

Ambiente didático para operação remota de robô manipulador

Emanuel Nunes Borges (EESC/USP) enb@sc.usp.br
Flávio Camarinho Moreira (EESC/USP) flaviocm@sc.usp.br
Alex Camilli Bottene (EESC/USP) abottene@sc.usp.br
Carlos Magno de Oliveira Valente (EESC/USP) cmov@sc.usp.br
Fábio Ferraz Jr. (EESC/USP) fferrazj@sc.usp.br
Arthur Plínio de Souza Braga (EESC/USP) abraga@sc.usp.br
João Fernando Gomes de Oliveira (EESC/USP) jfgo@sc.usp.br

Resumo

Novas técnicas, e facilidades, no ensino de Engenharia têm surgido com o avanço da Internet. A partir do conceito de laboratórios remotos, um número maior de estudantes e professores passou a ter acesso a equipamentos de elevado custo financeiro - antes restritos apenas aos grandes centros. Estes laboratórios, também conhecidos como WebLabs, possibilitam o acesso remoto a equipamentos de laboratórios físicos para a realização de ensaios através da rede, permitindo ao aluno alterar atributos e observar, em tempo real, os resultados de seus experimentos. Este artigo apresenta uma aplicação voltada para o ensino de robótica. Uma interface de controle e monitoramento foi desenvolvida para permitir que alunos controlem um robô manipulador ABB® IRB2400/10 através de uma rede de alta velocidade, permitindo ao usuário remoto: o aprendizado da sintaxe básica do robô, o conhecimento das funcionalidades disponíveis no equipamento real e a sensação de interação com o equipamento.

Palavras-chave: Laboratório remoto, Laboratório Virtual, Robô Manipulador.

1. Introdução

Recentemente, com o advento de técnicas de ensino relacionadas com a internet, têm-se observado algumas novidades no cenário da educação, como: livros eletrônicos, educação à distância e sistemas de ensino interativos. Entre as novidades de ensino à distância encontram-se os *laboratórios virtuais* e os *laboratórios remotos* (Cassini, et al. 2003).

Um *laboratório virtual* possibilita que o aluno visualize um programa de simulação remoto - este recebe do usuário parâmetros, processa e executa virtualmente a ação. Já um *laboratório remoto* possibilita total acesso ao laboratório físico de estudo - assim, o aluno pode alterar atributos e observar, em tempo real, os resultados. Este artigo apresenta uma aplicação voltada para o ensino de simples comandos de robótica, e o conhecimento de algumas funcionalidades presentes em sistemas robóticos, através da internet utilizando um *laboratório remoto*.

Esta aplicação está contida no projeto Kyatera da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), que promove o desenvolvimento de aplicativos para pesquisa cooperativa. O projeto é dividido em três camadas: (i) Camada física: transmissão física em fibra óptica; (ii) Camada de transporte: melhorar o transporte da informação; (iii) Camada de Aplicação: desenvolvimento de aplicações de internet avançada. No projeto KyaTera, os *laboratórios remotos* são desenvolvidos na terceira camada, e são denominados Weblab. Um Weblab deve possibilitar para o aluno entendimento e aprendizagem, sem a necessidade de estar fisicamente no laboratório.

Procurando atender esta meta, o laboratório remoto deve disponibilizar para o aluno total interação com o ambiente físico, possibilitando não somente a execução das operações em

tempo real, como também a observação de possíveis aspectos inesperados que podem ocorrer durante a execução de um experimento (Cassini, et al., 2003). Assim, o Weblab proposto neste trabalho representa uma ferramenta que transmite em tempo real a imagem do experimento sendo executado, utilizando uma simples *webcam*. Outro importante aspecto relacionado ao Weblab desenvolvido é sua implementação baseada em um ambiente simples e aberto através da Internet. Isto possibilita flexibilidade no acesso do aluno ao laboratório físico, ficando a seu critério decidir horários e locais de acesso. Contudo, o aluno pode desenvolver seus conhecimentos e conceitos sem ter necessidade de estar fisicamente no laboratório, satisfazendo a principal meta dos WebLabs. O ambiente desenvolvido não necessariamente se restringe ao aprendizado remoto, sendo possível adaptá-lo para aplicações na indústria – permitindo o monitoramento, diagnóstico e controle remoto em chão-de-fábrica, com as mesmas funcionalidades aqui descritas para uso educacional.

