



INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS ROBOTIZADOS EM REDES DE MANUFATURA

Flávio José Lorini

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Departamento de Engenharia Mecânica
Rua Sarmento Leite 425, 90050-170, Porto Alegre, RS, Brasil.
E-mail: lorini@ufrgs.br

Resumo. *Sistemas robóticos industriais podem combinar características de uma automação de propósito geral, com hardware flexível, e um sistema de controle baseado em software, que permite também o interfaceamento com outras máquinas. O presente trabalho apresenta um aplicativo desenvolvido como sistema para comando e controle operacional de um robô através de microcomputadores em rede. O sistema de comunicação PC/Robô é fundamentalmente uma interface que permite a execução remota de programas residentes no controle do robô, além do envio de comandos de movimento através da rede para execução no robô em estação remota. O controle do robô tem conexão para transmissão de informações através de uma porta serial RS232, comunicando-se com um PC servidor de uma rede local com acesso a Internet via protocolo TCP/IP. O sistema implementado como uma interface gráfica, em ambiente Windows, trabalha com um módulo de programa **Server** conectado ao controle do robô e uma versão **Client**, que pode operar em um ponto qualquer da rede. A conexão do usuário ao sistema exige a identificação do computador (IP) servidor. O sistema tem finalidades acadêmicas, ensino de robótica industrial e integração de máquinas em chão de fábrica, podendo também ser aplicado como elemento de supervisão de uma célula robotizada.*

Palavras-chave: *Sistemas Robotizados, Redes de chão de fábrica, controle remoto.*

1. INTRODUÇÃO

Com esse trabalho buscou-se o desenvolvimento de um sistema de interfaceamento para equipamentos de chão de fábrica que permitisse a comunicação entre o controle de um robô industrial e estações de supervisões baseadas em microcomputadores interligadas em rede locais e, através destas, também a rede externa via Internet.

O sistema de comunicação PC/Robô, no modo em que foi desenvolvido, serve como uma interface para execução remota de programas residentes na memória do controle do robô e também para comandar os movimentos do manipulador remotamente. Através de instruções transmitidas em ambiente de rede em um microcomputador cliente, pode-se enviar uma seqüência de informações que são recebidas por um computador escravo ligado através de uma porta serial RS232 ao controle do robô. O fato de se utilizar um sistema de conexão digital baseado em interface serial e apoiar-se em transmissão em ambiente de rede com padrão Internet, permite estender a aplicação a qualquer equipamento programável desde que esse tenha uma porta serial disponível para comunicação externa. Em uma fase inicial, o sistema está implementado como uma interface gráfica, desenvolvida em ambiente Visual Basic, em dois módulos de programa distintos, embora com funções semelhantes. O módulo *Servidor* que, diretamente conectado ao controle do robô, pode dar acesso a um módulo *Cliente*, residente em um outro computador remoto presente seja na rede local, que em qualquer outro computador com conexão via protocolo TCP/IP.

Uma descrição das características dos módulos desenvolvidos no sistema é apresentada no texto que se segue com ilustrações das respectivas funções.

2. CARACTERÍSTICA DO ROBÔ

O equipamento utilizado para a aplicação é um robô industrial, modelo IRB 1400, um manipulador de tipo antropomorfo, com seis graus de liberdade com capacidade de carga de 5 kg e velocidade máxima de 6000 mm/s.

2.1 Sistema de controle

O sistema de controle do IRB-1400 é constituído de três unidades distintas, sendo a principal baseada em um processador Motorola 68040. A unidade principal do controle é conectada ao computador do robô através de um processador de I/O que funciona também como elemento de interface com dispositivos externos, como a unidade de aprendizado da máquina, denominados de *teach pendant*, além da unidade de disco flexível. Um terceiro processador é dedicado ao controle dos movimentos dos eixos do robô, especificamente para o posicionamento e o controle da velocidade de deslocamento.

Outra característica importante do módulo de controle é a sua compatibilidade para interfaceamento com protocolos de comunicação Microsoft, deste modo o robô pode estabelecer comunicação com um PC através uma porta serial *standard* RS232, a uma velocidade máxima de 19200 *baud*.

Na figura 1 é apresentada parte do esquema de controle I/O do robô evidenciando as quatro portas seriais, uma das quais serve como canal de comunicação com o PC. A unidade de I/O permite também interfacear outros sistemas de aquisição de dados ou sensores que possam ser implementados em uma instalação onde o robô esteja integrado.

