

Desenvolvimento de um Sistema de Gestão Industrial (Hardware/Software) Baseado no padrão IEEE 1451

Alexsandro M. Carneiro¹, Diego Gimenez Pedroso¹, Fabiano de Assis Sobrinho¹,
Edvaldo Francisco Freitas Lima², Mauro Conti Pereira²

¹Engenharia De Computação – Universidade Católica Dom Bosco (UCDB)
Caixa Postal 15.064 – 79.117-900 – Campo Grande – MS – Brasil

²Engenharia De Controle e Automação – Universidade Católica Dom Bosco (UCDB)
Caixa Postal 15.064 – 79.117-900 – Campo Grande – MS – Brasil

ec@ucdb.br, {dgimp89,fa.sobrinho}@gmail.com, {rf4153,em}@ucdb.br

Abstract. *The demand for integration of enterprise systems with dedicated systems in the industry in its different platforms has increased considerably in recent years, emerging as the need to interconnect both reliably, from ERP systems to the shop floor. Given this reality, this research presents an attractive and viable way for direct integration between hardware and software using a standard recognized worldwide for this environment, IEEE 1451. There are basically implemented architecture is composed of a mediator system (Middleware) on the web that provides the interconnection of enterprise systems to a wide range of transducers, for this was implemented we reconfigurable network with communication capabilities creating Smart transducers.*

Resumo. *A demanda pela integração de sistemas corporativos com sistemas dedicados na indústria em suas diferentes plataformas tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, surgindo à necessidade de como interconectar ambos de forma confiável, desde os sistemas ERP até o chão de fábrica. Diante desta realidade, esta pesquisa apresenta uma forma atrativa e viável para integração direta entre hardware e software utilizando um padrão reconhecido mundialmente para este ambiente, o IEEE 1451. Basicamente há arquitetura implementada é composta por um sistema mediador (Middleware) na web que proporciona a interconexão dos sistemas corporativos até um vasto conjunto de transdutores, para isso foi implementado nós reconfiguráveis com capacidade de comunicação em rede criando Transdutores Inteligentes.*

1. Introdução

O cenário econômico mundial está em constante evolução, é crescente o número de corporações ampliando seus segmentos de atuação e com necessidade de controle confiável, unificado e em tempo real. O monitoramento da planta industrial traz benefícios, por exemplo, menor ocorrência de falhas, conservação de recursos naturais, aumento de produtividade e melhora no tempo de resposta para os casos de emergência. Muitas corporações ainda encontram dificuldades neste cenário, onde são ocasionadas na maioria dos casos pela complexidade de integração entre sistemas destinados a processos específicos e a inexistência de modelos pré-fabricados por segmentos [Numa, 1999]. Devido há este contexto surge o padrão IEEE 1451, com objetivo de simplificar

