

# RÁDIO DEFINIDO POR SOFTWARE: O PRÓXIMO SALTO NO MUNDO DAS TELECOMUNICAÇÕES E COMPUTAÇÃO

ANDRÉ GUSTAVO MONTEIRO LIMA

*Engenharia de Telecomunicações  
Universidade de Brasília - UnB*

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

*e-mail: [glima@revdigonline.com](mailto:glima@revdigonline.com)*

Resumo – Imagine-se modificando o seu aparelho celular de TDMA para CDMA pelo simples download de software através da INTERNET ou mesmo via rádio diretamente de uma ERB. Ou um turista, que ao viajar pela América do Sul simplesmente liga o seu celular e o aparelho se reconfigura automaticamente para a faixa de frequências e interface aérea da operadora do país em questão. Com a chegada da TV Digital, um software poderá ser carregado no aparelho celular de forma a poder assistir e interagir com a programação local. Enfim, este mesmo aparelho poderia ser reconfigurado para uma série de serviços, tarefas e aplicativos simplesmente pela substituição de softwares, desde a camada física até a camada de aplicação. Este é o cenário esperado para um futuro próximo, cuja tecnologia chave para o seu desenvolvimento é a de Rádios Definidos por Software (RDS). Neste artigo será dada uma rápida e breve descrição da filosofia dos RDS, com os grandes desafios a serem superados no futuro e com os benefícios potenciais para o caso particular do Brasil.

Abstract - Imagine yourself modifying your mobile terminal of TDMA to CDMA through a simple software download by the INTERNET or even via radio directly of an ERB. Or a tourist, during a travel in the South America that simply turn on his cellular and the mobile terminal is reconfigured automatically to the air interfaces and the frequencies of the local operator at the country. With the arrival of Digital TV, a software can be carried in the cellular apparel in way to watch and to interact with the local programming. Finally, this same apparel could simply be reconfigured for a series of services, tasks and applications by the substitution of softwares, since the physical layer up the application layer. This is the expected scenario for a close future, whose key technology for its development is the Software Defined Radio (SDR). In this article a fast and brief description of the philosophy of RDS will be given, with the great challenges to be overcome in the future and with the potential benefits for the particular case of Brazil.

Keywords – Software Defined Radio, SDR, pos-IMT-2000.

## 1 Introdução

Com origem nos sistemas militares do Departamento de Defesa Americano (DoD), o RDS (Software Defined Radio – SDR) surgiu da necessidade de integração das várias interfaces aéreas existentes nos seus Sistemas de Comando e Controle (SC2). De forma a se obter esta interoperabilidade, tornou-se necessário desenvolver rádios que interagissem simultaneamente com duas interfaces aéreas ou mais e nas várias faixas de frequências existentes, executando a função de um *gateway*, e que pudesse ser modificado por uma simples troca de software, sem a necessidade de maiores ajustes em hardware, aumentando a vida

útil dos equipamentos e resultando em uma maior relação Custo/Benefício. Problema análogo é vivido no mundo da telefonia móvel comercial, a qual possui diversas interfaces aéreas em funcionamento nas várias administrações e em faixas de frequências diferentes. De forma a se obter uma globalização das comunicações móveis, há de se definir uma forma de criar interoperabilidade entre os diversos sistemas, seja por uma padronização de interfaces aéreas, seja através de soluções tecnológicas.

