

UMA ESTRATÉGIA PARA CONTROLE E SUPERVISÃO DE PLANTAS INDUSTRIAIS ATRAVÉS DA INTERNET

RAFAEL P. ZEILMANN, JOÃO M. GOMES DA SILVA JR.,
CARLOS E. PEREIRA E ALEXANDRE S. BAZANELLA

*Laboratório de Automação Industrial, Departamento de Engenharia Elétrica – DELET,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Av. Osvaldo Aranha 103 - Porto Alegre – Brasil - 90035-190
E-mails: {zeilmann, jmgomes, cpereira, bazanela}@delet.ufrgs.br*

Resumo - Neste artigo é apresentada uma proposta de uma estrutura de hardware e software para controle e supervisão via Internet de uma Planta Piloto Industrial. Tal estrutura tem por objetivos o estudo de questões relacionadas à operação remota de plantas industriais utilizando a Internet; servir de plataforma para experimentos de pesquisa bem como o de ensino à distância em sistemas de controle e automação industrial. A Planta constitui-se em um sistema de tanques onde são possíveis configurações de malhas de controle de nível, temperatura e vazão. A instrumentação tem como base a utilização de sensores e atuadores inteligentes que utilizam o protocolo de comunicação industrial Foundation Fieldbus. Através de um aplicativo supervisor, executado em um servidor WEB é possível a programação e supervisão on line dos parâmetros de controle da Planta bem como a visualização gráfica, em tempo real, das variáveis do sistema.

Abstract - In this article a computer-based architecture to a WEB-based control and supervision of an Industrial Pilot Plant is presented. It provides a platform to the study of subjects related to the remote operation of industrial plants using the Internet; as well as for distance education purposes. The Pilot Plant encompasses a system of tanks instrumented with smart sensors and actuators that are able to interact using the Foundation Fieldbus protocol, allowing different configurations for closed loop control of process variables such as level, temperature and drain. The plant operation is fully configurable and programmable over a supervisory application executed in conjunction with a WEB server, allowing the monitoring and graphical visualization of all relevant system variables and control parameters.

Keywords - Controle, Foundation Fieldbus, Internet e Supervisão.

1 Introdução

Novas tecnologias surgem constantemente na área de automação industrial. Nos dias de hoje há uma tendência à distribuição do controle de processos através de dispositivos de campo inteligentes. Do ponto de vista da supervisão, o acesso remoto à plantas industriais oferece aos operadores versatilidade para a configuração, alteração de parâmetros e supervisão à distância de processos bem como a segurança física do operador.

Neste sentido o objetivo majoritário deste trabalho consiste em apresentar o desenvolvimento de uma estrutura de controle e supervisão via Internet de uma Planta Piloto Industrial, servindo de plataforma para experimentos de pesquisa bem como o de ensino à distância em sistemas de controle e automação industrial.

A Planta Piloto constitui-se em um sistema de tanques interligados onde são possíveis configurações de malhas de controle de nível, temperatura e vazão. A instrumentação é baseada na utilização de sensores e atuadores inteligentes que utilizam o protocolo de comunicação industrial Foundation Fieldbus. Através de um aplicativo supervisor, executado em paralelo com um servidor WEB, é possível então a programação e alteração on line e remota dos parâmetros de controle da Planta.

Desta forma, sob o ponto de vista de pesquisa, tal Planta permitirá a realização de experimentos para a avaliação e a validação destas novas tecnologias tais como: avaliações de restrições temporais e de estratégias de escalonamento e troca de mensagens

no protocolo Foundation Fieldbus; desenvolvimento de blocos funcionais para o Foundation Fieldbus implementando algoritmos modernos de controle tais como controle preditivo, adaptativo e robusto bem como a avaliação e comparação do desempenho dos mesmos. Sob a óptica de ensino à distância, a utilização da Internet permite a um número maior de pessoas o acesso à realização de um experimento sem a necessidade de estarem presentes no local onde o mesmo encontra-se montado. Tal acesso remoto apresenta-se assim como uma alternativa barata e eficiente para o treinamento de pessoal. Seguindo esta tendência, várias instituições adotam a filosofia de ensaios remotos através da Internet, entre eles podemos citar: controle digital de processos pela Internet [1], aplicações aeroespaciais [1]; controle preditivo, comunicação de um sistema embarcado em um veículo [2], aplicações tempo real de vídeo e voz [3].

