

AMBIENTE HÍBRIDO DE SIMULAÇÃO UTILIZANDO SENSORES INDUSTRIAIS SEM FIO

PABLO FRANÇA, DANIEL MARTINS, ADRIÃO DUARTE

*Laboratório de Instrumentação Inteligente, Departamento de Engenharia de Computação e Automação,
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Campus Universitário, Lagoa Nova, CEP 59078-900, Natal/RN - Brasil
pablop.franca@gmail.com, danlartin@dca.ufrn.br, adriao@dca.ufrn.br*

Abstract— This article has as main subject the conception of a hybrid environment of industrial simulation using real instrumentation, where the process is simulated and the measuring signals of variables are obtained by real wireless sensors.

Keywords— Industrial Networks, Wireless Sensors, Industry 4.0, Simulation, ISA100, Foundation Fieldbus

Resumo— Este artigo tem como tema principal a concepção de um ambiente híbrido de simulação industrial utilizando instrumentação real, onde o processo é simulado e os sinais de medição das variáveis são obtidos por sensores sem fio reais.

Palavras-chave— Redes Industriais, Sensores Sem Fio, Indústria 4.0, Simulação, ISA100, Foundation Fieldbus

1 Introdução

A indústria não para de avançar tecnologicamente por meio de inovações que trazem mais eficiência e rapidez em seus processos e com o advento dos conceitos da Indústria 4.0 esse avanço é cada vez maior. Um exemplo de inovação, inserido no contexto de redes industriais, são as redes de sensores sem fio, que são relativamente novas na indústria. Essas redes trazem diversas facilidades, dentre elas estão a fácil alocação em ambientes industriais, menor gasto com instalação, menor tempo para ser colocado em operação e o ganho de espaço causado pela não existência de fios. Mas antes que inovações cheguem a uma planta industrial é necessário que tenham sido realizados testes de funcionamento. Um desses testes pode ser a simulação de uma planta industrial por meio de software. Uma simulação por software traz as vantagens de não precisar usar e não por em risco a planta industrial alvo de tal inovação. Porém há a desvantagem de se ter em seus resultados uma certa margem de incerteza causada pela ausência da imprevisibilidade de alguns comportamentos dos equipamentos e do ambiente. Diante disso, propõe-se um sistema híbrido de simulação, no qual o processo é simulado e os sinais de medição são reais. Dessa forma, as vantagens da simulação são mantidas e a margem de incerteza é diminuída, já que um dos seus elementos geradores (sensores) já está sendo considerado no sistema.

Como nos trabalhos de (Martins, 2009) e (Machado, 2011) e dada a explicação da necessidade de testes dos sensores sem fio, surgiu o interesse em integrá-los ao ambiente híbrido de simulação. Para fazer isso foi necessário o desenvolvimento de um circuito que transmite os sinais coletados pela placa

de aquisição de dados do computador (onde realiza-se a simulação) aos instrumentos reais.

2 Arquitetura do sistema

O sistema híbrido de simulação montado para a realização dos testes é constituído por uma rede de sensores sem fio, padrão ISA100, conectada, por meio de placas de aquisição de dados e do circuito desenvolvido, ao ambiente de simulação de processos presente no computador. Foram utilizados dois computadores no sistema, um para a simulação do processo e outro para a configuração e supervisão da rede. A arquitetura do sistema pode ser mais facilmente visualizada, de forma ilustrativa, na Figura 1 (adaptada de (Rodrigues *et al.*, 2008)).

O Computador de Configuração tem a função de configurar e supervisionar os sensores por meio do Gateway, que faz a interligação entre a rede de sensores sem fio e a Ethernet.

O Computador de Simulação faz a implementação do modelo matemático da dinâmica da planta e, por meio das placas de aquisição e das placas desenvolvidas, transmite os sinais para o sensor da rede sem fio. A estação de simulação, seguindo a dinâmica da planta em questão, simula o processo e externa o valor de medição a ser transmitido pelo sensor.