## 2 Histórico

Pode-se dizer que os passos iniciais no sentido de se obter uma

integração de sistemas móveis foi em 1970, quando o DoD desenvolveu o primeiro rádio multibanda HF/VHF com espalhamento no espectro e salto de frequência na faixa de 2 a 88MHz [1]. Seguindo nas pesquisas da Defesa Americana, em 1980 o JARECO (Jam Resistant Communication) resultou em um sistema que podia emular voz digital, técnicas de correção de erros, salto em códigos, frequências e tempo, e as técnicas de modulação FSK, MSK e CCSK [2]. Utilizava processadores Motorola e era escrito em C e Assembler. Em 1992 surgiu o primeiro rádio programável, após 20 anos de pesquisa do ICNIA (Integrated Communications Navigation Identification Avionics) [3]. Esta pesquisa visava otimizar problemas de espaço em aeronaves através do conceito de funções integradas em módulos programáveis comuns para suportar diversos serviços: HF / VHF / UHF / AM / FM / GPS / SATCOM / SINCGARS, etc. Ainda em 1990, o projeto TAJPSP (Tactical Anti-Jam Programmable Signal Processor) foi criado pela necessidade de maior interoperabilidade e maior capacidade em um simples equipamento. Tinha como objetivo desenvolver um processador capaz de operar com simultâneas formas de onda através de uma arquitetura e sistema operacional adequados. Sem sucesso, devido à dificuldade de interoperar com o produto do ICNIA e problemas de conflitos de dados no processador, foi realizada uma reengenharia da pesquisa e uma mudança de nome. Nasce, então, o SPEAKeasy [4]. O SPEAKeasy fase I teve início em 1992 com o objetivo de implementar um rádio e funções de forma de onda programáveis, genéricas e práticas, de forma a maximizar a flexibilidade e melhorar a programabilidade; maximizar a quantidade de funções alocadas nos processadores digitais de sinais, reduzindo custos e hardware. Em 1994 foram realizados testes em campo entre duas interfaces aéreas do DoD (SINCGARS e Have Quick), obtendo-se sucesso. Em 1995 deu-se início ao SPEAKeasy fase II visando obter uma definição modular de um sistema de arquitetura aberta; programabilidade e reprogramabilidade; e capacidade para suportar quatro formas de ondas diferentes de forma simultâneas. Em 1996 foi firmado um memorando de entendimento pela Alemanha, Estados Unidos, França e Inglaterra, o FM3TR LTTP (Future Multiband Multiwave Form Modular Tactical

Radio – FM3TR Long Term Technology Program – LTTP). Este buscava desenvolver e avaliar tecnologias de rádio relevantes a serem incluídas nos sistemas rádios táticos. O resultado desta análise seria o suporte para a padronização de técnicas, procedimentos e metodologias para o desenvolvimento de um rádio com tecnologia avançada a um custo efetivo. Em 1998, implementações baseadas nas padronizações propostas foram realizadas e com um período de 8 horas de pequenos ajustes em softwares a interoperabilidade entre os protótipos foi alcançada.

Em paralelo ao início do SPEAKeasy II, uma versão voltada à indústria comercial dos projetos de pesquisas em rádios definidos por software foi lançada com o nome MMITS Forum (Modular Multifunctions Information Transfer System) com o objetivo de acelerar o desenvolvimento e uso de rádios definidos por software; definição de uma arquitetura aberta para sistemas sem fio; padronizar interfaces, softwares e funcionalidades que as indústrias poderiam seguir na construção de seu sistemas, etc. Este mesmo Fórum veio mais tarde a se chamar SDR Forum, denominação que permanece até os dias atuais [5]. Neste momento inicia-se a convergência das pesquisas voltadas para as áreas militares e sistemas de comunicações comerciais.

O ponto de união entre as duas áreas surge dos resultados obtidos na padronização dos sistemas IMT-2000 (International Mobile Telecommunications – 2000). Em 1992 foram iniciados trabalhos de padronização conduzidos pela UIT (União Internacional de Telecomunicações) de um sistema de comunicações móveis global. O objetivo deste trabalho era obter uma interface aérea única e uma harmonização do espectro disponível ao serviço em todo o mundo. Desta forma, um terminal móvel poderia ser utilizado em qualquer lugar, a qualquer tempo sem sofrer efeitos de continuidade nos serviços. Em 2001 foram concluídos os trabalhos, mas os objetivos não foram amplamente alcançados. A UIT adotou um conjunto de cinco interfaces aéreas: UTRAN, CDMA-2000, UWC-136, DECT e o SC-CDMA [6]. Portanto, há de se definir uma maneira de se conseguir a continuidade do serviço fornecido em qualquer lugar onde o usuário esteja localizado. O RDS é uma possibilidade de solução para este problema. Provido de reconfigurabilidade, um terminal pode se adaptar a qualquer

interface aérea, bastando realizar um download dos novos parâmetros.

