



TELEROBÓTICA : METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS ROBÓTICOS TELEOPERADOS VIA INTERNET

Alberto José Álvares

Luiz Sérgio J. Romariz Jr.

GRACO - Grupo de Automação e Controle, Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Tecnologia, UnB, CEP 70910-900 Brasília - DF, Brasil, E-mail: alvares@graco.unb.br

***Resumo.** Este trabalho apresenta uma metodologia para o desenvolvimento de sistemas Robóticos teleoperados via Internet. Inicialmente é apresentada uma revisão bibliográfica dos sistemas de TeleRobótica que se utilizam da Internet como meio de controle. A metodologia é implementada e testada através do desenvolvimento de dois sistemas. O primeiro é um manipulador com dois graus de liberdade comandado remotamente via Internet denominado RobWebCam - Robot Web Camera (<http://www.graco.unb.br/robwebcam>). O segundo é um sistema de teleoperação de um Robô Industrial de seis graus de liberdade da ABB (Asea Brown Boveri), denominado RobWebLink - Robot Web Link (<http://webrobot.graco.unb.br>).*

O GRACO (Grupo de Automação e Controle) apoiou o desenvolvimento destes sistemas. O RobWebCam é composto por um manipulador com dois graus de liberdade, uma câmera de vídeo, rede Internet, computadores e driver de comunicação entre o manipulador e o sistema Unix; e o RobWebLink pelos mesmos componentes mais um Robô Industrial da ABB.

Este tema tem despertado o interesse de diversos grupos de pesquisa em âmbito mundial. Com a utilização desta tecnologia é possível mover objetos a distância minimizando custos de transporte, materiais e pessoas; atuando-se em tempo real no processo que se deseja controlar.

O trabalho demonstra que a teleoperação via Internet de sistemas robóticos e de outras equipamentos é viável, apesar de se utilizar de uma taxa de transmissão de dados com baixa largura de banda. Possíveis aplicações incluem vigilância remota, controle e diagnóstico remoto e manutenção de máquinas e equipamentos.

Palavras-chave: TeleRobótica, Internet, Teleoperação, Robótica, Mecatrônica

1. INTRODUÇÃO

A TeleRobótica utilizando a Internet como *link* de comunicação é um novo campo de pesquisa que se desenvolve na área da Teleoperação tendo muitos grupos de pesquisa atuando nesta promissora área da Telemática (Monteiro *et al.*, 1997), principalmente em função dos baixos custos de acesso à Internet. Uma das primeiras aplicações de TeleRobótica via Internet foi o sistema desenvolvido por Taylor & Trevelyan (1995) na University of Western Australia em 1994. Este sistema é constituído por um Robô Industrial sendo controlado via Interface WWW (World Wide Web), permitindo a manipulação de objetos com a utilização de uma garra. Este sistema pode ser acessado através do endereço <http://telerobot.mech.uwa.edu.au>. A figura 1 apresenta a

interface com o usuário deste sistema.



Figura 1 - TeleRobot: robô ASEA IRB controlado via Internet.

A partir deste sistema, inúmeros outros foram desenvolvidos por vários grupos de pesquisa em todo o mundo. Uma lista de algumas aplicações pode ser encontrada em http://dir.yahoo.com/Computers_and_Internet/Internet/Interesting_Devices_Connected_to_the_Net/Robots. Dentre estes, têm-se a teleoperação de Robôs Móveis (Klaus *et al.*, 1997 e Hirzinger *et al.*, 1997), *WebVideo* e Manipuladores (Álvares & Romariz, 1998 e Wolf & Freitzhein, 1997), Manipuladores, Televigilância (Almeida *et al.*, 1995), entre outras.