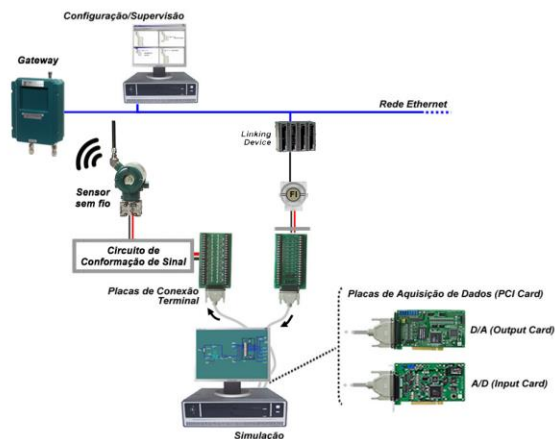


Figura 1. Arquitetura do sistema

Pelo fato de não ter atuadores sem fio à disposição, foi usado um atuador do padrão Foundation Fieldbus ligado ao Linking Device, que funciona como um gateway entre a rede Ethernet e a Foundation Fieldbus. O FI302 é um conversor destinado a conectar sistemas Foundation Fieldbus com atuadores e posicionadores de válvulas de controle. Este equipamento produz uma saída de 4-20 mA proporcional à entrada recebida pela rede Foundation Fieldbus (Rodrigues *et al.*, 2008).

Em uma planta industrial os sinais de medição e atuação são de 4-20 mA. Entretanto, tais sinais vindos da rede Foundation Fieldbus precisam ser convertidos para sinais que a Estação de Simulação possa processar. Esse sistema de conversão é mostrado na Figura 2 (adaptada de (Rodrigues *et al.*, 2008)).

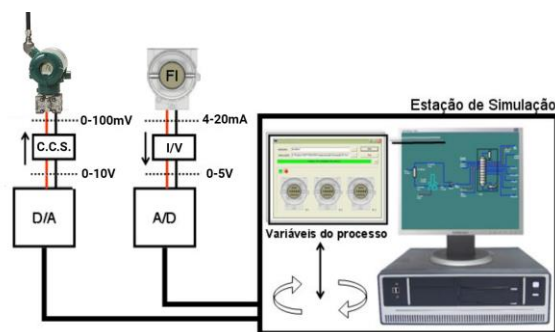


Figura 2. Sistema de conversões de sinais

As placas de aquisição de dados correspondem aos módulos conversores analógico/digital (A/D) e digital/analogico (D/A) da interface conversora de sinais. Nesta interface, os sinais de saída da planta são emitidos para o meio externo através da placa conversora D/A (PCI-1720) (Advantech.com.br, 2015) a qual já possui, como um dos padrões de saída, o loop de corrente, que pode ser de 0-20 mA ou de 4-20 mA, definido através do jumper na própria placa. O outro padrão é o de tensão entre 0-5 V ou de 0-10 V (Rodrigues *et al.*, 2008). Como o sensor Yokogawa YTA510 Temperature Transmitter trabalha com uma tensão de entrada na faixa de 0-100 mV foi utilizado o Circuito de Conformação de Sinal, desenvolvido no próprio laboratório, para converter o nível

de tensão de 0-10 V para outro de 0-100 mV. Como o sensor é um instrumento de valor elevado, tal circuito também tem a função de protegê-lo de eventuais picos de tensão. O método utilizado para fazer tal circuito foi transformar a tensão de entrada em um sinal PWM (Pulse Width Modulation) utilizando um amplificador operacional para comparar o sinal de entrada com um sinal de onda triangular gerado no circuito. Essa conversão para PWM foi realizada para que o desacoplamento fosse feito por um acoplador óptico que tem como fonte, na saída, um regulador de tensão. A linearização do sinal foi feita usando um circuito resistivo-capacitivo. A Figura 3 mostra parte do Circuito de Conformação de Sinal.

