

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

SUPERVISÃO EM TEMPO REAL DE UM SISTEMA DE DETECÇÃO DE VAZAMENTOS QUE USA TECNOLOGIA SÔNICA

AUTORES:

Rodrigo E. F. da Silva, Álvaro M. Avelino, Gabriell J. M. de Araújo, José A. Paiva, André L. Maitelli, Andrés O. Salazar, Adrião D. D. Neto

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 5º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 5º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 15 a 22 de outubro de 2009, em Fortaleza-CE. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 5ºPDPETRO.

SUPERVISÃO EM TEMPO REAL DE UM SISTEMA DE DETECÇÃO DE VAZAMENTOS QUE USA TECNOLOGIA SÔNICA

Abstract

This work aims at developing of a system monitoring module for leaks detection in oil pipelines, using sonic sensors to be installed at stations of PETROBRAS® in Rio Grande do Norte. The supervisory module uses the InTouch software, where data are collected in RTUs (*Remote Terminal Units*) will be displayed on screen to the operator, such as the pressure values acquired by the piezoresistive pressure sensors, the sensors state, historical events graphs, requiring the operator to have access to the module. The Modbus protocol and a DDE server (*Dynamic Data Exchange*) are used in the communication process between the supervisory and the station modules DSPs (*Digital Signal Processors*), which are responsible for processing the data available in the RTUs, and the standards RS-232, RS-485 and Ethernet physical interface for this communication. The purpose of the module is to enable the supervisory operator to track, and execute commands, accessing the data in the system, including graphics, trends and alarms (resonant and luminous). These features of the monitoring system allow efficiently and effectively procedures if there is a leak in a pipeline, to be recognized by the algorithms loaded in the DSPs. The leak is displayed on the operator screen, together with its location, minimizing environmental and economic damaging, and also allowing preventive maintenance on pipelines.

Introdução

Um sistema de dutos é o meio mais seguro e econômico para o transporte de fluidos, como pode ser observado na evolução humana desde o deslocamento de água até a geração de energia, devido a sua simplicidade, e facilidade de manutenção.

A indústria do petróleo também se beneficia dos sistemas de dutos para deslocar petróleo e seus derivados, interligando regiões produtoras, plataformas, refinarias, parques de estocagem e os centros consumidores, mas esses sistemas estão sempre sujeitos a intempéries de natureza físico-química que ocasionam a deterioração da parede do duto, podendo provocar a perda do fluido para o meio exterior.

Um dos principais problemas existentes na área de transporte de petróleo e seus derivados por dutos é a ocorrência de vazamentos, sendo investido pela indústria petrolífera em sistemas e técnicas de detecção de vazamentos (Murray, 2001), não somente para evitar perda de produção com esses vazamentos que ocasionam prejuízos econômicos, mas também para proteger o meio ambiente e evitar as consequências legais que são provocadas, pois o meio ambiente é um direito difuso (Freitas, 2004). A segurança do meio ambiente é um dos grandes desafios dessa indústria durante todas as fases de produção e armazenamento.

Embora a indústria petrolífera invista nos sistemas e técnicas de detecção de vazamentos, esses possuem grande complexidade devido a aspectos inerentes ao processo, como o transitório de ligação de bombas, fechamentos de válvulas e etc, que podem ocasionar alarmes falsos. Visto esses problemas expostos, o sistema de detecção deve apresentar uma funcionalidade em tempo real para dar uma resposta rápida, bem como indicar a localização do vazamento (Siqueira, 2006), para que o operador aja rápido minimizando os prejuízos.

O crescente aumento na complexidade dos sistemas, bem como uma procura maior por segurança na realização do controle desses sistemas, fez crescer a necessidade de automatizar determinados processos. Para isso foram desenvolvidos sistemas SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) que proporcionam a supervisão, operação, o controle e a aquisição de dados que são apresentados na tela de um supervisão ao operador, permitindo que este monitore as variáveis adquiridas do processo e proceda de forma eficiente quando ocorrer algo sinistro como, um vazamento num duto. Esses sistemas também proporcionam dados a ser utilizados pela gerência corporativa para poder embasar o plano estratégico definido e adequar às necessidades do mercado.