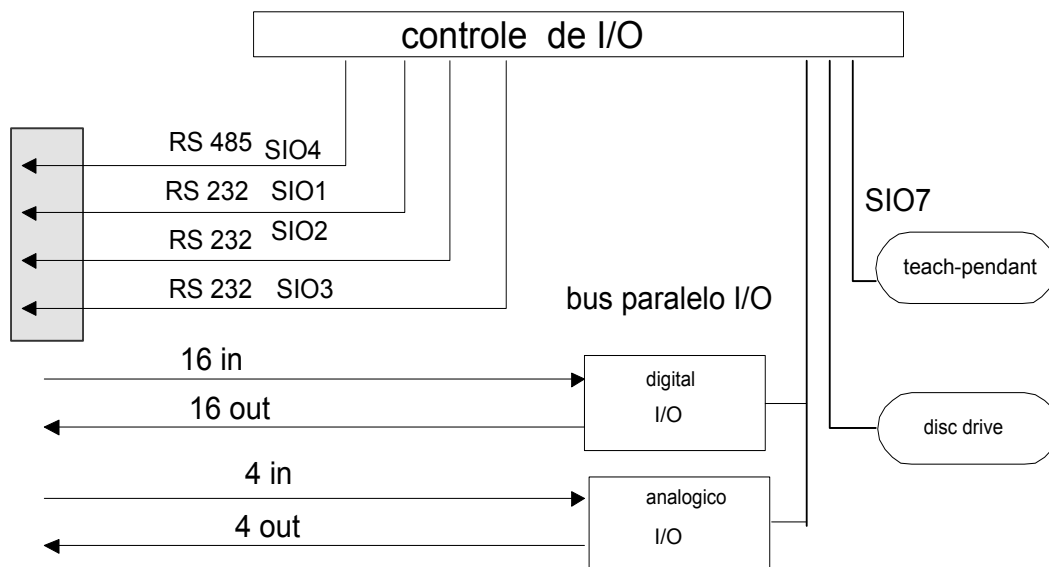


Figura 1. Esquema de controle de I/O.

2.2 Linguagem de Programação

A linguagem de programação utilizada para definir instruções desta série de robôs é o *RAPID*. Uma linguagem proprietária que prevê uma série de comandos específicos da máquina para instruções operacionais. A programação conta ainda com recursos dos comandos de lógica e controle das informações presentes na maioria das linguagens de programação de alto nível. O meio de programação padrão da máquina é através do teclado do “*teach pendant*”.

3. COMUNICAÇÃO ROBÔ/PC

Característica fundamental para um sistema de automação industrial é a possibilidade de integração das atividades através de sistemas de comunicação para comando e controle em todas as fases do processo industrial, do projeto à operação. No caso da aplicação de um robô no sistema, a possibilidade de ser programado *off-line* é útil para simular diversas situações sem interferir na operação da máquina. Em situações particulares de funcionamento é importante estabelecer posicionamento controlado por um específico sistema de supervisão externo. Um sistema de controle remoto deve fluir através de um protocolo de comunicação entre o controle do robô e um software de comunicação aplicado.

3.1 Interface Serial

A transmissão de informações pode ocorrer através de uma porta serial *standard* RS232C e permite, no caso de comunicação do PC ao controle, definir uma seqüência de movimentos para o robô. Por sua vez, o fluxo inverso de informações permite gerar mensagens de alerta em caso de problemas de funcionamento, ou estado do robô.

A interface RS 232C, um *standard* EIA (*Eletronic Industry Association*) permite transmissão de dados em formato ASCII através de transferência síncrona ou assíncrona. A transferência requer essencialmente um cabeamento simples, constituído de uma linha terra e outras duas, respectivamente para enviar e receber os sinais que transitam *bit a bit* entre os dispositivos. Funciona em modo *standard* com pulsos de +12 e -12 volts, para uma distância máxima de transferência entre dispositivos de 15 metros, garantindo ausência de perturbações de sinal. Para linhas longas e altas taxas de transmissão, os padrões RS 422 e 423 são indicados particularmente onde possa haver interferências de equipamentos industriais.

A interface na concepção original estabelece conectores do tipo DB-9 e DB-25, para transmissão de informações. Dentre as linhas disponíveis para transmissão de sinais, são utilizadas no sistema aquelas para o *signal terra*, *transmissão de dados (TXD)* e *recebimento de dados (DCE)*.

3.2 Sistema de Rede

O sistema se baseia na transmissão de informações através de uma arquitetura de rede local (LAN) Ethernet, que funciona integrada a rede Internet, para permitir o acesso remoto de posições externas com status de clientes.