### 3 Princípios do RDS

A figura 1 apresenta a filosofia de um sistema rádio definido por software ideal [7]. Atualmente, quase todos os rádios utilizam-se de software em sua implementação. Isto não significa dizer que o rádio é definido por software em sua essência, mas sim que o rádio é baseado em software. Nestes rádios, geralmente a substituição de itens da interface aérea baseados em software implicam em ajustes de hardware. No RDS "puro", o objetivo é realizar a digitalização do sinal na antena, sendo todo o processamento restante realizado através de software. Com a facilidade de ajustes e modificações no rádio pela simples troca de software, torna-se possível implementar rádios multibanda, multimodo, com um alto grau de customização, conduzindo a uma independência do usuário para configurar o rádio com uma segurança de informação própria e com formas de onda que lhe sejam mais convenientes.

Fazendo uma analogia, não se adquire um computador com todos os sistemas corporativos de controle de estoque, financeiro, etc. Compra-se somente o computador e os sistemas que rodam nele, protocolos de redes utilizadas, são todos definidos pelo usuário através de configuração adequada e uso de sistemas desenvolvidos pelo próprio usuário. Esta é a proposta de um RDS, o qual poderá ser adquirido pela capacidade necessária às aplicações do usuário, sendo o mesmo completamente configurado para o uso específico. Obviamente, estes conceitos somente serão alcançados através de uma adequada padronização.

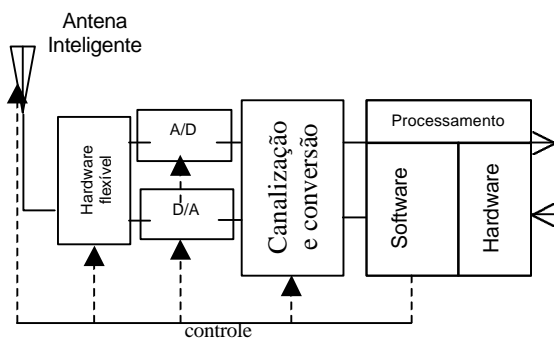


Figura 1 – Diagrama de Blocos de um RDS

Na figura 1, a antena inteligente, o hardware flexível e os conversores A/D-D/A compõem o módulo *front-end* RF. Este é o único módulo do RDS baseado essencialmente em hardware. Observa-se que a digitalização do sinal rádio foi deslocada da banda base para o estágio em RF de frequência intermediária (FI). Pretende-se que a conversão A/D-D/A seja realizada imediatamente após o amplificador de baixo ruído e dos filtros *anti-aliasing*, eliminando-se o processamento analógico da FI. A figura 2 apresenta uma proposta para um *front-end* RF de um RDS [8].

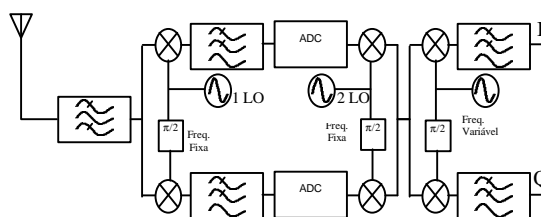


Figura 2 – Proposta de *front-end* RF para RDS

Na figura 2, os sinais em banda básica digitalizados são reconvertidos para a FI programável com rejeição de imagem. Os sinais FI são digitalmente *down-convertidos* para a banda básica pela seleção do canal desejado. O filtro passa-banda na entrada é adotado para provocar uma melhoria nas características de rejeição de imagem.