Sistema Supervisório

Com a necessidade de automação dos vários processos existentes em uma indústria, para que possa centralizar o máximo possível de informações no menor tempo possível e integrar diversos dispositivos que pertencem ao processo, foram desenvolvidos sistemas para adquirir dados e fornecer informações ao operador do processo, reduzindo as dimensões dos painéis que existiam e melhorando a interface homem/máquina. Estes sistemas são conhecidos como SCADA (Melendez; Colomer; Rosa, 2001), que coletam as informações e as disponibilizam aos usuários do sistema (Souza et al., 2006), sendo uma integração de vários subsistemas. Segundo Daneels & Salter (1999), um sistema supervisão é composto basicamente por quatro elementos: processo físico, hardware de controle, software de supervisão e rede de comunicação.

Um sistema supervisão possui fundamental importância na estrutura de uma indústria, deixando de ser apenas uma ferramenta operacional, passando a uma valiosa fonte de informação para o planejamento corporativo. Esse sistema possui atividades básicas como, a supervisão que inclui as funções de monitoramento do processo, a operação que realiza as funções da mesa de controle, acionando, desligando ou mudando o ponto de operação do processo, e o controle que realize o ajuste dos *set points* do mecanismo de controle, baseado no comportamento global do processo.

Padrões e Protocolos de Comunicação

O emprego de padrões e protocolos para que dispositivos possam se comunicar numa rede é uma questão que pode ser verificada em plantas industriais, onde a utilização deles proporciona a coleta de informações em plantas industriais de forma mais eficiente e barata (Willig, 2008). O acoplamento dessas tecnologias com redes de controle e supervisão cria ferramentas poderosas para o gerenciamento remoto de todo um processo (Silva, 2008). Existem alguns padrões e protocolos de comunicação que são bastante utilizados em aplicações industriais, como os descritos a seguir.

O RS-232 é um conjunto de normas que definem a comunicação serial ponto a ponto entre dispositivos. Ele define características elétricas como o nível de voltagem, taxa de transferência, tempo, comportamento em relação a curto-circuito, carga máxima de capacitância; mecânicas como, a disposição física dos conectores e a identificação dos pinos; e funções para cada circuito na interface do conector, permitindo a comunicação de dados serial entre equipamentos de forma digital.

O RS-485 é um conjunto de normas que define a comunicação por diferencial balanceada entre dispositivos. Ele define características elétricas como o nível de voltagem, a taxa de transferência, tempo; mecânicas e funcionais para que haja a comunicação entre os dispositivos.

O padrão Ethernet padronizado pelo IEEE como IEEE 802.3 define o cabeamento e os sinais elétricos para a camada física de uma rede local, como observado por Tanenbaum (1997), bem como o

formato dos quadros e os protocolos para a camada de controle de acesso ao meio, sendo este padrão bastante utilizado nas redes de computadores.

O TCP/IP é um conjunto de protocolos utilizado para interconectar redes de computadores. Os protocolos desse conjunto podem ser vistos como um modelo de camadas, onde cada camada fornece serviços bem definidos para a camada superior. O protocolo IP é o protocolo utilizado para encontrar um *host* numa rede de computadores. O protocolo TCP é um protocolo orientado a conexão confiável que permite a entrega de dados sem erros de um fluxo de *bytes*.

O protocolo de comunicação Modbus é um protocolo de comunicação serial desenvolvido pela Modicon® para permitir a comunicação entre dispositivos interligados em uma rede de campo, utiliza os meios físicos EIA232, EIA-485, ou Ethernet, baseando-se no modelo mestre-escravo para acessar os dados nos dispositivos.

O protocolo de comunicação DDE (*Dynamic Data Exchange*) é um protocolo para troca de informações dinâmicas entre aplicações Windows®, baseada em mensagens (Seixas Filho; Szuter, 1993). Através dele é possível que duas aplicações (um servidor e um cliente) conversem através de mensagens padronizadas, que permitem ao cliente obter dados a partir do servidor.