A TeleRobótica pode ser definida como sendo uma área da Telemática e da Robótica voltada à teleoperação de sistemas robóticos utilizando-se de um *link* de comunicação (Klauss *et al.*, 1997). Uma nova terminologia está sendo empregada no caso de se utilizar a Rede de Comunicação Internet como *link* de telecomunicações. Neste caso, designa-se sistemas *World Wide Web Robots*, *WebRobots* ou simplesmente *Internet Robots*. Esta terminologia é válida para aplicações que utilizam Robôs Industriais, Manipuladores, *Pan-Tilt*, Máquinas de Comando Numérico e outros equipamentos industriais similares.

É desejável o controle e a monitoração de máquinas remotamente, centralizando sua supervisão, possibilitando o compartilhamento de pessoal e de recursos materiais e minimizando custos. Outra vantagem está associada à localização da aplicação que poderá estar na mesma planta industrial ou mesmo em outro país ou continente, possibilitando a conexão e a utilização dos serviços disponibilizados através da Rede de Comunicação Internet.

A utilização da Internet como *link* de telecomunicações, na TeleRobótica, possibilita a diminuição de custos de comunicação, viabilizando aplicações voltadas ao suporte técnico, à manutenção e reparos, controle de máquinas e robôs em locais que anteriormente eram inviáveis economicamente. Aplicações típicas de teleoperação no passado incluíam ambientes hostis (deserto, espaço, águas profundas, entre outros) e trabalhos tediosos (inspeção de oleodutos, ferrovias, etc.).

Atualmente, com *links* de comunicação via Internet, Modem e/ou Rádio pode-se estabelecer uma conexão de qualquer parte do mundo a um Computador Servidor de Tarefas Industriais que pode disponibilizar uma série de serviços para a aplicação em questão.

Plantas industriais, portanto, podem ser monitoradas e supervisionadas remotamente a um custo extremamente baixo (Monteiro *et al.*, 1997). Tarefas típicas como telediagnóstico de malfuncionamento e telemanutenção podem ser executadas diretamente do escritório do fornecedor ou mesmo de outra filial/matriz da empresa situada a milhares de quilômetros.

2. METODOLOGIA: SISTEMAS TELEOPERADOS VIA INTERNET

Sistemas teleoperados remotamente necessitam de dados e/ou imagens do objeto de controle, bem como da transmissão de comandos através de um *link* de comunicação, que neste caso é baseado em conexão via Rede de Comunicação (Wolf *et al.*, 1997), através do Protocolo Internet (IP).

A metodologia proposta, implementada e testada para TeleRobótica utilizando a Internet como *link* de comunicação é baseada na Arquitetura Cliente/Servidor utilizando o Protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol) através de um Servidor WWW convencional (CERN, NCSA ou APACHE) que disponibiliza uma interface multimídia. Esta pode ser acessada através de um Cliente WWW (*browser*) como o Netscape, Arena ou Internet Explorer (Eckel & Hare, 1995). A arquitetura proposta do sistema é apresentada na figura 2.

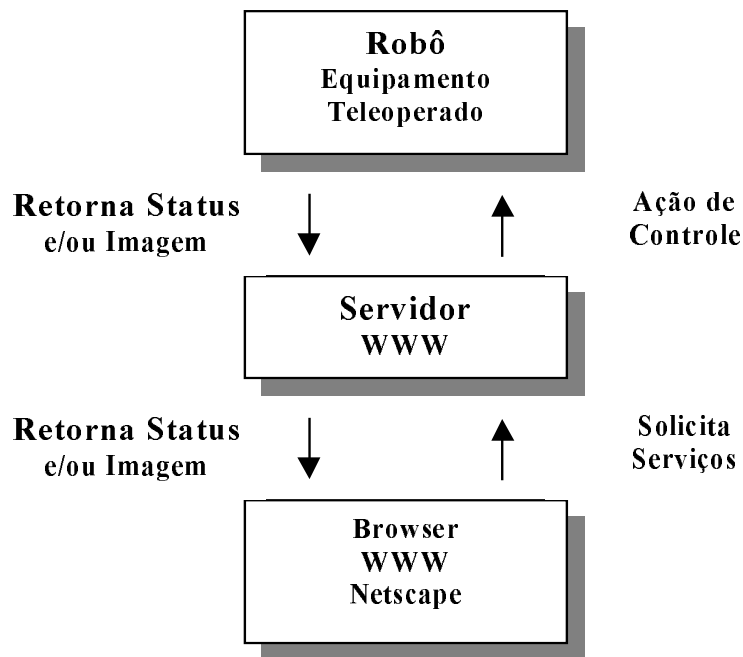


Figura 2 - Arquitetura para teleoperação.