a conectividade entre os dispositivos e subsistemas na indústria, padronizando por meio de seus comitês um conjunto de procedimentos, métodos e ferramentas para compor um sistema em rede com transdutores inteligentes [Rossi, 2005],[Batista, 2009]. Kang Lee, líder do *Sensor Development and Application Group do NIST (National Institute Standards and Technology)*, em [Lee, 2009],[Lee, 2005] descreve o padrão IEEE 1451 como um conjunto de interfaces de transdutores independente de fabricantes e tipos de redes, para conectar sensores a redes e sistemas de instrumentação. Diversos projetos foram implementados usando o referido padrão. Já [Oliva, 2012] apresentou o desenvolvimento de uma arquitetura de sensores inteligentes para medição de grandezas para análise da qualidade de gás natural. Em 1997 apresentou-se nós com capacidade de comunicação em rede (NCAP) e módulos de interface sensor transdutor (STIM), todos conectados à rede via um processo (gateway) [Schneeman and Lee,1997]. Um outro projeto propôs um sensor-web para monitoramento de potência, o objetivo era reduzir o custo do módulo, chamado pelos autores de IP Power Sensor, o NCAP e STIM dividiram um mesmo microprocessador [Ding, Ding, Tao, 2007]. Com base nestas informações o presente projeto desenvolveu duas ferramentas integradas, um software denominado SGI (Sistema de Gestão Industrial) e um Hardware de controle. Estes dois subsistemas proporcionou a gerencia de uma planta industrial em um Kit Didático eletropneumático da Universidade Católica Dom Bosco (UCDB). De forma geral o SGI é capaz de integrar sistemas *Enterprise Resource Planning - ERP* com plantas industriais por meio de seu modelo de marcação e protocolos de comunicação em rede (Ethernet). Já o subsistema de hardware possui como funcionalidades o monitoramento físico dos equipamentos a partir de comandos recebidos via SGI. Os atuadores escolhidos foram dois pistões pneumáticos com sensores de avanço e recuo, presentes no kit didático. Uma placa eletrônica para condicionamento de sinais foi projetada e ligada aos transdutores e ao nó controlador (Placa FPGA). O nó controlador foi implementado em uma placa FPGA DE2 da empresa *ALTERA Corporations* usando linguagem VHDL e NIOS II (Programado em linguagem C com a lógica de controle e comunicação do dispositivo). A figura 1 apresenta a arquitetura geral do modelo desenvolvido no projeto.

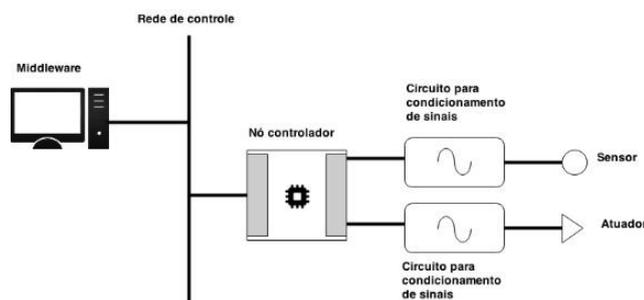


Figura 1 - Modelo Desenvolvido

Os resultados alcançados pelo subsistema de gestão industrial (SGI) e do hardware desenvolvido demonstrou que é possível, reduzir custos, simplificar e flexibilizar o controle de manutenção de transdutores em uma planta industrial baseado no padrão IEEE 1451, de forma simplificada, com interface padronizada, robusta e de baixa complexidade, implementando uma instrumentação distribuída necessária nestes

ambientes, cujo custo de projeto e implantação são obstáculos para seu uso. Atualmente tal ambiente só é possível em indústrias de grande porte.

2. Transdutores Inteligentes

O uso de tecnologia é uma realidade em diversos mercados entre eles os ambientes industriais. O cenário dos processos industriais é altamente competitivo e baseado em inovações [Altera.com, 2011]. Diante deste contexto, a norma IEEE 1451 estabelecida pelo *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE) aliado ao *National Institute of Standard and Technology* (NIST) propõe através de seus setes comitês um novo conceito acompanhado de ferramentas padronizadas para desenvolvimento de transdutores inteligentes, sendo estes interconectados há um conjunto heterogêneo de mecanismo I/O existentes no mercado internacional [Batista, 2009]. O objetivo da norma é simplificar a conectividade de transdutores em ambientes de rede, fornecendo um conjunto de interfaces padronizadas, flexíveis e ao mesmo de baixa complexidade, transformando um simples transdutor que inicialmente apenas convertia um sinal de um domínio para outro (mecânico-elétrico, químico-elétrico entre outros), em um dispositivo inteligente, composto por: processadores, memória e funcionalidade de I/O. É possível identificar as múltiplas interfaces no padrão, isso ocorre ao sinalizar o termo IEEE 1451.X. Este X significa que o mecanismo de interconexão dos transdutores pode ser variado: 1451.7 sistemas RFID, 1451.6 Redes *FieldBus* CAN (*Controller Area Network*), 1451.5 sistemas sem fio como rádio ZigBee, Bluetooth e wi-fi [Camargo, 2008].