O emprego desses padrões e protocolos no trabalho garante a confiabilidade da entrada dos dados da rede de campo à rede de supervisão, visto que eles são bastante empregados em aplicações industriais. E particularmente o protocolo Modbus RTU que devido à sua facilidade de implementação e o seu consumo de pouca memória, fator essencial por causa do embarque de algoritmos no DSP, o credencia como o protocolo de comunicação embarcado no DSP.

Métodos de Detecção de Vazamentos

Na indústria do petróleo, os vazamentos de fluídos por suas tubulações trazem diversos prejuízos, pois acarretam em perda do produto, e esses fluídos são bastante prejudiciais ao meio ambiente, ocasionando prejuízos econômicos devido à perda do produto, bem como as sanções legais impostas pela agressão ao meio ambiente. Tentando minimizar os impactos produzidos por vazamentos em tubulações, várias pesquisas foram desenvolvidas ao longo do tempo, onde alguns métodos e dificuldades são apresentados a seguir (Siqueira, 2006).

O princípio do método de análise pontual de pressão emprega o uso de medições de pressão ao longo do duto. A detecção é feita utilizando as médias de um conjunto de pontos recentes e um conjunto pontos antigos, quando existem diferenças entre elas, vislumbra-se um vazamento. Uma desvantagem dessa técnica é a tomada de pressão em um regime transitório de fluxo que pode ocasionar variação de pressão no duto, indicando um vazamento, limitando essa técnica a condições de fluxo permanente (Siqueira, 2006).

A detecção de vazamentos através de fibras ópticas consiste na monitoração da integridade do revestimento do duto através de fibras ópticas, medindo a temperatura ao longo do duto. Leva-se em conta que um vazamento de óleo aumenta a temperatura no local, enquanto que um vazamento de gás provoca uma diminuição na temperatura local. Uma desvantagem desse método é a variação da temperatura no ambiente que pode ocasionar um alarme falso.

A detecção acústica de vazamentos utiliza as ondas de baixa frequência geradas quando ocorre um vazamento em um duto, assim, algumas técnicas são empregadas para indicar e localizar o vazamento empregando esse princípio. Uma das técnicas é colocar sensores nas duas extremidades da

tubulação e utilizar ferramentas para processar a informação obtida para verificar a existência do vazamento.

Cada uma dessas técnicas possui um campo de atuação, possuindo limites para sua aplicação. Então, a indústria tem investido em pesquisa para tentar encontrar um sistema de detecção de vazamento que abranja um maior número de casos e não indique alarmes falsos ao operador.

Módulo de supervisão

O módulo de supervisão do sistema de detecção de vazamentos utilizado neste trabalho consiste no emprego de dois sensores piezoresistivos nas extremidades do duto monitorado, esses sensores de tecnologia sônica são empregados para capturar ondas de baixa frequência, sendo essas manipuladas pelo DSP. As informações processadas pelo DSP são enviadas através da rede de comunicação para o software de supervisão, onde este mostra informações pertinentes ao usuário. Essa arquitetura do sistema é mostrada na figura 1.