Como exemplos de equipamentos teleoperados têm-se: manipuladores com vários graus de liberdade; câmeras de vídeo, *pan-tilt*, robôs industriais, máquinas de soldagem, máquinas de comando numérico, controladores lógicos programáveis, brinquedos; entre outros.

Estes equipamentos são conectados ao servidor WWW, normalmente, através de uma interface serial, paralela, proprietária ou mesmo, via Rede Local de Comunicação Ethernet. O Browser WWW conecta-se ao Servidor WWW através do protocolo TCP/IP (*Transport Control Protocol/Internet Protocol*) podendo utilizar ligação discada (115 kbps) ou uma linha dedicada T1 ou T3 a 1,4 Mbps e 45 Mbps, respectivamente.

O cliente interage com o Servidor WWW utilizando a linguagem de programação HTML (*Hypertext Markup Language*). Os dados enviados ou solicitados pelo cliente utilizam o mecanismo de solicitação/resposta do Protocolo HTTP, disponibilizado pelo servidor. Os dados solicitados/enviados pelo usuário são codificados em URI/URL (*Universal Resource*

Identifier/Uniform Resource Locator) e enviados para o Servidor HTTP.

2.1 Ambiente WWW

O servidor extrai as informações da URI, mais especificamente da URL, processa-as e retorna uma resposta HTTP. Uma URL é um *subset* de uma URI, sendo esta o endereço de um arquivo acessado via Internet (<http://www.whatis.com/url.htm>). A figura 3 apresenta este mecanismo.

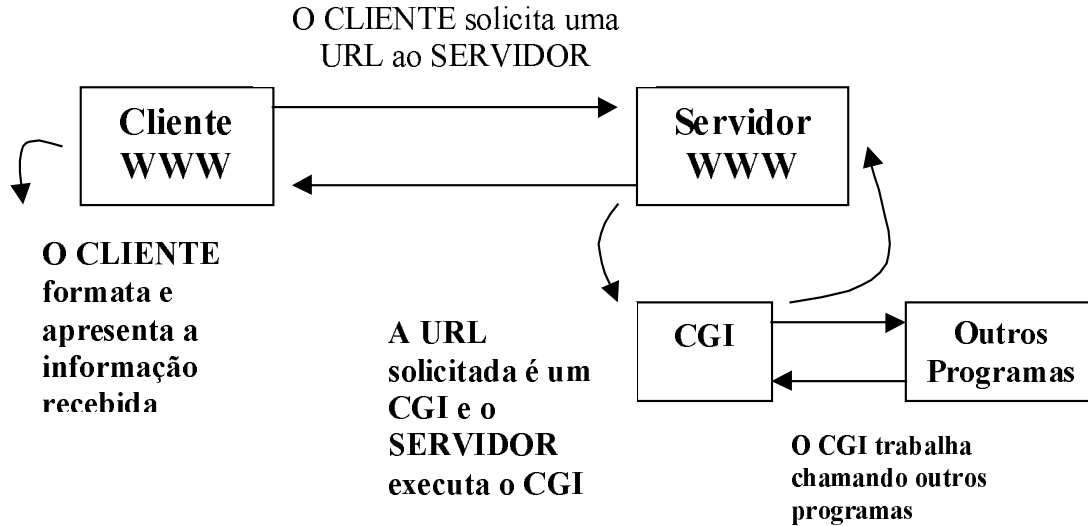


Figura 3 - Servidor HTTP (Otsuka, 1996).

