



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Proposta de Plano de Trabalho para Doutorado

**Arquitetura de Rádio Definido por Software para
Desenvolvimento Integrado de Protocolos**

Aluno: Roberto de Matos

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Augusto Bezerra

Florianópolis, Fevereiro de 2012

Sumário

1	Dados Gerais	3
2	Introdução	3
3	Estado da Arte	3
4	Motivação	4
5	Objetivo	4
6	Metodologia	5
7	Disciplinas a Serem Validadas	5
8	Disciplinas a Serem Cursadas	5
9	Cronograma	6
10	Estágio Sanduíche	6

1 Dados Gerais

Área de concentração: Comunicações e Processamento de Sinais

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Augusto Bezerra

Local de desenvolvimento: GSE/EEL/CTC/UFSC

Início: Fevereiro de 2012

Previsão de conclusão: Fevereiro de 2016

2 Introdução

Os avanços da tecnologia possibilitaram sistemas computacionais cada vez menores, baratos e mais presentes em nossas vidas, modificando a maneira pela qual fazemos as atividades cotidianas. Esse fato tem aberto um novo campo de estudo para pesquisas de sistemas com poder de processamento, memória e outros recursos computacionais, projetados para uma aplicação específica, denominados sistemas embarcados (do inglês *Embedded Systems*).

Um dos aspectos mais importantes e estudados na área de sistemas embarcados é forma de comunicação e interação dos vários equipamentos existentes. Os sistemas de comunicação levam em conta o domínio da aplicação, o qual delimita os requisitos com relação a capacidade de dados a serem transmitidos, imunidade a fatores externos, alcance e consumo de energia. Dessa forma, implicando na criação de diversos protocolos e estruturas de comunicação co-existent e muitas vezes incompatíveis entre si. A busca por inter-operabilidade através da flexibilização da camada física de sistemas de comunicação utilizando rádios definidos por software (SDR - *Software Defined Radio*) [9], que antes eram direcionados somente para sistemas de grande porte, vem tomando mais espaço em sistemas embarcados [1, 2].

SDR é um rádio que possui o comportamento da sua camada física definida por software [12]. Essa abordagem utiliza software para eliminar limitações dos rádios tradicionais. O SDR ideal elimina quase todo o hardware, apenas o conversor analógico digital (ADC) faz amostragens da antena e envia as ondas de rádio digitalizada para processamento em software. Entretanto, não há ADCs rápidos o suficiente para amostrar toda a largura de banda utilizada. Assim, é necessário uma fase inicial de adaptação da faixa de interesse que deve ser feita pelo hardware, o que diminui minimamente a flexibilidade dos SDRs e não compromete a aplicabilidade [13].

3 Estado da Arte

Em 1991, Joseph Mitola [9] adota o termo SDR para designar rádios com a capacidade de funcionamento em várias faixas de frequência, tipo de modulação, protocolo e potência de transmissão. Onde pelo menos 80% das funcionalidades são providas por software, podendo ser reconfiguráveis ou adaptáveis. Com um grande investimento do governo dos EUA em vários projetos militares os conceitos tornaram-se realizáveis e equipamentos com a nova tecnologia foram produzidos, substituindo os equipamentos antigos utilizados em aplicações militares.

Com o rápido avanço dos SDRs, esforços para padronização dos sistemas começaram com o *SDR forum* [7] e com padrões para aplicações militares como o *Software Communications Architecture* (SCA), que foi desenvolvido no contexto do projeto *Joint Tactical Radio System* (JTRS). Esse projeto criou SDRs que suportam até 40 modos de operação para diminuir os custos, devido ao grande número de sistemas incompatíveis, de ações militares conjuntas da marinha, exército e força aérea.

Atualmente, um dos projetos livres mais difundidos é o *GNU Radio* [3], possuindo uma grande comunidade ativa. Isso se deve, a possibilidade de utilizar um computador pessoal combinado com o mínimo de hardware como plataforma para desenvolver e executar SDRs, transformando os problemas habituais de hardware em problemas de software [13]. O objetivo principal do GNU Radio é permitir a fácil a combinação de poderosos blocos de processamento

de sinais para permitir a modulação, demodulação, ou tratamento de sinais mais complexos. Em conjunto com o GNU Radio, a USRP (*Universal Software Radio Peripheral*) [6] é outra iniciativa interessante da comunidade de software livre. Ela é uma plataforma de baixo custo que provê a interface mínima de hardware para interligar o GNU Radio ao mundo RF.

4 Motivação

A arquitetura dos rádios tradicionais, baseada em hardware, impõem uma série de limitações aos sistemas de comunicação. Cada elemento de hardware da cadeia de recepção ou transmissão exerce uma função específica, os componentes são projetados para operar em uma faixa de frequência e de acordo com um padrão específico. Quando essa faixa de frequência ou algum parâmetro do padrão muda, o rádio não consegue mais codificar e decodificar as informações corretamente. Para operar sob os novos padrões, todo o sistema tem que ser novamente projetado e os componentes de hardware substituídos. Outra limitação são os múltiplos rádios para múltiplos serviços, por exemplo, um dispositivo que oferece conexão 802.11b e Bluetooth possui os mesmos componentes de hardware repetidos, apenas com configurações diferentes. Isso aumenta a necessidade de espaço físico e o consumo de energia, impondo dificuldades para integrar vários serviços em um único dispositivo.