Após a conversão realizada na figura 2, são executados os processamentos dos sinais baseados em hardware e software. Este processamento envolve todas as etapas de um transceptor digital comum: codificação da fonte, codificação do canal, modulação, sincronismo, equalização, etc. O hardware deste processamento deve ser baseado em FPGA (Field Programmable Gate Arrays), processadores Digitais de Sinais (PDS) ou ASIC's (Application Specific Integrated Circuits) ou qualquer outro dispositivo com características equivalentes. Já o software envolve uma variedade de algoritmos, *middleware*, CORBA (Common Object Request Broker Architecture), MRV (Máquina de Rádio Virtual), etc.

A grande questão atual é definir qual o dispositivo mais adequado para compor o hardware de um RDS – Figura 3. A execução do processamento no PDS torna o rádio flexível e com um bom desempenho, mas traz como contra-partida um maior consumo de potência. Os ASIC's

reduzem este consumo de energia, além de promover melhores condições para a miniaturização dos equipamentos. Por outro lado, não oferecem a flexibilidade de reconfiguração do equipamento pela simples troca de software. Os FPGA's situam-se em uma posição intermediária entre os PDS e os ASIC's. O grande problema existente com estes dispositivos é a tecnologia de síntese existente, a qual não aproveita todo o conjunto de portas lógicas de maneira otimizada. Além disso, a reconfiguração do FPGA não é tão dinâmica quanto em um PDS, de forma que, em um ambiente extremamente dinâmico, haverá a necessidade de FPGA's mais potentes com uma quantidade de memória auxiliar maior. Finalmente, há um domínio maior da linguagem de programação C, geralmente utilizadas nos PDS, do que a VHDL, utilizada nos FPGA's. Talvez uma solução híbrida seja mais adequada no estado da arte atual.

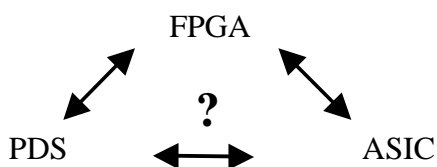


Figura 3 – Possibilidades de plataformas de hardware para um RDS

Quanto ao processamento em software, as MRV representam uma maior flexibilidade e portabilidade do software, com custo reduzido e integração do mercado militar ao comercial, de forma a absorver todas as pesquisas realizada na área de comunicações bélicas às linhas de produção comerciais, reduzindo os custos dos produtos militares. MRV, em conjunto com Máquinas Virtuais Java (Java Virtual Machine – JVM), simplificam o desenvolvimento de RDS uma vez que promovem um middleware comum para os desenvolvedores de hardware e de software [9]. Algumas indústrias já desenvolvem chips que permitem a execução direta de códigos Java e versões em tempo real estão sendo propostas [10].

Uma modelagem orientada a objetos (OO) tem sido adotada nas pesquisas e desenvolvimentos de RDS. Neste sentido, cada conjunto de ações no rádio é representada por classes com suas propriedades e processos inerentes. A reconfiguração do rádio consiste, então, em realizar uma instanciação das classes

modeladas. O UML (Unified Modelling Language) tem sido adotado para realizar esta modelagem. Soluções tais como o CORBA e Java RMI, permitem incorporar métodos de forma a realizar funções de despacho, distribuir e invocar remotamente objetos e métodos distribuídos em uma rede de comunicações.

Concluindo-se a análise da figura 1, percebe-se a existência de controles atuando em todo o rádio. Estes controles são fundamentais na administração da reconfigurabilidade e adaptabilidade do RDS. Através do reconhecimento do sinal recebido, pode enviar sinais para a substituição de técnicas de modulação e outros itens da interface aérea, do interfaceamento com o usuário, etc. Este módulo de controle administra também o download de novas classes ou objetos para o RDS, seja através de um cartão magnético, de um periférico conectado ao terminal, pela INTERNET ou através de ondas de rádio – Figura 4. Em função dos aspectos de segurança, há todo um estudo sendo realizado nesta área de forma a certificar e autenticar o download, bem como permitir a tarifação do serviço em sistemas comerciais.