O Servidor HTTP utiliza-se de um recurso muito poderoso chamado CGI (*Common Gateway Interface*). Através desta extensão do HTTP (Eckel & Hare, 1997) é possível executar um programa em "C" ou Perl, ou em outra linguagem ou *script*, para realizar uma determinada tarefa. Por exemplo, pode-se executar um programa compilado especialmente para ser utilizado em um Servidor WWW, que controla o acionamento de um motor de passo através da conexão a um *drive* de potência do motor à interface paralela do servidor (Álvares & Romariz, 1998). A figura 4 apresenta o mecanismo CGI, onde a URI aponta para o programa executável. A figura 5 apresenta uma parte do código fonte deste programa em linguagem "C" para controlar o acionamento de um motor de passo.

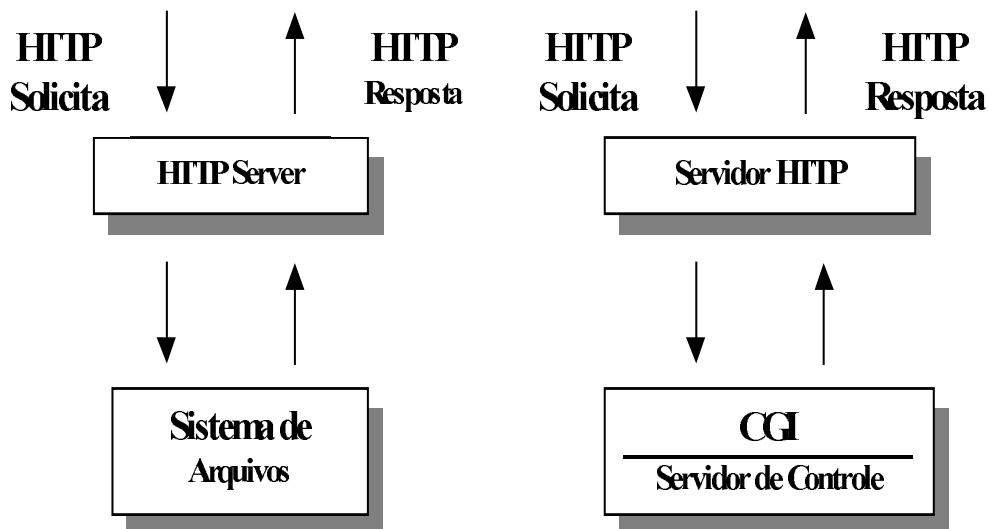


Figura 4 - Servidor HTTP e CGI.

Programa pmp.c

```
#include <stdio.h>
#include "interfac.C"
#include "motor.C"
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
char nome[80] = "esquerda.mot";
void Le_comanda (void)
{
int inteiro;
float real;
FILE *arquivo;
char comando[5],parametro [5];
class Motor M;
if ((arquivo = fopen (nome,"rt")) == NULL) {
puts ("Arquivo nao existe.");
exit (0);}
while (fscanf (arquivo,"%s",&comando) > 0) {
if (strcmp (comando,"S") == 0) {
fscanf (arquivo,"%s",&parametro);
inteiro = atoi (parametro);
M.set (inteiro);}
if (strcmp (comando,"P") == 0) {
fscanf (arquivo,"%s",&parametro);
real = atof (parametro);
M.precision (real);}
if (strcmp (comando,"D") == 0) {
fscanf (arquivo,"%s",&parametro);
inteiro = atoi (parametro);
M.delay (inteiro);}
}
int main (int argc,char *argv [])
{
printf("Content -type: text/html\n\n");
printf("<html><title>Controle de motor de passo</title>\n");
printf("<body bgcolor=\"#BBB111\" text=\"#ffffff\"><body>\n");
printf("<h1><center>Posicionamento Efetuado. De o Comando BACK para
voltar a pagina de controle<h1></html>\n");
printf("<a href=\"http://graco.unb.br/robwebcam_menu.html\"
Target=\"MENU\">\n");
printf("<b>Back Joystick</b></a></center></html>\n");
Le_comanda ();
}
```

Figura 5 - Programa CGI em “C ++” (pmp.c) para acionamento de motor de passo via interface paralela utilizado no sistema RobWebCam (Álvares & Romariz, 1998).