Ressalta-se que nenhum destes experimentos utiliza uma rede com protocolo industrial normalizado e aberto de comunicação.

O artigo está organizado da seguinte maneira: após uma descrição na seção 2 da Planta Piloto e seus processos, bem como dos ensaios de controle que são possíveis de serem realizados, a seção 3 descreve a rede Foundation Fieldbus, suas características e vantagens. Na seção 4, apresenta-se a estrutura de software do sistema, suas características e como é feita a interconexão entre os componentes que constituem o sistema para a disponibilização de informações pela Internet. Por fim na seção 5, apresentam-se as conclusões do trabalho e perspectivas futuras.

2 A Planta Piloto

A Planta Piloto é constituída fisicamente por três tanques interconectados entre si por tubulações. A idéia central é a configuração de uma unidade de processamento de substâncias líquidas. Para isto conta-se adicionalmente com cinco válvulas proporcionais, quatro motobombas, atuadores para aquecimento, sensores de temperatura do tipo PT 100, sensores de nível do tipo pressão em coluna d'água (Fig. 1).

Várias estruturas e laços de controle podem ser implementados. Mais especificamente é possível a implementação de laços de controle de processos mono e multivariáveis de temperatura, nível e vazão.

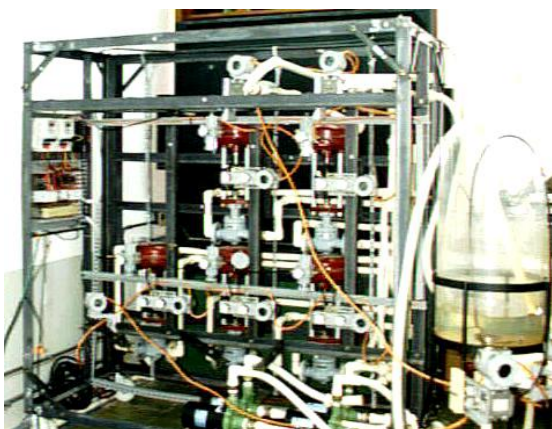


Figura 1. Foto da Planta no seu Estágio Atual.

3 A Rede Foundation Fieldbus

Os sensores e atuadores mencionados na descrição da Planta são equipamentos inteligentes que utilizam o protocolo Foundation Fieldbus.

O Foundation Fieldbus é um protocolo de comunicação industrial que permite o controle distribuído de processos sobre uma rede. As principais características deste protocolo são: a aplicação em controle de processos contínuos; segurança intrínseca; alimentação e sinal pelo mesmo par de fios e de acordo com o modelo ISO/OSI, definindo os níveis 1,2 e 7 [5].

É bem sabido que redes industriais são padronizadas sobre três níveis de hierarquias cada qual responsável pela conexão de diferentes tipos de equipamentos com suas próprias características de informação [5, 6, 7, 8].

A seguir serão descritas as três camadas da rede implementada.

3.1 Camada de Controle Discreto

É o nível mais baixo, se refere geralmente às ligações físicas da rede ou o nível de I/O. Este nível de rede conecta os equipamentos de baixo nível entre as partes físicas e de controle. No nosso caso, a rede Foundation Fieldbus interliga os equipamentos de I/O através de um par trançado de fios blindados. Os

equipamentos acoplados à rede possuem inteligência para desempenhar funções específicas de controle tais como loops PID, controle de fluxo de informações e processos [6].

3.2 Camada de Controle

O nível de controle da rede é o nível intermediário [6]. Em nosso caso a camada de controle é implementada por uma placa PCI Foundation Fieldbus que está alocada no PC servidor da aplicação. A informação deve trafegar neste nível em tempo real para garantir a atualização dos dados para o supervisor da Planta. Esta placa é também chamada de "linking device", que tem a função de transportar dados da rede H1 para uma outra rede H1, ou seja, a troca de dados entre dispositivos de campo localizados em redes de chão de fábrica distintas, ou para a HSE (High Speed Ethernet). A arquitetura desta placa tem como base uma memória de dupla-porta com CPU risc superescalar. É por esta placa que os dados são disponibilizados para sistemas supervisórios e configuradores através do PHAL, uma interface de software que trata as comunicações em paralelo para cada canal da placa. Ela garante a transparência completa do hardware e do protocolo Fieldbus com a interface homem-máquina (IHM).