Com *Software Defined Radio* é possível prover um rádio com a camada física completamente reconfigurável, permitindo flexibilidade em vários parâmetros de comunicação como faixa de frequência, tipo de modulação, protocolo e potência de transmissão [12]. Além disso, como os componentes são desenvolvidos em software, eles podem ser reaproveitados em outras plataformas, testados e modificados facilmente [3].

Várias arquiteturas e frameworks para implementação de SDRs estão disponíveis [3, 6, 2, 15, 8, 1]. Cada ferramenta tem suas próprias regras para criação de blocos de processamento digital de sinais, conexão desses blocos e a maneira como o sinal é processado pela estrutura que forma o rádio. Entretanto a flexibilidade da camada física não é diretamente aproveitada pelos protocolos das camadas superiores por não haver um desenvolvimento de forma integrada. Além disso, problemas relacionadas com as latências nas estruturas de comunicação entre as estruturas heterogêneas de processamento limitam a atuação das camadas superiores no canal de comunicação [5, 11, 14].

5 Objetivo

O objetivo desse trabalho é a criação de uma arquitetura de Rádio Definido por Software que permita o desenvolvimento de forma integrada da camada física flexível com as camadas superiores de protocolos (ex.: MAC), possibilitando o melhor aproveitamento da estrutura desenvolvida pela aplicação. Essa arquitetura deve garantir uma latência máxima do sistema de forma a possibilitar a atuação em tempo hábil das camadas superiores. O intuito é prover uma base para a criação de novos protocolos de cooperação que utilizem de maneira plena a flexibilidade da camada física para melhor aproveitamento do espectro de frequência e melhor adaptação aos requisitos de conectividade, consumo de energia, imunidade a ruídos e alcance de comunicação exigidos pela aplicação. Para isso são definidas as seguintes metas:

1. **Revisão bibliográfica sobre SDR**

Esse objetivo será cumprido com estudos de casos relevantes reportados pela comunidade. Esta etapa é fundamental para determinação dos requisitos e abrangência da arquitetura proposta.

2. **Desenvolvimento da arquitetura**

Implementação da estrutura de hardware e software para suportar o desenvolvimento de SDRs com a camada física integrada as camadas superiores.

3. Validação da arquitetura proposta

Desenvolvimento de uma aplicação com requisitos de flexibilidade da camada física para teste da arquitetura desenvolvida.

4. Disseminação dos resultados do projeto

Os resultados e lições aprendidas serão apresentados a comunidade técnico-científica na forma de artigos em conferências e publicações especializadas

6 Metodologia

A estratégia a ser adotada, será inicialmente uma revisão bibliográfica focando as atuais arquiteturas disponíveis por outros grupos de pesquisa, como o GNU Radio [3, 6], o Wireless open-Access Research Platform (WARP) [15] e o Kansas University Agile Radio (KUAR) [8]. Com essa pesquisa inicial, poderão ser analisadas as principais vantagens e desvantagens de cada projeto, além de determinar os requisitos e abrangência da futura arquitetura.

Posteriormente serão investigadas alternativas embarcadas de plataformas para SDR como o Bell Labs Programmable Radio Platform [1] e o Embedded SDR [2] para comparação com as arquitetura anteriores.

Finalmente, a arquitetura deverá ser implementada e testada seguindo os requisitos determinados nas primeiras fases de planejamento.

7 Disciplinas a Serem Validadas

A lista das disciplinas a serem validadas é apresentada abaixo. As disciplinas foram cursadas no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas (PGEAS) da UFSC entre os anos de 2007 e 2008.

Disciplina	Conceito	Créditos	Ano
DAS6609000 -Fundamentos de Matemática Discreta para Controle e Automação	B	3	2007/1
DAS9002000 -Técnicas de Implementação de Sistemas Automatizados	A	3	2007/1
DAS6606000 -Redes de Comunicação para Controle e Automação Industrial	B	3	2007/2
DAS6607000 -IA Aplicada à Controle de Processos e Automação Industrial	B	3	2007/2
DAS6606000 -Sistemas Distribuídos	B	3	2007/2
DAS9007000 -Sistemas de Tempo Real	B	3	2007/3
DAS9020003 -Metodologia Científica	A	3	2007/3
DAS9050007 -Trab. O. em Eng. de Aut. e Sist	A	3	2008/3
Revalidação da Dissertação de Mestrado	-	6	2009/1

Tabela 1: Lista de disciplinas a serem validadas.

8 Disciplinas a Serem Cursadas

As disciplinas serão cursadas ao longo do primeiro ano do curso de doutorado. A lista de disciplinas abaixo proposta poderá sofrer alterações conforme o reaproveitamento das disciplinas cursadas no mestrado.