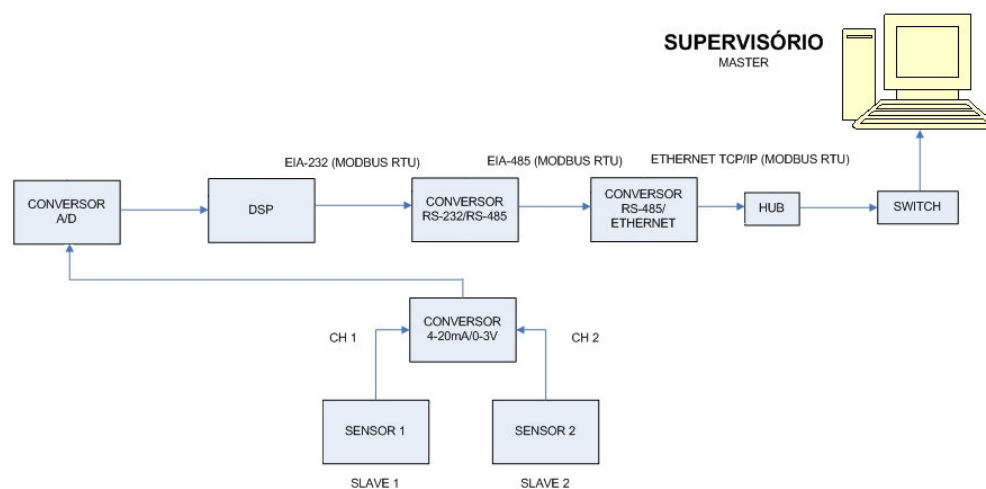


Figura 1. Arquitetura do Sistema

No DSP foi implementado o protocolo Modbus RTU, os dados enviados de forma serial são orientados a *byte*, que se baseia no modelo mestre/escravo sendo o DSP, o escravo, que responderá sempre a alguma solicitação do mestre dentro de uma janela de tempo. O DSP possui uma porta padrão RS-232 que foi conectada a um conversor RS-232/RS-485, este por sua vez é conectada a um conversor RS-485/Ethernet, onde este encapsulará o protocolo Modbus na pilha TCP/IP, que disponibilizará essas informações numa LAN.

Um servidor, instalado em um computador, captura as informações disponibilizadas na LAN e converte o protocolo Modbus em *tags* do protocolo DDE, sendo essas *tags* acessadas pelo cliente (supervisório).

Para a abstração da planta do LAMP (Laboratório de Avaliação de Medição de Petróleo), pertencente à Universidade Federal do Rio Grande do Norte, em um software supervisório, foi empregado o InTouch®, que conterá janelas disponibilizando informações ao usuário. Esse software é um cliente que solicita informações ao servidor para apresentá-las de forma amigável ao usuário. O usuário para poder utilizar o supervisório tem que ser identificado na janela inicial através de login e senha, aceito o usuário, o supervisório apresenta uma janela com a abstração do LAMP e essa mostra

os valores de pressão capturados pelos sensores piezoresistivos, sendo possível visualizar essas pressões em gráficos de tempo real. Essas pressões são armazenadas em um arquivo, podendo ser visualizadas na janela de gráfico de pressão histórico. Existe a janela de alarmes que apresenta o alarme e a localização do vazamento do duto quando este for identificado pelo DSP, e existe a janela de histórico de eventos que armazena em um arquivo todos os eventos ocorridos quando um usuário estiver usando o supervisório.

Resultados

Para a realização do experimento foi utilizada a planta do LAMP. Este possui dois tanques de armazenamento de fluidos que são interligados por dutos, estes possuindo pontos de medição de pressão e pontos para simular vazamento. Em um duto foram instalados os dois sensores piezoresistivos, tendo o comprimento a ser monitorado de 14,51 metros. A pressão do fluido no duto varia de 0 a 3 bares.

Para visualizar o resultado alcançado no experimento, parâmetros devem ser configurados preliminarmente nos diversos dispositivos empregados nesse sistema, e esses são apresentados no transcorrer dessa seção.

A configuração do servidor/mestre deve conter a mesma configuração empregada no DSP, bem como é utilizado um *polling* de 100ms para que este solicite informações ao escravo, no caso o DSP. No servidor são utilizados quatro variáveis do tipo *float*, que representam as pressões medidas pelos sensores e os tempos para cada um capturados no DSP, quando este detecta um vazamento, também são empregadas *flags* indicando a existência de vazamento. Esses dados encapsulados no protocolo Modbus são enviados pelo escravo, que são convertidos em dados do protocolo DDE pelo servidor/mestre que os fornece quando solicitado pelo cliente, no caso o supervisório.

O supervisório constitui-se de várias telas para apresentar de forma amigável informações ao usuário, como as figuras 2 e 3 mostradas a seguir, com os dados coletados durante o experimento.