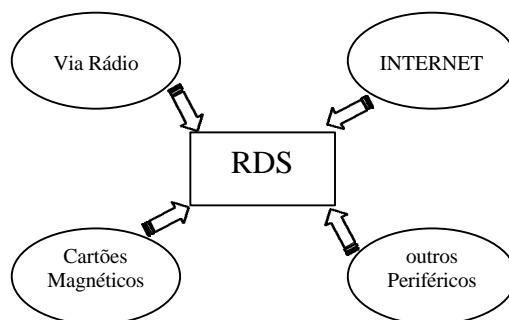


Figura 4 – Possibilidades de download de parâmetros do RDS

## 5 Conclusão

Através deste artigo, foram abordados aspectos genéricos de forma não aprofundada da filosofia do RDS. Pode-se perceber que tal assunto envolve um extenso leque de estudos e pesquisas. Visualisa-se uma quebra de paradigmas em toda teoria desenvolvida até o presente momento na área de comunicações digitais, criando-se uma nova dimensão a tantas áreas em crescente

desenvolvimento, como é o exemplo das comunicações móveis, em particular, de terceira e quarta geração. Pode-se comparar o surgimento desta tecnologia com o surgimento dos circuitos integrados, o qual revolucionou a ciência em nível mundial.

A atual posição ocupada pelo Brasil na área de desenvolvimento de software aponta para um bom potencial de independência tecnológica em RDS. Esta é uma oportunidade ímpar na busca de uma posição de país desenvolvido tecnologicamente que não deve deixar de ser considerada.

### Agradecimentos

Ao Eduardo Wolski e ao Prof. Leonardo Menezes, pelo excelente trabalho de pesquisa que estamos desenvolvendo em conjunto na área de Rádio Definido por Software na Universidade de Brasília (UnB), permitindo o conhecimento mútuo dos vários ramos que envolve esta nova tecnologia.

### Referências Bibliográficas

- [1] Tuttlebee, W. *Software Defined Radio, Origins, Drivers and International Perspectives*. John Wiley & Sons, 2000.
- [2] *Jam resistant communications-JARECO*, M/A-COM Government Systems, Contract Number F30602-86-C-0230, Final Technical Report, 1989.
- [3] Camana, P. C. *ICNIA: the new avionics*. TRW Space & Defense Sector's Quest Magazine, 1987.
- [4] Bonser; Wayne; Schreik; Frank, J.; Upmal, D. W. *SPEAKEASY, the universal radio for the 21<sup>st</sup> century*. Milcom, 1995.
- [5] [www.sdrforum.org](http://www.sdrforum.org).
- [6] Assis, M. S.; André G. M. Lima. *A Terceira Geração das Comunicações Móveis*. Revista Militar de Ciência e Tecnologia, 2001.
- [7] Jeffrey H. Reed. *Software Radio - A Modern Approach to Radio Engineering*. Prentice Hall, 2002.
- [8] Yoshida, H.; Tsurumi, H.; Suzuki, Y. *Broadband RF Front-end and Software Execution Procedure in Software Defined Radio*. VTC'99/IEEE.
- [9] Gudaitis, M.; Dr. Joseph Mitola III. *The Radio Virtual Machine*. 2000.
- [10] Berkeley's Ptolemy II Project (<http://ptolemy.eecs.berkeley.edu>) e Lavalogic's Forge Tool ([http://www.lavalogic.com/producto/wp\\_forge.html](http://www.lavalogic.com/producto/wp_forge.html)).

### Biografia



André Gustavo Monteiro Lima, cursando o doutorado em engenharia elétrica na UnB, com pesquisa na área de *Software Defined Radio* (SDR).