Código	Disciplina
C-Embarcados	Projeto e Desenvolvimento de Sistemas Embarcados
TA-Topicoavancado	Tópico Avançado em Engenharia Elétrica
C-TOPICOESPECIAL	Tópico Especial em Engenharia Elétrica
EEL 6703	Sinais e Sistemas Lineares

Tabela 2: Lista de disciplinas a serem cursadas.

9 Cronograma

O cronograma do trabalho é apresentado abaixo.

Trimestre	Atividade
1º/2012	Cumprimento dos créditos obrigatórios. Revisão bibliográfica.
2º/2012	Cumprimento dos créditos obrigatórios. Revisão bibliográfica. Pesquisa das Arquiteturas dos SDRs
3º/2012	Cumprimento dos créditos obrigatórios. Revisão bibliográfica. Pesquisa das Arquiteturas dos SDRs
1º/2013	Preparação para o exame de qualificação
2º/2013	Preparação para o exame de qualificação Escrita do texto para o exame de qualificação
3º/2013	Escrita do texto para o exame de qualificação Apresentação do exame de qualificação
1º/2014	Estágio Sanduíche Desenvolvimento do trabalho
2º/2014	Estágio Sanduíche Desenvolvimento do trabalho Testes e Avaliação
3º/2014	Estágio Sanduíche Desenvolvimento do trabalho Testes e Avaliação
1º/2015	Finalização do desenvolvimento Testes e Avaliação Aplicação Piloto Escrita da tese
2º/2015	Escrita da tese
3º/2015	Escrita da tese Conclusão e defesa da tese

Tabela 3: Cronograma do plano de trabalho.

10 Estágio Sanduíche

Como é mostrado no cronograma, após o exame de qualificação está previsto um estágio no exterior que visa a aproximação a um grupo de trabalho com experiência no desenvolvimento de arquiteturas para SDRs. Durante esse estágio as tarefas previstas são o desenvolvimento, testes e avaliação da nova arquitetura.

Existem vários grupos desenvolvendo soluções livres para SDRs, como por exemplo, o NESL [10], que faz parte da Universidade da Califórnia (UCLA) e possui grande experiência técnico-científica no GNU Radio. Além disso, outro grupo em potencial é o CNSL [4] da Universidade do Kansas, que pode contribuir com a experiência adquirida durante o desenvolvimento do projeto KUAR [8]

Referências

- [1] Bryan Ackland, Dipankar Raychaudhuri, Michael Bushnell, Christopher Rose, and Ivan Seskar. High performance cognitive radio platform with integrated physical and network layer capabilities. Technical report, <http://www.winlab.rutgers.edu/pub/docs/NeTS-ProWiN1.pdf>, Jul 2005.
- [2] Philip Balister, Tom Tsou, and Jeffrey H. Reed. Software defined radio on small form factor systems, Mar 2007.
- [3] Eric Blossom. Gnu radio. <http://www.gnu.org/software/gnuradio>, 2009.
- [4] CNSL. Communications and networking systems laboratory. http://www.ittc.ku.edu/research/view_lab.phtml?lab=CNSL, 2009.
- [5] Rahul Dhar, Gesly George, Amit Malani, and Peter Steenkiste. Supporting integrated mac and phy software development for the usrp sdr. In *Networking Technologies for Software Defined Radio Networks, 2006. SDR '06.1st IEEE Workshop on*, pages 68–77, Sept. 2006.
- [6] Matt Ettus. Universal software radio peripheral. <http://www.ettus.com/>, 2009.
- [7] SDR Forum. <http://www.sdrforum.org/>, 2009.
- [8] KUAR. Kansas university agile radio. <https://agileradio.ittc.ku.edu/>, 2009.
- [9] J. Mitola. The software radio architecture. *Communications Magazine, IEEE*, 33(5):26–38, May 1995.
- [10] NESL. Networked and embedded systems laboratory. <http://nesl.ee.ucla.edu/>, 2009.
- [11] George Nychis, Thibaud Hottelier, Zhuocheng Yang, Srinivasan Seshan, and Peter Steenkiste. Enabling mac protocol implementations on software-defined radios. In *NSDI'09: Proceedings of the 6th USENIX symposium on Networked systems design and implementation*, pages 91–105, Berkeley, CA, USA, 2009. USENIX Association.
- [12] Jeffrey Reed. *Software radio: a modern approach to radio engineering*. Prentice Hall Press, Upper Saddle River, NJ, USA, 2002.
- [13] Thomas Schmid, Tad Dreier, and Mani B. Srivastava. Software Radio Implementation of Shortrange Wireless Standards for Sensor Networking. In *Conference On Embedded Networked Sensor Systems*, 2006.
- [14] Thomas Schmid, Oussama Sekkat, and Mani B. Srivastava. An experimental study of network performance impact of increased latency in software defined radios. In *WinTECH '07: Proceedings of the the second ACM international workshop on Wireless network test-beds, experimental evaluation and characterization*, pages 59–66, New York, NY, USA, 2007. ACM.
- [15] WARP. Rice university wireless open-access research platform (warp). <http://warp.rice.edu>, 2009.