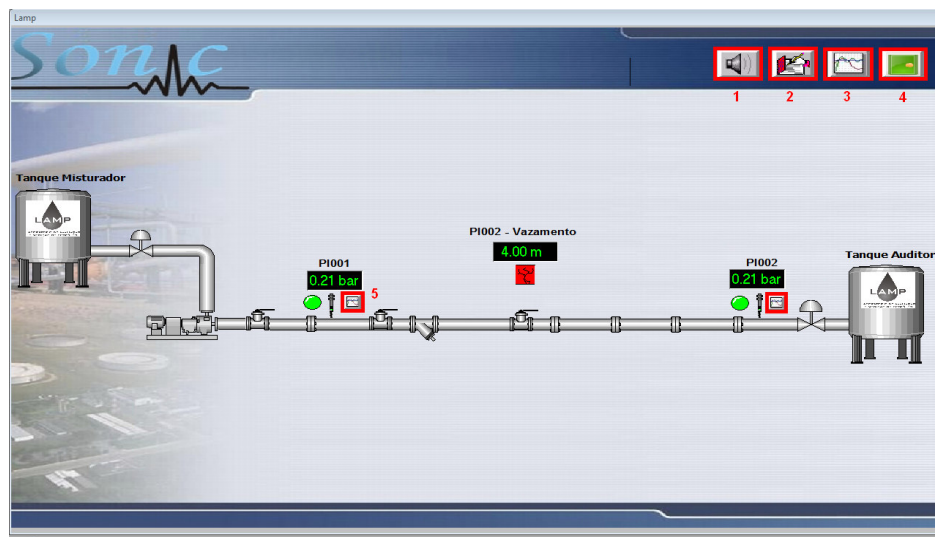


Figura 2. Detecção de um vazamento

A tela principal mostrada na figura 2 exibe dois tanques para o armazenamento do fluido, a localização dos sensores de pressão do tipo piezoresistivos nas extremidades do intervalo a ser

monitorado. Em cada sensor é apresentado o valor de pressão que está sendo medido, sendo possível visualizar esses valores em um gráfico de tempo real. A descrição dos ícones visualizados na tela principal é feita a seguir:

- O ícone 1 quando pressionado mostrará os alarmes que foram ativados, bem como a localização do vazamento no duto;
- O ícone 2 apresenta todos os eventos ocorridos na execução do supervisório, sendo esses eventos salvos em um arquivo;
- O ícone 3 apresenta o histórico das pressões medidas pelos sensores e armazena em um arquivo.
- O ícone 4 serve para o *logout* do usuário do supervisório;
- O ícone 5 quando pressionado, apresenta um gráfico de tempo real do valor medido pelo sensor.

Na tela principal, quando é detectado um vazamento, visualiza-se a localização do vazamento, sendo indicado qual sensor o vazamento é mais próximo, no caso do experimento o sensor PI002.