2.2 Servidor WWW: servidor WebCam e servidor de teleserviços industriais (WebRobot)

O Servidor HTTP (WWW) deve, preferencialmente, ser baseado em plataforma Unix o que possibilita maior robustez, flexibilidade, modularidade e até mesmo a necessidade de máquinas com menor capacidade de processamento, quando comparado ao ambiente Windows NT.

O Sistema Operacional Linux em plataforma PC (*Personal Computer*) é uma opção extremamente atraente satisfazendo todos os requisitos das aplicações de teleserviços para teleoperação de Robôs.

Neste contexto, o Servidor HTTP deve disponibilizar dois tipos de serviços básicos, que estão respresentados na figura 6 através de dois módulos:

- . WebCam: Visualização do objeto teleoperado, através de vídeo e/ou imagem;
- . WebRobot: Disponibilização de funções de controle remoto do objeto teleoperado.

Servidor WebCam: visualização do objeto teleoperado. Este módulo é responsável pela captura de imagens através de câmeras CCD (*Charge Coupled Device*) utilizando-se da tecnologia WebCam (Álvares & Romariz, 1998) ou WebVideo (Wolf & Froitzheim, 1997).

Imagens estáticas podem ser adquiridas em vários formatos como GIF (Graphics Interchanging Format) e JPEG (Joint Photographic Experts Group). O formato preferido devido à compressão de dados obtida é o JPEG.

Imagens dinâmicas, no formato de vídeo digital, podem ser utilizadas com ou sem compressão de dados. Entre os padrões utilizados têm-se o MPEG (Moving Picture Experts Group), UYVY, RealVideo, M-JPEG (seqüência de imagens JPEG), CellB (Cell) e CuSee-Me, entre outros (Sun,

1994), (Connectix, 1996). O sistema de vídeo (placa de captura mais software) deve capturar, digitalizar e comprimir um sinal de vídeo NTSC ou PAL não modularizado (composto ou S-Vídeo). O vídeo comprimido pode então ser armazenado em disco e/ou transmitido via rede para o cliente em um determinado padrão de compressão.