O restante deste trabalho está dividido da seguinte forma: a Seção 2 realiza um breve levantamento bibliográfico sobre práticas de ensino na internet, destacando a relevância dos laboratórios remotos; a Seção 3 descreve o WebLab desenvolvido, com um resumo das funcionalidades colocadas à disposição do aluno; a Seção 4 encerra este trabalho comentando as metas alcançadas com o ambiente desenvolvido, e as perspectivas futuras para o seu desenvolvimento.

2. Revisão Bibliográfica

A internet, através de sua alta acessibilidade e aceitação, tornou-se uma poderosa ferramenta para o desenvolvimento de ensino a distância. Qualquer estudante, em qualquer região e qualquer horário pode acessar e utilizar. (Latchman HA, Latchman SM 2000) apud (Saygin, C., Kahraman, F., 2004). Com uma vida competitiva, tendo pouco tempo para estudos, um bom sistema de informação que possibilite flexibilidade no ensino traz grandes vantagens para estudantes. (Stafford, T. F., 2005). Fazer uma ferramenta que possua estas características e possibilite o ensino foi o objetivo deste trabalho.

A educação deve ser ao mesmo tempo conceitual e experimental, isto consiste em um estímulo para o aluno, que deve sentir-se envolvido com as atividades práticas (Vallin, M. B. R., et al., 2000) apud (Freire Jr., J. C., et al., 2004). Com estes objetivos trabalhos vem sendo desenvolvidos para interagir alunos e laboratórios.

Como citado por (Ko, CC., et al., 2000) apud (Saygin, C., Kahraman, F., 2004), a integração da internet com a educação pode ser classificada segundo: 1) Um curso via internet para auxiliar o ensino; 2) Uma ferramenta de simulação/animação para substituir experimentos físicos (laboratórios virtuais); 3) Uma ferramenta que possibilite que estudantes entrem com parâmetros e conduzam experimentos com equipamentos reais via internet (laboratórios remotos).

Internet Pathology Laboratory for Medical Education foi uma das primeiras interações de ensino a distância. A implementação desenvolvida disponibilizava material, imagens e demonstrações via internet para conhecimento e pesquisa de usuários. (Klatt, EC., 1994) apud (Saygin, C., Kahraman, F., 2004).

Muito se tem feito na segunda interação, ou seja, os laboratórios virtuais. A simulação é usada para substituir o experimento real, um exemplo é John Hopkins University's Virtual Engineering/Science Laboratory (Karweit, MA., 2000) apud (Saygin, C., Kahraman, F., 2004) que desenvolveu um aplicativo utilizando linguagem de programação Java para simulação de projetos de engenharia e ciência, tais como circuitos lógicos, controle de robô, etc.

A simulação garante a segurança do usuário, uma vez que este não tem contato direto com o

experimento, mas é justamente este afastamento que tira do estudante uma parte importante do aprendizado, o contato com o experimento. Laboratórios virtuais são adequados para assimilar teoria, mas eles não podem substituir processos físicos já que o modelo de simulação é apenas uma aproximação que não pode reproduzir todos os aspectos do processo, tais como inesperados acontecimentos.

Era necessário técnicas que possibilitassem ao aluno total interação com o laboratório, podendo executar operações, observar resultados e alterar parâmetros em tempo real, ao mesmo tempo em que, sintam-se presencialmente no laboratório. Seguindo estes objetivos foram criados os laboratórios remotos. (Cassini, et al., 2003).

A Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Guaratinguetá, desenvolveu uma ferramenta de ensino de robótica através da internet, apresentada no “Congresso Brasileiro de Automática 2004”. A ferramenta desenvolvida por Freire (Freire Jr et al., 2004) apresenta a integração de um braço robótico virtual, do controle de um braço robótico real e de um material multimídia sobre robótica. Com esta interação, a aplicação procurou permitir num mesmo ambiente a apresentação dos conceitos e sua aplicação, seja virtual ou real. Do ponto de vista pedagógico, os *laboratórios remotos* possibilitam maiores estímulos ao aprendizado, visto que os alunos terão acesso às teorias e experimentos em uma mesma ferramenta. (Saygin, Kahraman, 2004).