3.3 Camada de Informação

Nível de informação é o nível mais alto da rede. A camada de informação é alocada em um computador central que processa o escalonamento das tarefas da Planta. Esta camada é implementada, geralmente, por softwares gerenciais (MIS) [6]. O software configurador da Planta é o responsável pela configuração física e lógica da planta, também cabe a este software o Start-up da Planta Industrial, sendo ele também o responsável pela leitura do barramento Fieldbus em busca de dados de todos os dispositivos para o futuro tratamento. O outro software gerencial da Planta é o supervisório, onde os dados são tratados e depois retornam ao barramento.

Para o nosso caso, o padrão Ethernet/Internet operando com o protocolo TCP/IP foi utilizado na camada de informação para disponibilizar dados de forma remota.

3.4 Vantagens da Rede Foundation Fieldbus

Os benefícios da Tecnologia Fieldbus podem ser divididos em melhoria e maior quantidade de informações de Controle e extra Controle e os benefícios econômicos.

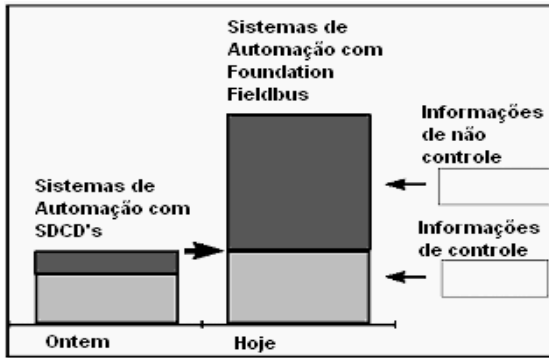


Figura 2. Vantagens da Tecnologia Foundation Fieldbus.

Em relação à obtenção da informação, nos sistemas tradicionais de automação, o volume de informações não ia muito além daquele destinado às informações de controle, nos sistemas Fieldbus, o volume de informações extra controle é bem maior devido às facilidades atribuídas principalmente à comunicação digital entre os equipamentos (Fig. 2).

Entre os benefícios econômicos, destacam-se os seguintes fatores: menor custo de mão de obra, pois a quantidade de hardware em Plantas com Foundation Fieldbus é muito menor do que em sistemas de automação tradicionais, e fácil configuração do sistema.

Em relação à implantação de novas malhas, tem-se também um baixo custo, porque se necessita apenas da adição de novos instrumentos no campo, assim como para a adição de novas unidades de controle, necessita-se apenas a adição de mais placas de interface.

Em relação aos ganhos tecnológicos, levantam-se os seguintes fatores: instrumentação de ponta (estado da arte), vantagens operacionais do sistema (sistema aberto), tecnologia atualizada (sistema de controle programável por blocos funcionais).

4 Estrutura de Software do Sistema

O interfaceamento entre os aplicativos que constituem a estrutura de software da Planta Industrial é visto na Fig. 3.

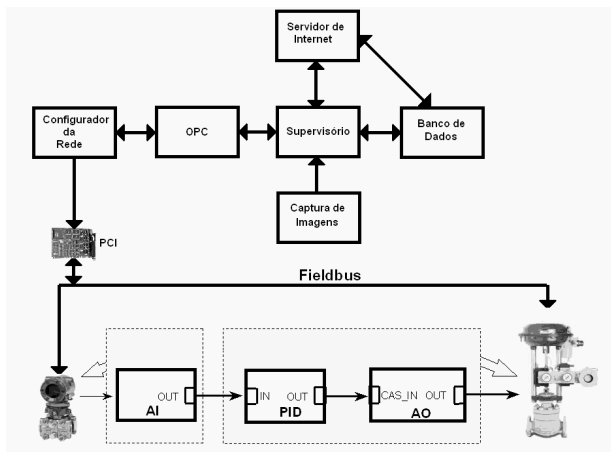


Figura 3. Interfaceamento entre os Componentes Integrantes da Planta.