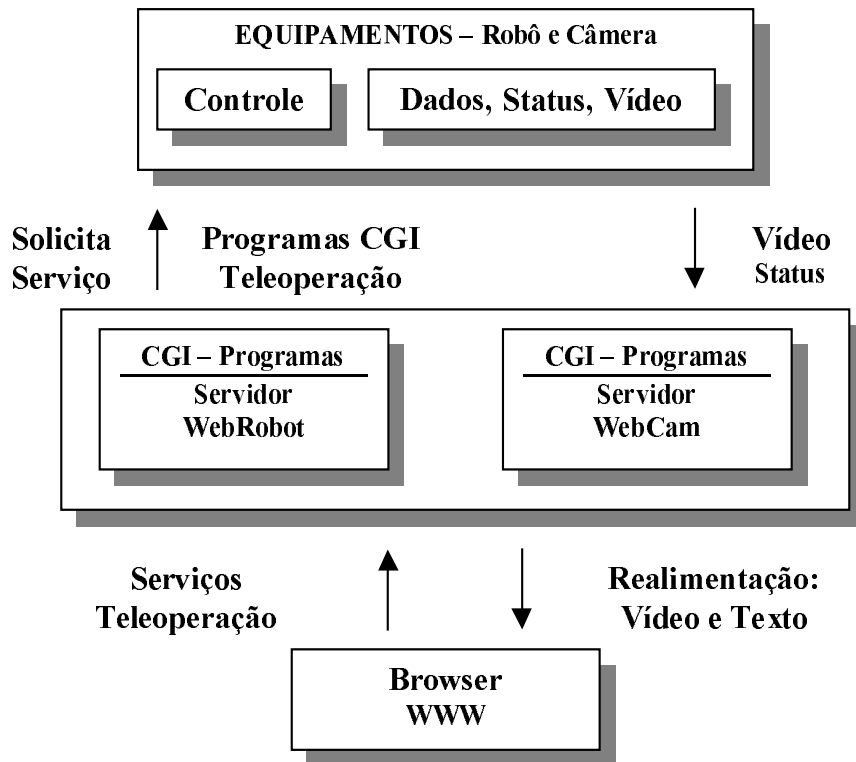


Figura 6 - Servidor HTTP: módulos WebCam e WebRobot.

No caso de se utilizar seqüência de imagens JPEG, a taxa de compressão é muito baixa quando comparada com a MPEG ou RealVideo. A principal vantagem é que se pode enviar as imagens de vídeo utilizando o mecanismo *server-push* do Servidor HTTP diretamente para o cliente WWW, como o Netscape, sem a necessidade de se utilizar um software especial ou um *plugin* para receber o formato de vídeo (Otsuka, 1996).

Para utilizar a compressão é necessário um software específico (*plugin*) que deverá ser instalado pelo cliente e ajustado ao ambiente para receber imagens no formato especificado, normalmente, MPEG ou RealVideo (Melchior, 1996).

Com relação ao hardware para captura de imagens pode-se utilizar: câmeras de vídeo (NTSC ou PAL) conectadas a uma placa para *frame grabber* (Sun, 1994); ou câmeras com placa para captura de imagens com CCD utilizando a interface paralela como entrada de vídeo para o microcomputador, como no caso da QuickCam (Connectix, 1996). A grande desvantagem da utilização deste hardware está associada a menor qualidade e a baixa velocidade de captura de imagens obtida, devido às restrições de velocidade da interface paralela.

Servidor WebRobot: funções de controle remoto do objeto teleoperado. A fim de teleoperar o sistema Robótico é necessário que o mesmo tenha como pré-requisito alguma capacidade de comunicação remota utilizando um protocolo de comunicação aberto através de uma interface serial, paralela ou mesmo de uma Ethernet, permitindo a conexão a um Microcomputador ou a uma *Workstation*. Utilizando-se desta capacidade é possível que qualquer equipamento industrial possa ser teleoperado via Internet.

A partir desta abordagem, disponibiliza-se um Servidor Robótico, denominado WebRobot, conectado ao equipamento industrial através da interface de comunicação do equipamento. Este

servidor pode ser um servidor HTTP, de forma similar ao descrito para o WebCam (Figura 6).

O mecanismo de acesso às funções do objeto teleoperado é também baseado em programas CGI e HTML. Para cada função disponibilizada pelo protocolo de comunicação do Robô existe um programa CGI que é acessado no servidor WebRobot pelo cliente utilizando um *browser* WWW. Pode-se utilizar o mesmo equipamento para disponibilizar os dois serviços: WebCam e WebRobot. Por outro lado, pode-se também utilizar dois ou mais servidores para realizar as funções de WebCam e WebRobot.

Uma segunda abordagem é utilizar um único Servidor WWW conectado a um ou mais PC servidores via *sockets* TCP/IP. Estes PC servidores não são necessariamente servidores WWW. São servidores específicos para controle do Robô e para captura de imagem, sendo que todo o tratamento das informações obtidas é realizado pelo Servidor WWW, concentrando todas as ações. A figura 7 apresenta esta abordagem.

