincronização na recepção. Para fazer a sincronização há também as “sync words” que são bits de treinamento utilizados para estimar o canal. Em seguida é feita a IFFT no sinal, de tamanho 64, e inserido um CP de tamanho $64/4 = 16$. Portanto, tem-se $64 - 16 = 52$ sub-portadoras alocadas (5 para símbolos piloto e 47 para os dados)

Os símbolos OFDM são transmitidos pelo USRP com frequência de amostragem de 500 kHz na frequência de 950 MHz. A banda utilizada $BW = f_s(p/N) = 500000 \cdot 52/64 = 406250 \approx 400$ kHz, onde f_s é a frequência de amostragem, p é a quantidade de sub-portadoras ocupadas e N é o tamanho da FFT. Pela Fig. 3, pode-se confirmar que $BW \approx 400$ kHz.

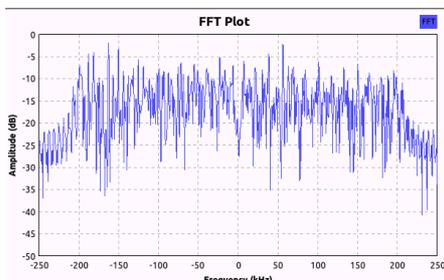


Fig. 3. Espectro OFDM.

O sinal é recebido por outro radio conectado a um notebook que executa o diagrama da Fig.4. O “DEMUX” separa o “header” do “payload” transmitidos na parte superior e inferior do diagrama, respectivamente. Na parte superior, após passar pelo bloco “FFT” o “header” é demodulado e suas informações são utilizadas em “Equalizer” e em seguida os símbolos piloto são eliminados, sendo informado ao “DEMUX” que o processamento terminou, sinalizando para começar a processar o próximo pacote. Na parte inferior, o “payload” passa pela “FFT”, o CP é removido e os símbolos são demodulados de modo a obter o vetor recebido.

IV. RESULTADOS

Foram realizadas medições em ambiente *indoor* para se validar a implementação em termos da taxa de erro de bit (BER) para vários valores de razão sinal-ruído (SNR) como mostrado na Fig. 5. O objetivo deste experimento é transmitir

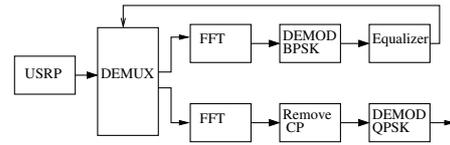


Fig. 4. Diagrama de Blocos: Receptor OFDM.

símbolos aleatórios de um rádio para outro e observar o comportamento da curva de BER à medida que o ganho tanto de transmissão quanto de recepção dos rádios era alterado. A distância de 1,70 m entre os rádios foi escolhida de modo a ter certeza que estaríamos operando na região de campo distante, ou seja, $d_f = \frac{2D^2}{\lambda}$, onde $d_f = 25,39$ cm é a distância de Fraunhofer, D o comprimento da antena e λ é o comprimento de onda.

A SNR foi calculada a partir da potência do ruído na recepção com o transmissor desligado e a potência do sinal com ruído. O cálculo da BER foi feito com base nos sinais transmitido e recebido. Com o intuito de se obter resultados mais precisos, para cada configuração foram realizadas 10 medições e em seguida a média da BER foi calculada. Os resultados obtidos estão de acordo com o previsto teoricamente.

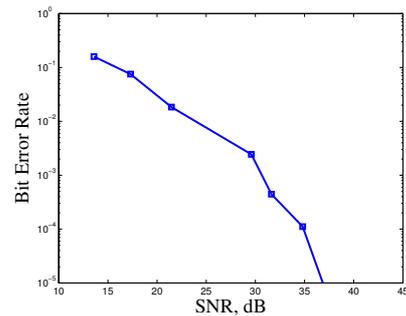


Fig. 5. Medidas de BER para OFDM.

V. CONCLUSÕES

O experimento implementado com os radios USRP via Gnu-Radio transmite em tempo real um vetor aleatório utilizando a técnica OFDM. Foi possível configurar os parâmetros com uma certa liberdade, e assim gerar o espectro OFDM condizente do que se espera teoricamente. À medida que se variavam os ganhos dos rádios encontraram-se valores baixos de BER, viabilizando o sistema OFDM apresentado.

ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem à FAPERJ pelo financiamento deste trabalho de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] M.Taha. et al, *Implementation of a wireless OFDM system using USRP 2 and USRP N210 kits*. Graduation Project. Cairo University, July, 2012.
- [2] C. R. Johson, Jr. et al, *Software Receiver Design. Build Your Own Digital Communications System in Five Easy Steps*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2011.
- [3] *ETTUS USRP Manual*, <http://files.ettus.com/manual/>, acessado em Março de 2015.
- [4] S. Haykin, *Sistemas de Comunicação*, 4a. ed., Bookman, Porto Alegre, RS, 2004.