3. Sistema de Gestão Industrial SGI

O sistema SGI foi caracterizado neste projeto como um *Middleware*, pois trata-se do elemento central que basicamente executa uma linguagem de marcação que define a padronização dos dados, a comunicação entre os sistemas corporativos usados nas grandes empresas com os sistemas dedicados (aplicações que realizam atividades específicas em uma planta industrial, por exemplo, softwares supervisórios que realizam monitoramento e controle de uma linha de produção). Os *Middlewares* são exemplos de sistemas distribuídos (SD), para [RNP,2006] um SD são ambientes nos quais os componentes de hardware ou software estão localizados em computadores interligados em rede, comunicando e coordenando suas ações apenas pelo envio de mensagens entre si.

Para desenvolvimento do SGI foi usado o modelo MVC (*Model View Controller*), cuja aplicação ocorreu por meio das ferramentas *Java Server Faces* (JSF) e *Hibernate*. Especificamente a parte de interface do modelo MVC (*View*) foi programada com framework que permitiu a simplificação do *design* com os diversos atores e componentes gráficos, separando a lógica de negócio de sua apresentação. O *framework* JSF ficou encarregado de estabelecer a comunicação e interação com dispositivos finais (*tablets, browser, desktop* e etc), operando como o controlador que reage ao usuário processando a ação e os eventos de alteração de valores. Uma implementação JSF basicamente se encarrega de: **Criar e descartar Beans** (Classes em Java que expõe suas propriedades através de uma convenção simples de nomes e métodos *getters e setters*), conforme a necessidade (por isso *Managed Beans*); **Ler as propriedades de uma Bean**

enquanto exibe uma página web; e por fim **Alterar o conteúdo das propriedades de uma Bean** quando um formulário (form) é postado. Para (GONÇALVES, 2006) o *Primefaces* é uma biblioteca de componentes, que permitem a criação de interfaces ricas para aplicações web de forma simplificada e eficiente. Por fim o *Hibernate*, este é um projeto interessante que objetiva uma solução completa para problemas de gerenciamento de persistência de dados em Java e plataforma .NET por meio do mapeamento objeto-relacional, que consiste na interação entre objetos do paradigma programação orientada a objetos (POO) e sistemas de gerenciamento de banco de dados relacionais [King, 2005].

4. Subsistema de Hardware

Os Dispositivos lógicos programáveis (PLDs) são hardwares digitais que podem ser reconfigurados eletronicamente. Estes permitem que o usuário final defina as funções lógicas que o circuito vai executar, diferentemente de circuitos integrados de aplicações específicas (*ASICs-Application Specific Integrated Circuits*), que são fabricados com uma função que não pode ser alterada [Torres, 2012]. Um FPGA (*Field Programmable Gate Array*) é um dispositivo PLD de alta capacidade. A sua estrutura é formada por blocos lógicos arranjados em uma matriz, blocos de I/O (In/Out) e interconexões programáveis. Os blocos lógicos têm a capacidade de implementar funções lógicas, os blocos I/O proporcionam acesso de entrada, saída ou até bidirecional ao ambiente externo, já a matriz de interconexões programáveis distribuída interliga os blocos lógicos e os blocos I/O de acordo com a aplicação. Um modo de descrever os circuitos digitais em FPGAs é através das diversas linguagens de descrição de hardware - HDL (*Hardware Description Languages*), por exemplo, Verilog, AHDL (*Altera HDL*) e VHDL (*Very High Speed Integrated Circuit HDL*). Um segundo ponto positivo desta tecnologia está na disponibilidade de suas propriedades intelectuais (IP - *Intellectual Property*) compatíveis com a aplicação. IPs são blocos digitais de projeto disponibilizados pelo fabricante do FPGA, que implementam soluções desenvolvida pela indústria há um conjunto de placas, por exemplo drivers de comunicação em rede. O seu uso permite reduzir o ciclo de vida do desenvolvimento do projeto além de adicionar qualidade, uma vez que a solução foi testada e aprovada por empresas fabricantes, por exemplo, *Altera Corporation*. As IPs usadas nesta pesquisa incluem processadores embutidos e controladores Ethernet, especificamente no processador NIOS II para compor o bloco de comunicação via Rede Ethernet em SGI [Torres, 2012].