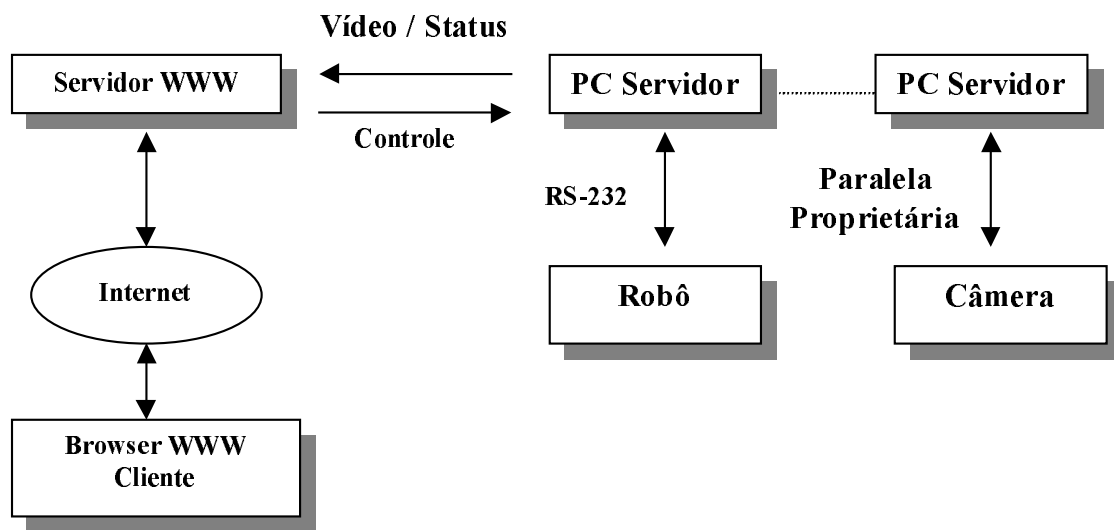


Figura 7 - Servidor WWW centralizado.

Nesta configuração todas as informações solicitadas passam pelo Servidor WWW que estabelece a comunicação via Rede Local de Comunicação (Intranet) através de *sockets* TCP/IP utilizando-se de programas CGI.

3. RESTRIÇÕES DO PROTOCOLO INTERNET - TCP/IP

A Rede de Comunicação Internet apresenta uma largura de banda heterogênea e com taxas de transmissão não determinísticas que variam de 10 kbps (conexão *wireless*) a mais de 10 Mbps em rede local, dependendo da conexão Internet e do tráfego.

Com esta limitação de largura de banda, aplicações em tempo real para captura de vídeo apresentam sérias restrições. Para vencer estas restrições é necessário utilizar compressão de dados e conexão de grande velocidade à Internet. Taxas típicas de transmissão de vídeo com compressão necessitam de 20 Kbps (RealVideo), e sem compressão, de 100 Kbps (seqüência de imagens JPEG) com 5 quadros/s (Melchior, 1996).

Outra limitação é o *delay* (atraso) inerente ao protocolo TCP, pois os pacotes enviados não necessariamente estão na mesma ordem dos pacotes recebidos pelo cliente, o que não é desejável para aplicações em tempo real.

Esta restrição pode ser resolvida adicionando algum grau de autonomia para a aplicação, no caso um Robô, de tal forma a contornar situações de emergência, bem como, situações perigosas. Este nível de autonomia é obtido localmente no Servidor WebRobot, que deve monitorar estas condições limites (Hirzinger *et al.*, 1997).

Apesar dos datagramas com informações de controle enviados para o Robô pelo cliente via

Protocolo TCP/IP serem pequenos, da ordem de 2 a 3 Kbytes, o Protocolo TCP não garante aplicações em tempo real. Uma alternativa para o futuro é utilizar o Protocolo RTP (*Real-Time Transport Protocol*) para aplicações em tempo real (Otsuka, 1996).

4. INTERFACE COM O USUÁRIO

A interface gráfica com o usuário deve ser baseada nas linguagens de programação HTML, JavaScript e JAVA (Otsuka, 1996). A utilização de JAVA permite uma independência de arquitetura de *hardware*, pois o *applet* escrito em JAVA (aplicação JAVA) pode ser executado em qualquer plataforma com um *browser* WWW que tenha suporte para esta linguagem.