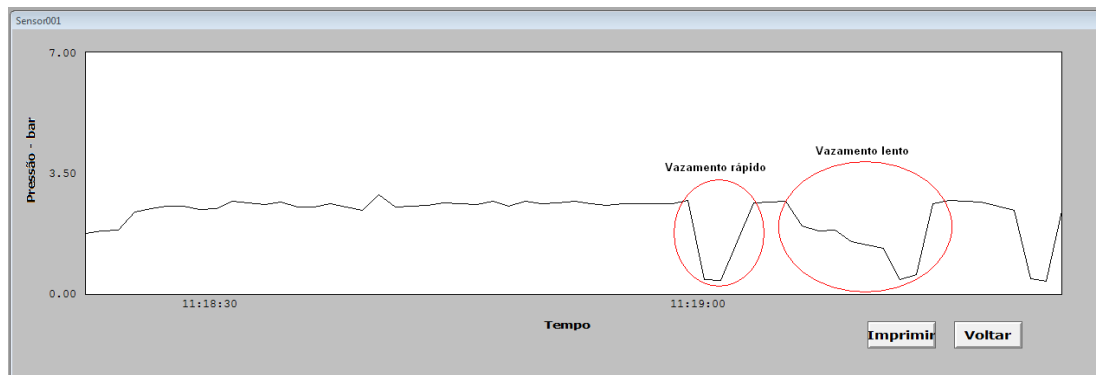


Figura 3. Gráfico em tempo real do sensor 001

No experimento realizado, a pressão aplicada ao duto pelo fluido é confirmada pelo gráfico de pressão em tempo real do supervisório, como se pode observar na figura 3. Foram simulados dois vazamentos no duto, sendo um vazamento rápido e o outro um vazamento lento, como pode ser visualizado pelo gráfico de tempo real do sensor PI001.

Conclusões

O trabalho apresentou um módulo de supervisão para um sistema de detecção de vazamentos que emprega a tecnologia sônica para detectar vazamento em dutos, sendo utilizado para isso, padrões e protocolos para a rede de comunicação interligando o DSP ao software supervisório, este apresentando de forma amigável ao usuário informações pertinentes, e quando detectado um vazamento apresenta sua localização na abstração do duto do LAMP.

O teste realizado no LAMP apresentou resultado significativo, visto que a implementação do Modbus no DSP, a rede de comunicação, e a apresentação das informações ao usuário pelo supervisório desempenhou o almejado.

Esse módulo pode contribuir a aplicações industriais visto que ele apresenta os dados ao usuário para que este realize procedimentos de forma a minimizar os danos provenientes de um vazamento em um duto de petróleo, como a perda do fluido e a agressão ao meio ambiente, ocasionando prejuízos econômicos.

Agradecimentos

O desenvolvimento deste trabalho foi proporcionado através do projeto SONIC financiado pelo CENPES – PETROBRAS®.

Agradecemos o auxílio dado em especial aos Engenheiros da PETROBRAS® Fabiano Azevedo e Dittz.

Agradecemos a utilização da infra-estrutura do LAUT e do LAMP pertencentes à Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Referências Bibliográficas

- DANEELS, A.; SALTER, W. What is SCADA? In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACCELERATOR ON LARGE EXPERIMENTAL PHYSICS CONTROL SYSTEMS, 1999, Trieste, Itália, *Anais...* Trieste, 1999, p.339-343.
- FREITAS, R. D. G. de. An wavelet approach to pipeline leak detection by pressure analysis. In: 23RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON OFFSHORE MECHANICS AND ARCTIC ENGINEERING, 2004, Vancouver, Canadá, *Anais...* Vancouver, 2004.
- MELLENDEZ, J.; COLOMER, J.; ROSA, L. de la. Expert supervision based on cases. In: 8TH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON EMERGING TECHNOLOGIES AND FACTORY AUTOMATION, 2001, Antibes-Juan les Pins, França, *Anais...* Antibes-Juan les Pins, 2001.
- MURRAY, A. Pipeline technology: where have we been and where are we going? In: 3RD SEMINAR ON PIPELINE, 2001, Rio de Janeiro, *Anais...* Rio de Janeiro, 2001.
- SEIXAS Filho, C.; SZUTER, M. Programação concorrente em ambiente windows – uma visão de automação. Minas Gerais: Editora da UFMG, 1993.
- SOUZA, R. B. et al. SISAL – Um sistema supervisor para elevação artificial de petróleo. In: *RIO OIL & GAS EXPO AND CONFERENCE*, 2006, Rio de Janeiro, *Anais...* Rio de Janeiro, 2006.
- SILVA, I. M. D. da. *Análise de desempenho de sistemas de comunicação sem-fio para monitoramento de unidade de produção de poços petrolíferos terrestres*. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- SIQUEIRA, R. M. *Sistema inteligente para detecção de vazamentos em dutos de petróleo usando transformada wavelet e redes neurais*. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- TANENBAUM, A. S. Redes de computadores. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- WILLIG, A. Recent and emerging topics in wireless industrial communications: A selection. *INDUSTRIAL INFORMATICS, IEEE TRANSACTIONS*, v. 4, n. 2, p. 102-124, 2008.