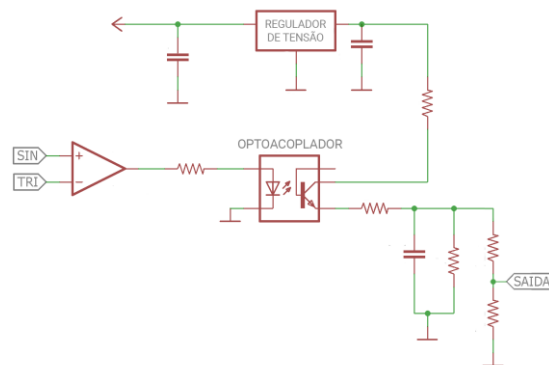


Figura 3. Parte do Circuito de Conformação de Sinal

Os FI's convertem sinais digitais Foundation Fieldbus para sinais de corrente na faixa de 4-20 mA. Na prática, esses sinais são captados por atuadores analógicos, como válvulas de controle. Porém, na arquitetura desenvolvida esses sinais são enviados para a planta a simulada através da placa conversora A/D (PCI-1713) (Advantech.com.br, 2015). Como esta placa não trabalha com loops de corrente, foi utilizado um circuito previamente produzido no próprio laboratório, que converte o loop de 4-20 mA em tensões na faixa de 0-5 V, o qual está ilustrado na Figura 4. Na construção de tal circuito, foram utilizados, de forma independente, seis receptores do tipo RCV-420, da Texas Instruments, seguindo-se à risca as instruções do datasheet. Com esta placa, faz-se o "interfaceamento" entre a placa de aquisição e o equipamento da rede Foundation Fieldbus (Rodrigues *et al.*, 2008).

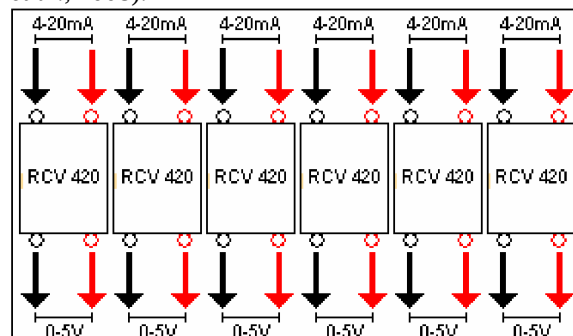


Figura 4. Circuito com receptores RCV 420 (Rodrigues *et al.*, 2008)

3 Redes industriais sem fio

Ambientes industriais caracterizam-se pelo alto nível de ruído eletromagnético originado pelos mais variados tipos de máquinas elétricas, além de muito frequentemente apresentarem altas temperaturas e alto nível de umidade. Um protocolo de redes industriais sem fio deve garantir a integridade e a segurança da comunicação mesmo em ambientes desse tipo (Rech, 2012).

3.1 O Protocolo ISA100.11a

O ISA-100 foi desenvolvido pela Sociedade Internacional de Automação (ISA) e consiste em um conjunto de padrões de comunicação sem fio. Exclusivamente para o ambiente industrial, a norma pretende atender a todas as áreas possíveis do segmento industrial, sendo a primeira baseada nas reais necessidades dos desenvolvedores, fabricantes e do próprio usuário final (Seabra and Lugli, 2014).

O protocolo ISA100.11a utiliza a topologia Mesh para arquitetar sua rede, que pode ser composta por dispositivos finais (Instrumentos de campo), roteadores de backbone e Gateways.

Os dispositivos finais podem ter a função de roteador de mensagens ou simplesmente ser um instrumento de campo sem fio ligado ao processo. O roteador de backbone faz o direcionamento das informações vindas da rede ou sub-redes de campo em direção à rede de automação principal. Já o Gateway tem uma função muito importante, que é fazer a interface (tradução entre protocolos) entre todos os dispositivos de campo, sejam eles HART, PROFIBUS, FIELDBUS ou DEVICENET e a rede principal da planta em questão (Seabra and Lugli, 2014).

3.2 Sensor sem fio Yokogawa YTA510 Temperature Transmitter

O sensor Yokogawa YTA510 é um sensor de alta performance que aceita entradas em ohms ou mV. Os dois tipos de entrada medem e calculam os valores de processo independentemente. Seus parâmetros de configurações e as variáveis de processos são ambos transmitidos por sinal sem fio utilizando o protocolo ISA100.11a (Yokogawa.com, 2012). O sensor YTA510 é mostrado na Figura 5.