5. Projeto e Desenvolvimento do Sistema

A figura 3 mostra o Diagrama de Caso de Uso geral do *Middleware* (SGI) identificando os principais atores (Funcionário e Supervisor) e funcionalidades deste subsistema de software. Os principais casos de uso apontados foram: **Manter Controle de Equipamentos:** atividades relacionadas à manutenção do cadastro de equipamentos no sistema e seus componentes. **Comunicar-se com os Componentes:** permite a coleta e envio de dados de componentes de um equipamento devidamente identificado no sistema. **Manter Ordem de Serviço:** ordens de serviço (cadastrar, consultar, atualizar, remover). Uma ordem de serviço seria confeccionada quando um determinado equipamento apresentar sinais de desgaste, defeito ou tiver atingido uma quantidade de

ciclos de execução pré-estabelecida. **Emitir Relatórios Operacionais:** possibilitar ao usuário a geração de relatórios específicos e cadastrais. **Controlar Política de Acesso:** controle de acesso ao sistema por níveis de atuação (Gerente, Engenharia e Técnicos). **Emitir Relatórios Gerenciais:** possibilitar ao supervisor gerar relatórios com informações das rotinas de manutenção. A figura 4 apresenta algumas telas do sistema desenvolvido.

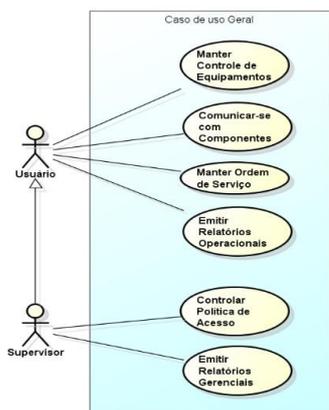


Figura 3 - Caso de Uso SGI

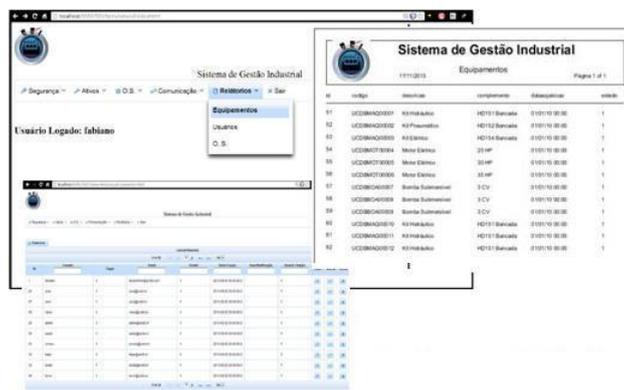


Figura 4 – Software SGI

O nó desenvolvido executa tanto funções do NCAP como de STIM, pois somente uma placa conectada à rede foi suficiente para exercer a gestão dos transdutores. Uma segunda placa eletrônica de condicionamento de sinais foi desenvolvida para conectar os pinos I/O do FPGA ao kit eletropneumático, sendo a interface entre o mundo analógico com digital. Já a comunicação com o software de controle foi feita no modelo cliente servidor. O nó controlador age como um servidor Telnet, esperando o software de controle (NIOS II) requisitar a abertura de uma sessão. A figura 5 e 6 demonstra respectivamente a estrutura do nó controlador desenvolvido com placa FPGA DE2-115 Cyclone IV modelo 4CD115 integrada a placa eletrônica e a conexão com SGI.