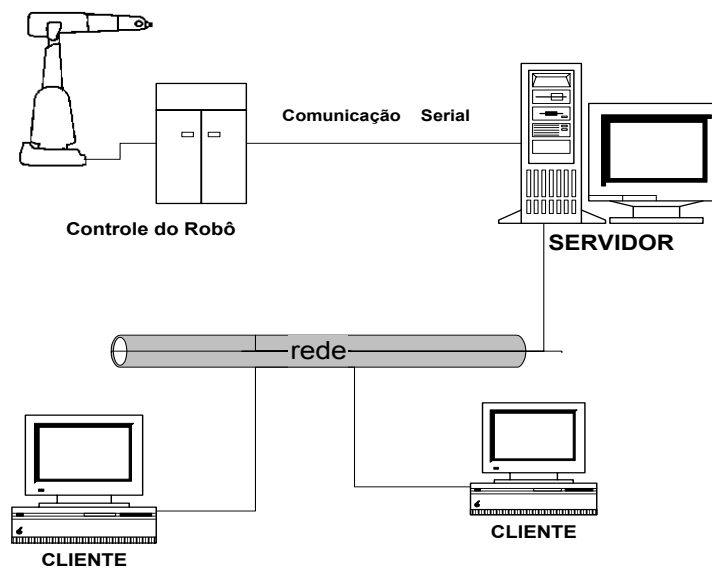


Figura 2. Arquitetura para conexão em rede.

4. A INTERFACE DE COMUNICAÇÃO

4.1 Ambiente de Implementação

O sistema de comunicação foi implementado em plataforma Windows, desenvolvido em ambiente Visual Basic para criação dos módulos de programa utilizando potencialidades da própria linguagem que permitem implementar comunicação de mensagens, seja via serial, para transmissão de dados via Internet com o protocolo TC/IP.

4.2 Módulos de Programa

O sistema de comunicação compreende dois módulos principais de programa, basicamente semelhantes, um *Server*, que deve funcionar junto ao computador que fisicamente está interligado, via porta serial, com o controle do robô, e outro módulo, o *Client* que, via Internet, conecta-se ao servidor que assim pode também interagir com o controle do robô.

Uma vez estabelecidas as conexões, pode-se executar os programas que estiverem definidos e residentes no comando do robô. Numa fase futura pretende-se usar os mesmos recursos para transmitir um novo programa diretamente do computador remoto ao controle do robô e vice versa.

Independente dos programas existentes, a interface de comunicação permite também impor movimentos específicos, através de uma área de coordenadas onde se podem definir os deslocamentos diretamente através de movimentos do *mouse*, ou se escreverem as coordenadas e ângulos nas devidas janelas de texto da interface. Esta característica tem importante aplicação no campo didático para o ensino de programação e controle do robô.

Uma câmera de vídeo, presente no computador com o programa *Server*, possibilita a transmissão da imagem do robô em movimento para uma estação de controle, ou mesmo para uma sala de aula, para aplicações didáticas, seja via rede local ou remota pela Internet. Este módulo de transmissão de imagem deverá ser implementado em etapa sucessiva.

A seguir são ilustrados os principais módulos de programa desenvolvidos, ou seja, as interfaces de comunicação que permitem troca de informações entre estação *Server* e *Client* sobre a rede de comunicação.

4.2.1 Interface para Servidor – Módulo Server

A interface de programa servidor desenvolvido como *Módulo Server* tem a configuração de operação indicada na figura seguinte.



Figura 3. Interface de abertura do módulo *Server*.

A janela de abertura do programa tem suas funções ativadas através de dois botões principais na barra de menu, identificados como *Robô* e *Texto*.

4.2.2 Opção Robô

A opção *Robô* permite a ativação da interface para movimento do robô, identificada pela imagem:



Figura 4. Interface para Movimento do robô: **Robô**.

Nessa interface podem ser definidas as coordenadas de deslocamento para o manipulador através das caixas de texto $X(mm)$, $Y(mm)$, $Z(mm)$. Essa definição também pode ser imposta diretamente com o deslocamento do *mouse* sobre o quadro onde estão limitados os respectivos movimentos possíveis em X, Y e Z, em função do volume de trabalho específico do manipulador.

Nesta interface existem ainda as opções de se definirem os ângulos de orientação do sistema de referência da ferramenta através das opções *Alfa*, *Beta*, *Gama*.

Uma série de programas previamente carregados no controle do robô também podem ser ativados através desta interface, definido-se especificamente como *program_1*, *program_2*, *program_3*, *program_4*, possíveis na versão atual.

Para qualquer uma das opções de movimento definidas sua ativação será iniciada pela seleção do botão *MOVE* e a interrupção através de *STOP*. Os movimentos, no entanto somente serão possíveis se houver conexão na rede entre os módulos de programa servidor e cliente. A comunicação é ativada pelo estabelecimento da conexão entre a estação cliente e o servidor identificado pelo seu número IP (protocolo internet na rede). Estabelecida a conexão um sinalizador gráfico na forma de botão muda o status de “não conectado” em azul, para “Em Conexão”, em vermelho.