4.1 Configuração da Rede

A configuração dos instrumentos Fieldbus consiste basicamente no interligamento lógico dos diversos blocos funcionais implementados em cada dispositivo da rede através do software configurador além da definição dos parâmetros de controle de cada bloco (Fig. 4).

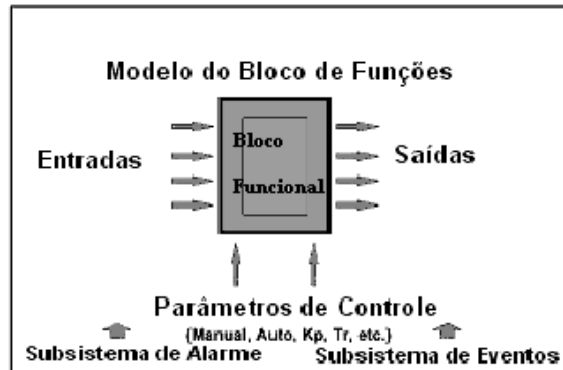


Figura 4. Diagrama Geral de um Bloco de Configuração.

Na Fig. 4 tem-se a representação genérica de um bloco funcional que possui suas entradas, saídas e parâmetros de controle.

4.1.1 Configuração Física

Determina quais os dispositivos que estão conectados ao barramento farão parte da estratégia de controle, quais os blocos de função que serão necessários para efetuar o controle do processo e em que dispositivo estes blocos se localizam, sendo importante enfatizar que a alocação dos blocos que executam o controle da Planta pode ser em qualquer um dos dispositivos da rede. Podemos ilustrar o conceito de configuração física com um ensaio realizado na Planta Industrial, os dispositivos utilizados no ensaio são uma válvula reguladora de vazão e um sensor de pressão para a medição do nível de água presente no tanque. A Fig. 5 representa a janela de configuração física do software configurador.

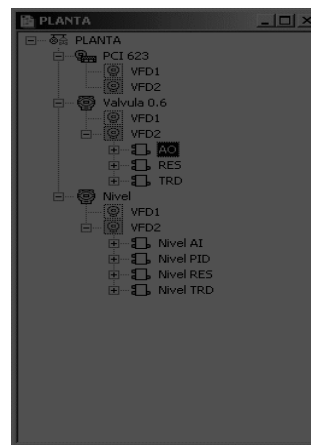


Figura 5. Configuração Física da Planta Industrial.

4.1.2 Configuração Lógica

A aplicação laço de controle para a configuração descrita foi implementada com o auxílio de três blocos funcionais: uma entrada analógica (AI), que disponibiliza para o sistema a leitura do sensor do dispositivo de pressão que mede o nível de água em um dos tanques, um controlador PID, e uma saída analógica (AO) que transfere para o atuador o valor de atuação adequado. Estes blocos foram conectados de maneira usual para compor um controle PID realimentado (Fig. 6), em que a entrada do bloco PID é originada no bloco AI, e a sua saída é enviada para o bloco AO. O bloco funcional AI e o bloco PID foram configurados para rodar no dispositivo transmissor de pressão, enquanto que o bloco AO foi alocado no posicionador de válvula.

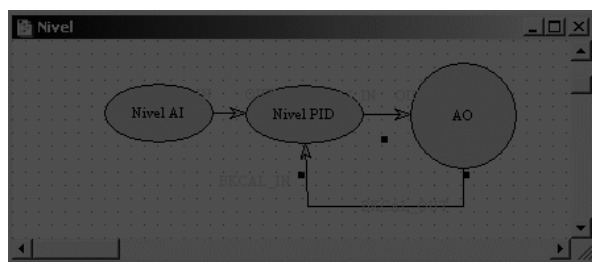


Figura 6. Estratégia de Controle.

4.1.3 Parametrização dos Blocos

Depois de definidos os dispositivos e blocos integrantes do sistema, e definida a estratégia de controle, é necessário configurar uma série de parâmetros em cada um dos blocos de função. Estes parâmetros podem ser de entrada, saída ou internos do bloco. A seguir apresentamos, como exemplo, a programação feita para o bloco PID da aplicação da Fig. 6.