Figura 5. Sensor sem fio Yokogawa YTA510 Temperature Transmitter

3.3 O Protocolo Modbus

O Modbus é um protocolo de requisição-resposta que utiliza um relacionamento mestre-escravo. Em um relacionamento mestre-escravo, a comunicação sempre ocorre em pares (um dispositivo deve iniciar a requisição e então aguardar por uma resposta) e o dispositivo iniciador (o mestre) é responsável por iniciar cada interação. Tipicamente, o mestre é uma interface homem-máquina ou sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) e o escravo é um sensor (Ni.com, 2014).

4 Software de simulação

O software para simulação do processo permite a simulação em regime permanente ou de modelos dinâmicos de projetos de plantas, assim como, o monitoramento de desempenho, localização de falhas, melhorias operacionais e gerência de recursos. Para realizar essas operações, o software possui uma grande capacidade de automação, em que pode funcionar como um Servidor OLE permitindo que aplicativos desenvolvidos em linguagens de programação suportadas pela tecnologia OLE Automation como C++, Java, PHP, Delphi, dentre outras e até mesmo ferramentas como Microsoft Visual Basic e componentes VBA possam acessar objetos e variáveis da simulação (Rodrigues *et al.*, 2008). O ambiente de criação do modelo de simulação pode ser observado na Figura 6.

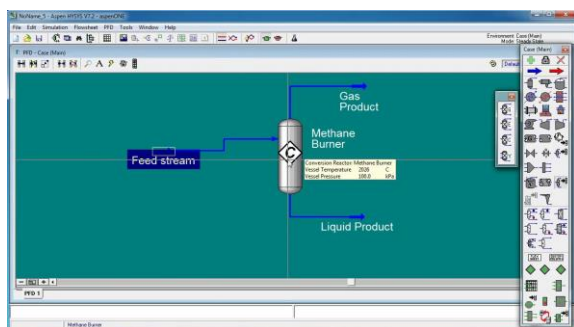


Figura 6. Ambiente de criação do software de simulação

5 Software de interligação

Para fazer a comunicação entre o software de simulação e as placas de aquisição de dados foi utilizado um software, desenvolvido anteriormente no laboratório, que faz a leitura de forma contínua das variáveis do processo selecionadas pelo operador para medição e externa esses dados para as saídas D/A da placa de aquisição de dados. Esse software utiliza a Tecnologia OLE Automation como forma de comunicação com a simulação. O software que mede e atua no processo simulado, assim como sua interface gráfica, foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação C++. A Figura 7 mostra a interface gráfica deste software.

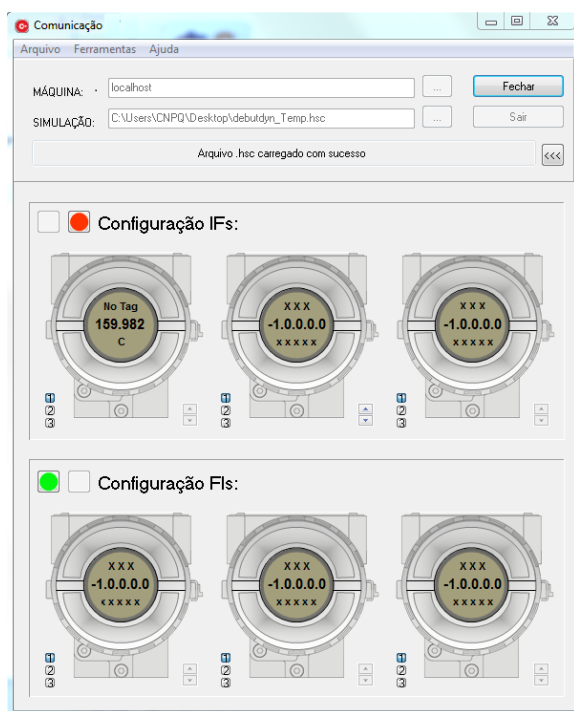


Figura 7. Interface gráfica do software de interligação

6 Aplicação e resultados

Para fazer a validação do sistema em questão foi proposta a medição de temperatura na base da coluna debutanizadora presente na simulação de uma planta dessulfurizadora e separadora de nafta retirada de (Fortuna *et al.*, 2005). A temperatura da base da coluna é controlada por um controlador simulado (o TIC-100) que atua no fornecimento de aquecimento na base da coluna. Além disso, existem outros controladores simulados que atuam em válvulas nas linhas de saída do topo da coluna. A simulação dessa coluna utilizada na validação é mostrada na Figura 8.