Seguindo estes exemplos, foi desenvolvido um laboratório remoto que disponibiliza um braço robótico real, *ABB IRB2400/10* da empresa *ABB® Robotics Products*, e algumas de suas básicas operações, tais como *Jogging* e alguns comandos de movimentação, com o objetivo de criar uma ferramenta de ensino cooperativo aplicada em uma rede de alta velocidade. Projeto este aparado e contido no projeto Kyatera da FAPESP.

3. Descrição do WebLab

O que diferencia um robô de outros dispositivos de movimentação é sua capacidade de ser reprogramado para a realização de diferentes tarefas. A maioria dos robôs modernos possui a capacidade de armazenar diversos programas na memória permitindo, com um simples apertar de um botão, selecionar o programa desejado para a realização de uma determinada tarefa. Tais programas são constituídos por instruções que, ao serem estruturadas, permitem a realização de tarefas complexas. Assim, uma instrução define uma tarefa específica a ser executada pelo robô ou qualquer outra unidade externa como, por exemplo: (i) Mover o robô (ou unidade externa); (ii) Ler e acionar I/Os; (iii) Modificar dados; (iv) Modificar o fluxo do programa; (v) Gerar e manipular interrupções ou (vi) Manipular falhas durante a execução do programa.

Com o objetivo de disponibilizar para o aluno estas características, foi desenvolvido uma ferramenta em *LabVIEW*, software da National Instruments, para que o usuário tenha a possibilidade de conhecer o manipulador (*ABB RAPID Programming Language*), utilizar e observar resultados da operação executada (Figura 1).



Figura 1 – Tela inicial de apresentação para o usuário

O software desenvolvido apresenta para o usuário, de forma simples, uma interface de comando que aproxima-se muito do *Teach Pendant* real (controle que acompanha o robô ABB). Nesta tela (Figura 1), o usuário pode optar pelo modo de movimentação manual (Jogging) ou programação, ambas as telas levam o usuário a uma subseção onde ele tem acesso à imagem atual da posição do robô. Com estes atributos o aluno pode ter a sensação de estar fisicamente no laboratório, como se estivesse com o *Teach Pendant* em suas mãos, e visualizando a movimentação do braço mecânico.

Na seção de movimentação manual (seção 1) (Figura 2), o usuário visualiza a imagem atual do braço mecânico através de uma webcam instalada ao lado do robô, pode clicar em qualquer ponto da imagem que o robô executa a movimentação linear do ponto de origem até o ponto clicado pelo estudante. Esta função é importante para que o aluno conheça como o robô movimenta-se e sua velocidade.

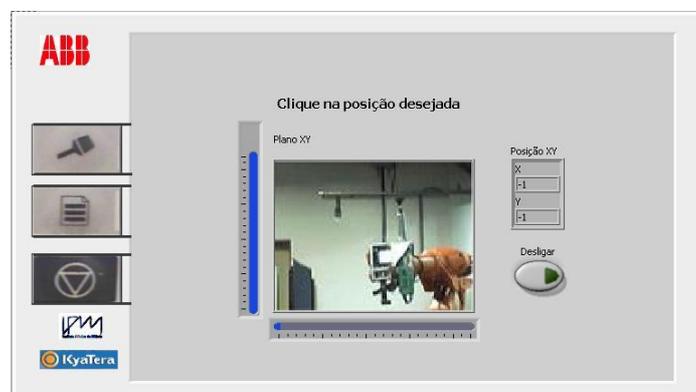


Figura 2 – Controle via mouse do robô manipulador Jogging (Seção 1)

Já na seção de programação (seção 2) (Figura 3), o usuário entra com uma linha de programação, baseada na linguagem do interpretador do robô, contendo o comando e suas coordenadas. Quando o usuário clica em “Envia”, o programa interpreta a linha de comando, e envia para o robô.