4.1.3.1 Bloco Controlador PID de Nível

Bloco responsável pelo controle de nível; recebe como sinal de entrada o sinal do dispositivo medidor de nível, calcula o sinal de atuação sobre a válvula baseado no valor atual e no setpoint do nível (Fig. 7).

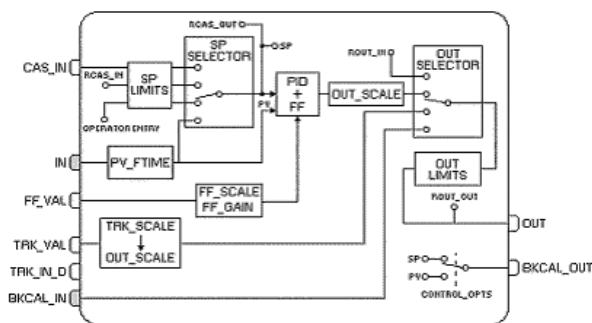


Figura 7. Bloco PID.

4.2 Disponibilização de Dados para a Camada de Usuário

O sistema configurador, o Syscon, disponibiliza um servidor de dados OLE (Object linked and embedded) for Process Control (OPC), esta interface contém toda a base de dados do processo industrial para configuração e supervisão; este servidor de dados disponibiliza todos os dados da Planta Industrial para o supervisor que funciona como seu cliente.

4.3 O Supervisor

O supervisor foi desenvolvido utilizando-se a ferramenta Elipse SCADA. Através da coleta de informações de qualquer equipamento da rede Fieldbus, podem-se apresentar dados em tempo real e de forma gráfica ao operador, além de tratar estas informações de várias maneiras, como armazenamento histórico, geração de relatórios, conexão remota, dentre outras possibilidades.

4.3.1 Interfaceamento entre o Supervisor e o Servidor de Dados OLE.

A base de dados do servidor OPC é disponibilizada para aplicativos que rodam no servidor da Planta; sendo assim, o supervisor importa a base de dados do processo industrial, pois ele é um cliente OPC. Com isso através do supervisor pode-se ler e escrever em variáveis da Planta Industrial.

Na Fig. 8, pode ser visto a janela de configuração de uma conexão OPC entre o supervisor e a base de dados do processo industrial.

Nesta etapa, seleciona-se o servidor de dados para o supervisor, tempo de atualização dos dados entre outras tarefas.

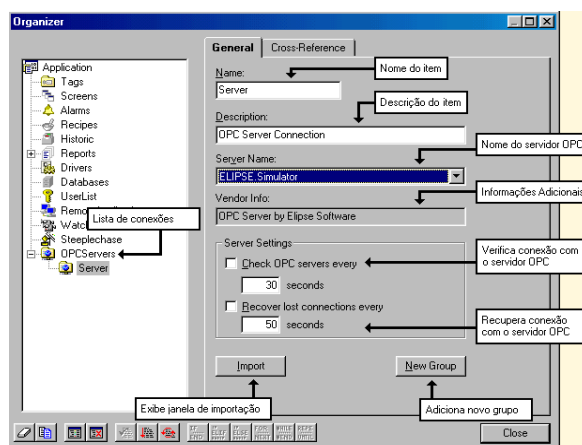


Figura 8. Configuração Geral da Conexão OPC.

Os Tags (variável lógica associada a cada um dos parâmetros da Planta Industrial que pode ser manipulada por software, por exemplo: nível do tanque1) OPC são facilmente configuráveis e uma vez importados já possuem todas as informações

necessárias para sua conexão com servidor OPC. Contudo, é possível acertar o tempo de leitura do Tag e o modo de leitura, a conexão com o servidor, entre outras funcionalidades.(Fig. 9).

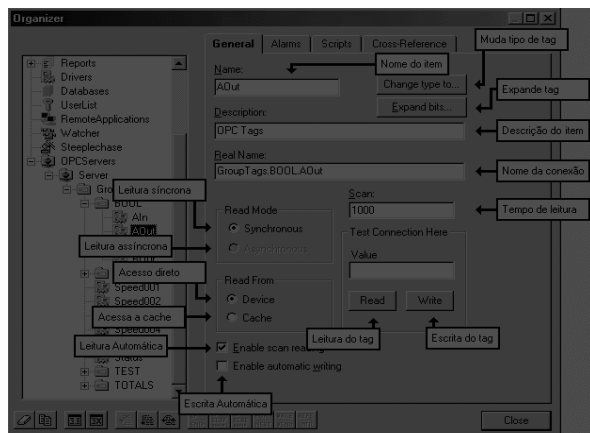


Figura 9. Configuração dos Tags OPC.