4.2.3 Opção Texto

Essa interface abre a possibilidade de comunicação de texto entre usuários das estações em rede, sejam operadores de estações clientes ou servidor, respectivamente com as interfaces *Mensagem_Client* e *Mensagem_Server*. Essa interface apresenta três janelas de textos respectivamente para conter os textos de mensagem em digitação, entrando e saindo da estação.

4.3 Interface para Cliente – Módulo Client

A interface do módulo Cliente tem a mesma configuração daquela do servidor, contendo, no entanto, a opção *IPServer* no menu para possibilitar identificar o número IP do Servidor com o qual deve estabelecer conexão sobre a rede e permitir acessar o controle do robô. O módulo de identificação do IP, na janela de texto correspondente admite alteração re-escrevendo o adequado número IP.



Figura 5. Janela para identificar número IP.

Do mesmo modo que na interface do módulo *Server*, no módulo *Client* podem ser ativadas tanto nas janelas para movimento do robô como nos módulos de comunicação de texto entre usuários conectados na rede. A opção de menu **Conectar** permite estabelecer a conexão depois de ter sido definido o número IP desejado. O módulo de Movimento do robô que pode ser ativado na interface *Client* é o mesmo daquele que é ativado no Servidor.

A opção **Info** do menu principal do programa abre uma janela com identificação dos créditos de desenvolvimento do sistema, além de informações para o usuário.

5. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados até aqui alcançados, apontam importantes benefícios seja com o desenvolvimento dos módulos de software de comunicação para integração de redes de chão de fábrica, ou pelo material de apoio técnico e didático consolidado para uso no ensino e pesquisa para automação industrial.

6. AGRADECIMENTOS

Este trabalho conta com apoio da Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul, FAPERGS.

7. REFERÊNCIAS

ABB IRB 1400, 1995, Product Manual ABB.

Bedworth, David D.; Henderson, Mark R.; Wolfe, Philip M., 1991. "Computer Integrated Design and Manufacturing", McGraw-Hill, USA, pp. 610-625.

Groover, M., 1987, "Automation, Production Systems and Computer Integration Manufacturing", Prentice Hall, USA, pp. 764-775.

Heywood, D., 1998, Networking with Microsoft TCP/IP, New Riders Publishing, Indiana, USA, 890 p.

Kusiak, A., 1987, "Artificial Intelligence, Implications for CIM". IFS Publications, Springer Verlag, pp. 27-44.

Maglia, R., 1997, "Using a Functional Architecture to Support Structured Robot Integration. Manufacturing System", Vol. 26, no. 3, pp. 177-186.

Ranky, Paul G, 1983, "The Design and Operation of FMS". IFS Publication, UK, pp. 245-260.

Rembold, U.; Nnaji, B. O.; Storr, A., 1996, "Computer Integrated Manufacturing and Engineering". Addison-Wesley, England, pp. 258-293.

Russo, Mark F.; Echols, Martin M., 1999, "Automating Science and Engineering Laboratories with Visual Basic". John Wiley & Sons, USA, 355 p.

Sum Fu, K. Gonzalez, R. C; Lee, 1989, "Robotica", McGraw-Hill, Milano, Itália, 711p.

ROBOTICS INTEGRATED SYSTEM ON MANUFACTURING NETWORKS

Flávio José Lorini

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Departamento de Engenharia Mecânica

Rua Sarmento Leite 425, 90050-170, Porto Alegre, RS, Brasil.

E-mail: lorini@ufrgs.br

***Abstract.** Industrial robotics systems may combine the characteristics of general-purpose for automated cells, with non-specific hardware, with a software-based control system, which also allows interfacing with other machines. This paper presents a system developed to work as an*

operational control system for robots using networked personal computers. The PC/Robot communications system is basically an interface that allows a remote user to execute movements of the mechanical arm or to trigger and control programs already installed in the control unit of a specific robot. A PC working as a local network server with Internet access via TCP/IP protocol is connected to the robot control unit via a serial port RS232. The control system was implemented with a graphic interface in MS Windows environment and it works with a Server interface linked to the robot control unit and a Client version that may be operated from any computer in the network. The user connection to the system is dependent on the identification of the server unit. The system was developed as an educational tool to assist on undergraduate courses on robotics and the integration of machines in an industrial plant. In addition to that, the system may be used to control and to supervise robotics cells.

Keywords. *Robotics system, network manufacturing, remote control*