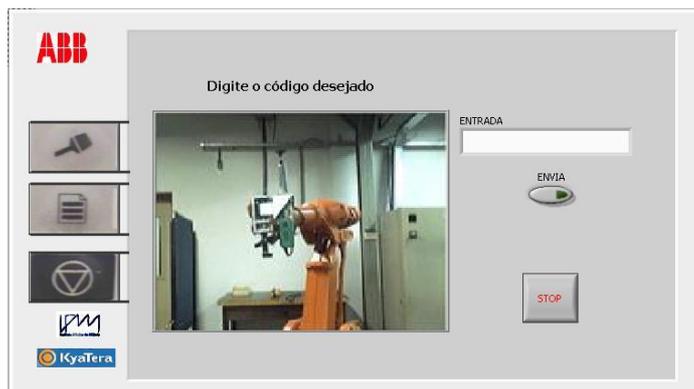


Figura 3 – Interface para o interpretador de instruções do robô (Seção 2)

Como observado na seção 1, o usuário recebe a imagem real e atual demonstrando a movimentação programada por ele.

Os comandos de movimentação do robô utilizados foram: (ABB User's Guide).

- **MoveL:** indica uma movimentação linear.
- **MoveJ:** indica que o movimento será executado de forma mais adequada para as juntas.
- **MoveC:** indica que um movimento em forma de arco deve ser realizado.

Ao se disponibilizar os comandos acima é fornecer ao aluno a noção de como cada comando realiza a movimentação segundo uma estratégia diferente. A Figura 4 mostra exemplos de trajetórias simples que podem ser geradas a partir destes três comandos, e que o aluno poderia acompanhar com a *webcam* disponível na Figura 3.

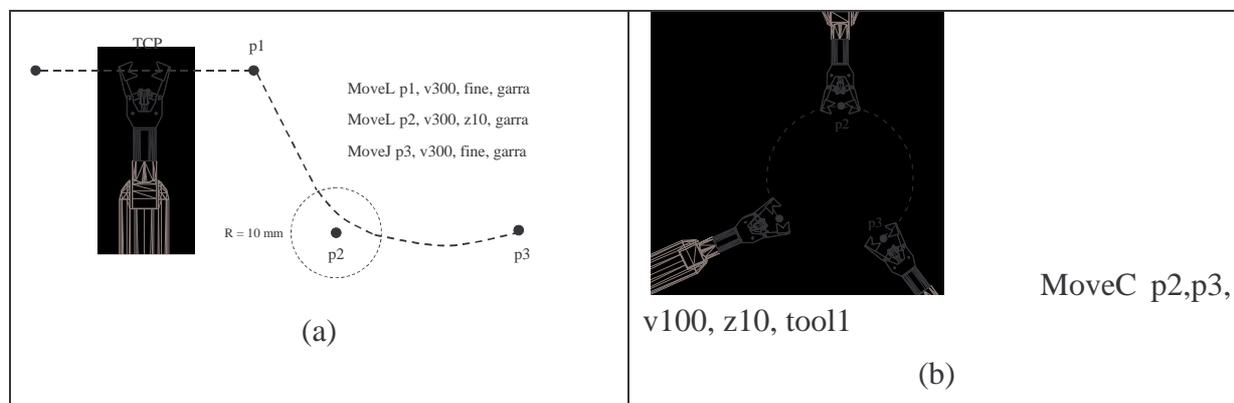


Figura 4 – Exemplos de movimentação do braço com os comandos (a) MovL e MoveJ, e (b) MovC

Para a interpretação da linha de comando, o programa simplesmente compara os dados digitados pelo usuário com sua biblioteca já existente, podendo identificar se a formatação está correta. Caso não esteja, informa para o usuário se seu erro consiste no comando ou nas coordenadas. Esta estrutura de programação possui dois aspectos interessantes a serem destacados: (i) ao adotar uma biblioteca de comandos que pode ser expandida, o ambiente permite que novos comandos sejam incorporados nas próximas versões do WebLab, ou que o ambiente possa ser facilmente adaptado para outro equipamento ao se modificar esta biblioteca, e (ii) a checagem da passagem de parâmetros fornece ao aluno a especificação do erro de sintaxe que possa ter sido cometido.

A imagem recebida pelo usuário é gerada por uma webcam, equipamento relativamente

simples e barato, que transmite para o *LabVIEW* a imagem - este recebe os dados, os interpreta através de toolkits e mostra a imagem para o usuário. (LabVIEW Help).