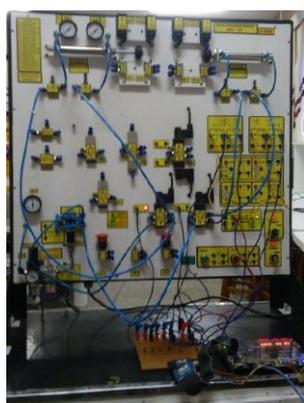


Figura 5 - Hardware e Instrumentação Eletrônica

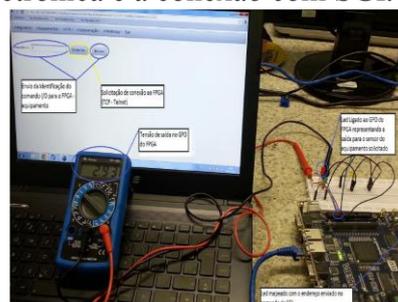


Figura 6 - SGI Integrado ao Hardware

Conclusão

A aplicação deste projeto destina-se às indústrias de baixo porte com instalações remotas que necessitam de controle e gerenciamento centralizado de informações

oriundas de seus ativos, e que necessitam ser integradas com sistemas dedicados. Neste projeto implementou-se um sistema de gestão industrial (SGI) voltado para plataforma web tendo como principal função simplificar o controle de manutenção de ativos de uma planta industrial baseado nas definições de comunicação do padrão IEEE 1451. O sistema desenvolvido neste projeto se mostrou robusto, com interface padronizada e de fácil integração entre software e hardware em rede por conta da utilização de tecnologia reconfigurável (FPGA). Durante o desenvolvimento foi possível verificar o bom tempo de resposta na rede, mesmo em redes locais com alto tráfego de dados (mais de 500 usuários *online*). Outra vantagem é o baixo custo, se comparado a modelos comerciais com a mesma funcionalidade (conexão em rede, reconfiguração e ambiente de aplicação: Planta pneumática). O nó com capacidade de auto identificação dos transdutores controlados, permitiu padronizar a interoperabilidade em dispositivos diferentes na mesma rede de controle.

Referencias

- Camargo, V. L. A.(2008). Desenvolvimento e implementação de uma plataforma para monitoramento estrutural utilizando sensores extensométricos conectados em rede.
- Rossi, S. R. (2005). Implementação de um nó IEEE 1451, baseado em ferramentas abertas e padronizadas, para aplicações em ambientes de instrumentação distribuída . Doutorado em engenharia elétrica, Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.
- Batista, E. A.(2009). Implementação de uma plataforma HW/SW para automação industrial, utilizando hardware reconfigurável com processador NIOS II em conformidade com o padrão IEEE 1451. Doutorado em engenharia elétrica, Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.
- Numa. Escola de Engenharia de Produção. São Carlos. http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/ERP_v2.html, 1999. Acessado 05 de Abril de 2013.
- Lee, K. 2009. What is 1451? <http://www.nist.gov/el/isd/ieee/ieee1451.cfm>. Acessado em março de 2014.
- Lee, K. IEEE 1451 a suite of sensor interface standards. In NIST Workshop on Sensor Standards Harmonization, Gaithersburg, Maryland, 2005.
- RNP, 2006. Rede Nacional de Ensino e Pesquisa. O que é um Middleware. <http://www.rnp.br/noticias/2006/not-060926.html>, 2008. Acessado 19-abril-2013.
- Schneeman ,R. D. and Lee, Kang. Multi-network access to ieee p1451 smart sensor information using world wide web technology. In In Proceedings of Sensors Conference, pages 1-19, 1997.
- KING, G, Bauer, C. Java Persistence with Hibernate. MANNING, New York, 1ªedition, 2005.
- Ding, H., Zhang B., Ye Ding, and Bo Tao. On a novel low-cost webbased power sensor via the internet. Sensors and Actuators A: Physical, 136(1):456 - 466, 2007.
- Altera.com. A Flexible solution for industrial ethernet. <http://www.altera.com/literature/wp/wp-01037.pdf>. 2011. Acessado em julho de 2013.
- Torres, G. DHCP. <http://www.hardwaresecrets.com/article/How-TCP-IP-Protocol-Works-Part-2/435/2>. Acessado em agosto/2013.