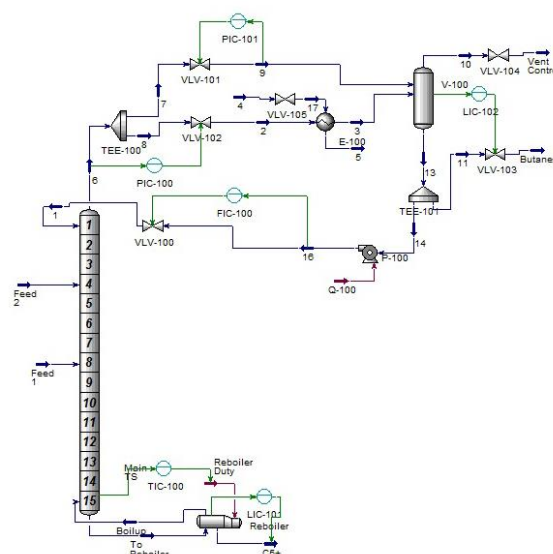


Figura 8. Simulação da coluna debutanizadora

O teste visa confirmar que a variável monitorada na simulação está sendo externada para o instrumento real (sensor sem fio) e que o sinal de medição desse instrumento está sendo monitorado no supervisório, ou seja, que o loop de funcionamento está sendo realizado corretamente. O loop de funcionamento é ilustrado na Figura 9.

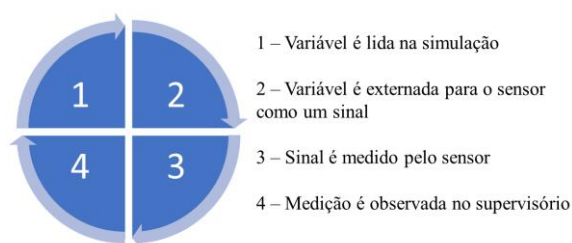


Figura 9. Loop de funcionamento

Antes de testar o sistema completo foi testado primeiramente a comunicação entre o Circuito de Conformação de Sinal, o sensor de temperatura sem fio e o Gateway. O teste foi realizado aplicando um sinal de tensão nos terminais de entrada do Circuito

de Conformação de Sinal e monitorando a medição apresentada pelo sensor por meio do Computador de Configuração. Os valores medidos foram compatíveis com os esperados e podem ser vistos nas Figuras 10 e 11.

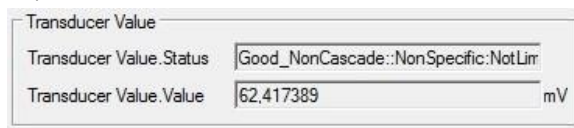


Figura 10. Medição do sensor vista no supervisório a partir do Computador de Configuração



Figura 11. Medição do multímetro na saída do Circuito de conformação de Sinal

No teste com o sistema completo colocou-se em funcionamento a simulação da planta da coluna debutanizadora e, em seguida, foi observada a medição de temperatura na base da coluna da simulação no software de interligação e no supervisório.

Como pode ser visto na Figura 12, a base da coluna debutanizadora simulada está gerando a temperatura de aproximadamente 147°C. Essa temperatura é lida pelo Software de Interligação e convertido para uma tensão de 3,675 V como também é mostrado na Figura 12. Essa tensão é entregue para o Circuito de Conformação de Sinal que gera a tensão em mV lida pelo instrumento. O instrumento por sua vez converte essa leitura em um valor de temperatura e a envia para o Gateway que, por sua vez, a disponibiliza ao sistema supervisório através do protocolo Modbus TCP/IP. Esse valor lido é exibido na tela do supervisório (Figura 13). Como pode ser visto nas figuras, os dados da simulação são visualizados como dados reais de uma planta real, sendo totalmente transparente para um operador de onde estão vindo tais informações.