4.3.2 Interconexão entre o Supervisório e o Servidor de WEB

O servidor de WEB utilizado é o Internet Information Server 5 (IIS 5 da Microsoft).

A comunicação entre o supervisório e o servidor de WEB (Internet Information Server 5) tem como base uma arquitetura cliente/servidor que permite qualquer browser (cliente) acessar as telas do supervisório (servidor). A comunicação é realizada com Applets escritos em Java.

Mostra-se através da Fig. 10 como o cliente e o servidor partilham o trabalho. Primeiro, o browser carrega a página Web criada pelo supervisório usando o protocolo padrão HTTP. O Applet (que acompanha a página) é executado, estabelecendo uma conexão com o supervisório. O usuário interage com o browser, enviando dados para a Planta, a informação é processada, a resposta volta para o usuário, fechando o ciclo. Pode haver tantos browsers (clientes) quanto disponíveis ou permitidos pelo supervisório.

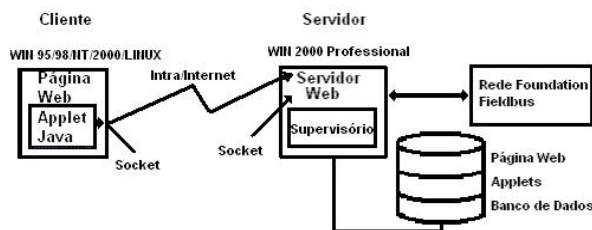


Figura 10. Arquitetura de Comunicação com a Internet.

4.4 Sistema de Captura, Armazenamento e Transmissão Digital de Imagens

A captura de vídeo para a Planta é feita através de 2 Webcam's. O supervisório possui um módulo para monitoração de sistemas com recursos de captura,

registro e transmissão digital de imagens em tempo real, o Elipse Watcher [9]. Suporta diversos padrões, inclusive MPEG, possibilitando a visualização em janelas com tamanho e qualidade programáveis pelo operador da Planta. Permite a criação de banco de dados de imagens com busca por período ou evento e transmissão de imagens em tempo real para estações remotas via TCP/IP [9].

4.5 Interface entre Supervisório e Banco de Dados Access

Este procedimento é realizado porque o supervisório não tem a capacidade de disponibilizar sua base de dados para a Internet. Os dados da aplicação são disponibilizados através de uma conexão ODBC (Open Data Base Connectivity) do supervisório com o Banco de Dados (Access da Microsoft). A conexão é feita através do administrador de fonte de dados do sistema (ODBC), neste são configurados os campos do Banco de Dados através da adição de novos DSN's (Data Source Names), onde o supervisório irá escrever os dados da Planta.

4.6 Publicando Informações da Planta na Internet

Browsers da Web submetem os pedidos ao servidor Internet utilizando o HTTP (Fig. 11). O servidor da Internet responde com um documento formatado em HTML. O acesso aos bancos de dados é concluído através de um componente do Internet Information Server denominado conector de banco de dados da Internet (IDC, *Internet Database Connector*). O IDC utiliza dois tipos de arquivos para controlar como o banco de dados é acessado e como a página da Web é construída. Estes são arquivos (.idc) do Conector de banco de dados da Internet e arquivos de extensão (.htx) do HTML. O banco de dados é acessado pelo servidor de Internet através de páginas ASP que contêm scripts e métodos para acessar a conexão ODBC. Utiliza-se ADO (ActiveX Data Objects) para recuperação, visualização, alteração, inclusão e exclusão de registros em bancos de dados ODBC; dessa forma, disponibilizam-se informações do status da Planta e sobre ensaios de controle realizados na Planta para uma futura análise do operador remoto. A Fig. 12 mostra os componentes para a conexão com bancos de dados a partir do Internet Information Server.