A transmissão de informações PC – robô é feita através de comunicação serial (RS 232), onde o robô está previamente programado para receber os dados, interpretar e executar. Esta estrutura simples novamente reforça a flexibilidade da estratégia adotada para a implementação do WebLab – permitindo que outros equipamentos possam ser disponibilizados a um baixo custo (Shen, H., et al.,1999), sem a necessidade de soluções proprietárias, necessitando apenas que seja possível a comunicação de um PC comum ligado à internet para que a comunicação seja completa.

Do lado do usuário, para completar a funcionalidade do WebLab, o ambiente desenvolvido deve ser acessível remotamente sem a necessidade da aquisição de programas específicos. Assim, com o auxílio do *Web Publishing Tool*, o ambiente desenvolvido torna-se acessível via internet. Através de um *browser* qualquer, usuários que não possuam o *LabVIEW* instalado no seu computador podem ter acesso ao WebLab utilizando o *LabVIEW Run-Time Engine* (Shen, H., et al.,1999), software que pode ser baixado livremente na internet pelo site da National Instruments, e executado no *browser*, onde são geradas imagens como as exigidas na Figuras 1-3. (LabVIEW Help).

4. Conclusões

A internet, como uma ferramenta difusora de conhecimento, abre novas perspectivas para o ensino de Engenharia. Os laboratórios remotos estão entre estas novas possibilidades - equipamentos de alto custo podem ser disponibilizados pela rede para a realização de ensaios, permitindo que um número maior de estudantes possa ter acesso a esses equipamentos. Em comparação aos laboratórios virtuais, que simulam o processo que se deseja apresentar ao estudante, os laboratórios remotos permitem uma experiência mais realística por ser a interação com o equipamento real - com todas as limitações de ruídos, desgastes mecânicos, atrasos de resposta, entre outros problemas, que uma simulação muitas vezes não consegue reproduzir exatamente, mas que são fundamentais para treinar o futuro profissional de chão-de-fábrica no que será o seu o dia-a-dia. No presente trabalho, um laboratório remoto, WebLab, que disponibiliza um robô manipulador ABB *IRB2400/10* da empresa ABB® *Robotics Products* através de suas operações básicas, como *Joggin* e programação. A interface desenvolvida pode ser acessada em um simples *browser*, e busca se aproximar do formato do controle físico que a empresa fabricante do robô disponibiliza. Nesta interface, o estudante pode selecionar qual dentre as operações disponíveis deseja treinar, e tem o acompanhamento, via *webcam*, da reação do robô. Os testes inicialmente realizados apontam para a viabilidade do ambiente desenvolvido em propiciar a sensação de imersão no processo real, e na fixação de princípios básicos da sintaxe de programação do equipamento. Desenvolvimentos futuros serão no sentido de aumentar o número de comandos e estruturas de programação disponíveis no ambiente de ensino proposto, e a colocação do WebLab em uma rede de alta velocidade, como a rede KyaTera da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), visando aumentar a sensação de interação ao reduzir os atrasos decorrentes da rede.

Agradecimentos

Os autores agradecem o suporte financeiro proporcionado por FAPESP e CNPq através de bolsas de pesquisa e auxílios.

Referências

- SAYGIN, C., KAHRAMAN, F.** *A Web-based programmable logic controller laboratory for manufacturing engineering education.* The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, V. 24, N. 7-8, p. 590-598. 2004.
- FREIRE JR., J. C., et al.** *Uma ferramenta para o ensino de robótica através da Internet.* Anais do Congresso Brasileiro de Automática (CBA) 2004. Gramado – RS.
- CASSINI, M., et al.** *The Automatic Control Telelab: A User-Friendly Interface for Distance Learning.* IEEE Transactions on education, Vol. 46, n. 2, p. 252-257, 2003.
- STAFFORD, T. F.** *Understanding Motivations for Internet Use in Distance Education,* IEEE Transactions on education, Vol. 48, n. 2, p. 301-306, 2005..
- SHEN, H., et al.** *Conducting Laboratory Experiments over the Internet,* IEEE Transactions on education, Vol. 42, n. 3, p.180-185, 1999.
- ABB Robotics Products AB,** User's Guide, Article number 3HAC 0930-1, Base Ware OS 3.0.
- LABVIEW HELP, National Instruments Corporation,** Abril 2003 Edition, Part Number 370117C-01.