Figura 12. Valor da medição na simulação (mostrado no software de interligação)

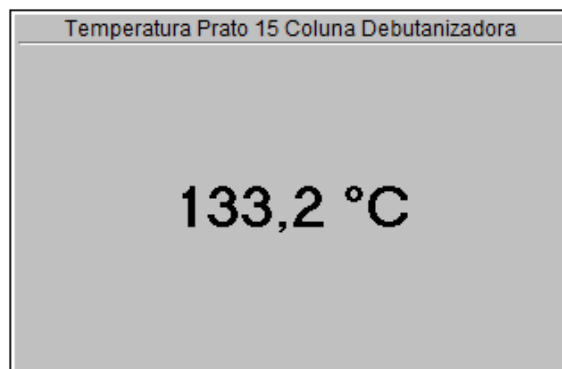


Figura 13. Valor da medição do sensor mostrado no supervisório

Consegue-se perceber, observando os resultados, que existe uma diferença entre os valores entregues pelo software de simulação (Figura 12) e os valores medidos pelo sensor sem fio apresentados no supervisório (Figura 13). Esse erro acontece porque o sinal entregue ao sensor sem fio (0-100 mV) pelo Circuito de Conformação de Sinal não está totalmente linear. Isso ocorre por alguma falha na linearização do sinal PWM no circuito resistivo-capacitivo. Vale a pena lembrar que, mesmo com esse erro, o sistema proposto não tem sua relevância e validade alteradas, pois continua sendo funcional.

7 Conclusão e perspectivas

Diante do que foi apresentado é possível notar que a maior parte do sistema híbrido de simulação

proposto foi validado, demonstrando o seu funcionamento em todas as partes da arquitetura detalhada anteriormente, excetuando-se a da inserção dos sinais de volta no processo simulado.

O primeiro passo após este trabalho é corrigir o erro que foi abordado no último parágrafo do capítulo anterior, o que pode ser feito sem grandes dificuldades. Os passos posteriores visam fazer a inserção dos sinais vindos dos sensores sem fio na simulação, incluir no sistema a medição, com instrumentação real, da pressão do processo e, com esse sistema funcional, fazer o controle do processo simulado.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo apoio financeiro para a realização do trabalho.

Referências Bibliográficas

Advantech.com.br, (2015). Placas PCI – Advantech. [online] Available at: www.advantech.com.br/products/daq-cards/sub_gf-50hh [Accessed 07 Jul. 2018]

Fortuna, L., Graziani, S. and Xibilia, M. G. (2005), Soft sensors for product quality monitoring in debutanizer distillation columns. In: Control Engineering Practice. 13th ed. Elsevier.

Machado, V. P. (2009), Uma Arquitetura Baseada em Agentes para Configuração Dinâmica de Aplicações Inteligentes em Ambiente Foundation Fieldbus.

Martins, D. L. (2011). Arquitetura de controladores Fuzzy em redes Foundation Fieldbus.

Ni.com, (2014), O protocolo Modbus em detalhes – National Instruments. [online] Available at: www.ni.com/white-paper/52134/pt/ [Accessed 07 Jul. 2018]

Rech, J. R. (2012), Desenvolvimento de um Gerente de Rede WirelessHART.

Rodrigues, I., Guanabara, L., Martins, D., Costa, B., Duarte, A. D. N. and Melo, J. D. (2008), Ambiente para Concepção de Sensores de Software em Redes Industriais Foundation Fieldbus. In: VIII Conferência de Aplicações Industriais, Poços de Caldas.

Seabra, H. V. M. and Lugli, A. B. (2014). Redes sem fio para Automação Industrial: Estudo e Aplicação.

Yokogawa.com, (2012), YTA510 Wireless Temperature Transmitter | Yokogawa Electric Corporation. [online] Available at: <https://www.yokogawa.com/solutions/products->

[platforms/field-instruments/field-wireless/wireless-temperature-transmitters/yta510-wireless-temperature-transmitter/#Details](https://www.yokogawa.com/solutions/products-platforms/field-instruments/field-wireless/wireless-temperature-transmitters/yta510-wireless-temperature-transmitter/#Details) [Accessed 07 Jul. 2018]