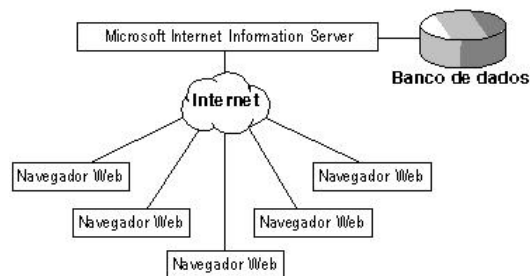


Figura 11. Acesso ao Banco de Dados da Planta.

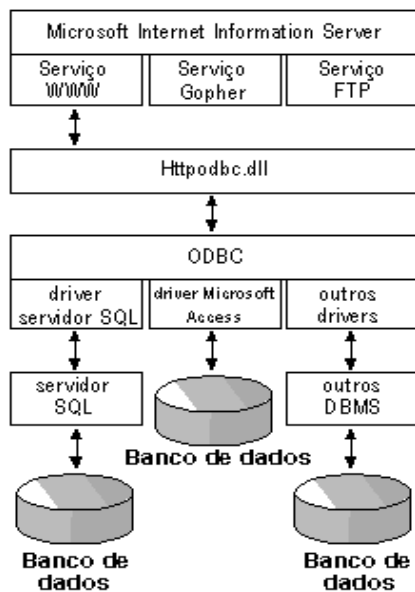


Figura 12. Conexão com Banco de Dados a partir do IIS 5.

5 Conclusões e Perspectivas

A Planta apresenta-se operacional e em um estágio avançado de desenvolvimento, sua montagem está finalizada e algumas malhas de controle já estão operacionais. O sistema está disponibilizado na Internet no endereço eletrônico: <http://himalaia.iee.ufrgs.br/planta.htm>, mas ainda com algumas restrições.

A grande vantagem deste sistema consiste na utilização de uma rede industrial normalizada e amplamente divulgada. O sistema remoto desenvolvido possui algumas restrições a saber, para o usuário remoto o controle em tempo real se torna impossível devido ao comportamento não determinístico do protocolo TCP/IP, portanto cabe a este usuário a configuração total do experimento e após isso o disparo do mesmo para que o controle seja em tempo real. A velocidade de atualização das imagens e demais informações do sistema para o cliente depende de uma série de fatores, número de usuários conectados ao sistema, número e tipo de requisições feitas para o servidor WEB e ainda o local onde cada cliente está acessando a Planta Industrial.

As atividades a serem realizadas a fim de atingir-se os objetivos majoritários deste projeto as seguintes: melhoria na acessibilidade do Banco de Dados da Planta via Internet, melhoria nas páginas de acesso em HTML, melhoria nos mecanismos de intertravamento e segurança, implementação de um curso à distância de sintonia de controladores PID, aperfeiçoamento e comparação das tecnologias de desenvolvimento na Internet como Java scripts, ASP, PHP e CGI, a fim de encontrar uma estratégia ótima de acesso via Internet.

Referências

- [1] S. Poindexter e B. Heck, (1998) Using the web in your courses: the how-to's and the why's, *American Control Conference 1998*, 1304 - 1308.
- [2] C. Schmid, (1998) The virtual control lab VCLAB for education on the web, *American Control Conference 1998*, 1319 - 1325.
- [3] K. Johansson, A. Horch e O. Wijk, (1999) Teaching multivariable control using the quadruple tank process, *38th IEEE Conference on Decision and Control*, 807 - 812.
- [4] A. Jochheim e C. Roehrig, (1999) The virtual lab for teleoperated control of real experiments, *38th IEEE Conference on Decision and Control*, 819 - 824.
- [5] Function Blocks Instruction Manual, August (1998), Smar - Fieldbus, 1 - 120.
- [6] Foundation Specification Device Description Language, June (1999), 1 - 117.
- [7] Foundation Specification Function Block Application Process - Part I, June (1999), Fieldbus Foundation, 1 - 117.
- [8] Foundation Specification Function Block Application Process - Part II, June (1999), Fieldbus Foundation, 1 - 75.
- [9] Sistema de Supervisão e Controle, Manual do Usuário, Elipse Software, (1998), Elipse Software, 1 - 270.