O programa em JAVA/HTML permite que o cliente tenha uma interface amigável com o sistema de teleoperação aceitando comandos e disparando os programas CGI necessários para executar as funções disponibilizadas e apresentando as informações necessárias para o usuário que são recebidas pelo servidor (figuras 8 e 9).

A realimentação visual é feita através do Servidor WebCam que do lado do cliente apresenta uma interface amigável que recebe as imagens em formato comprimido (MPEG ou RealVideo) ou em uma seqüência de imagens JPEG.

As figuras 8 e 9 apresentam alguns exemplos de interfaces com usuários, que foram desenvolvidas em projetos de teleoperação executados no GRACO. A figura 8 apresenta a interface do sistema RobWebLink (<http://webrobot.graco.unb.br>) e a figura 9 do sistema RobWebCam (<http://www.graco.unb.br/robwebcam>).

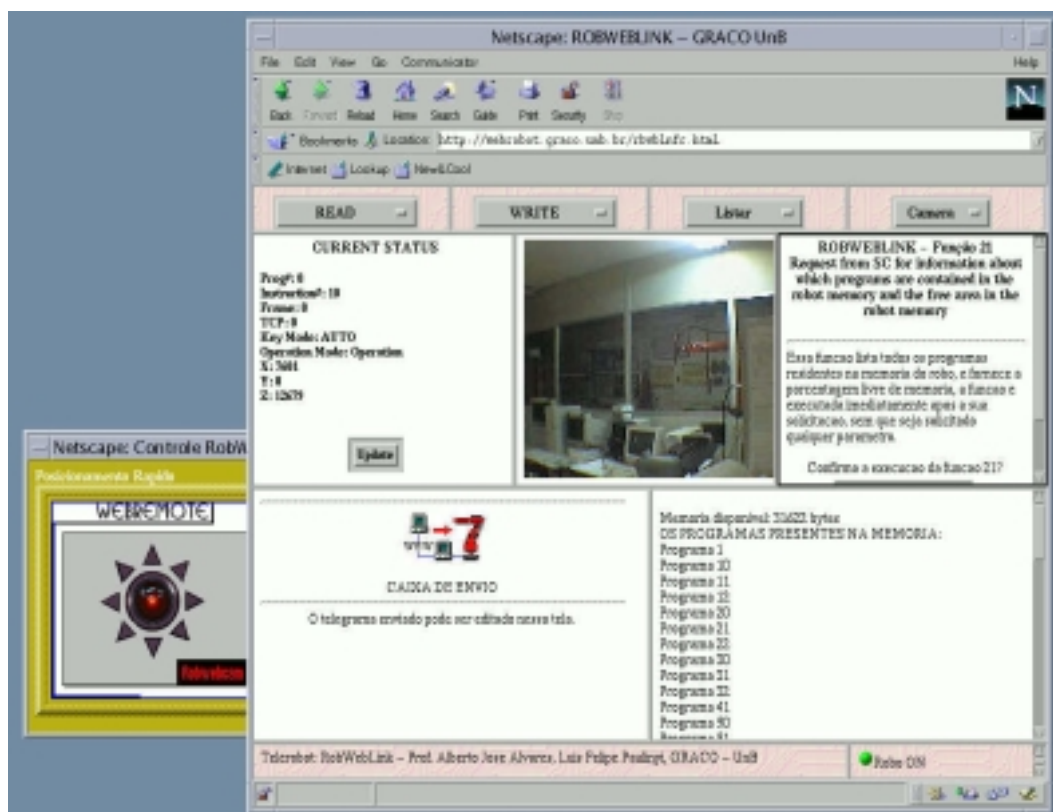


Figura 8 - Sistema RobWebLink: interface com o usuário.

Outra abordagem é a utilização de VRML (*Virtual Reality Modeling Language*). VRML é uma linguagem de descrição de simulações interativas com vários participantes se comunicando através da Internet (Otsuka, 1996). O objetivo do desenvolvimento desta linguagem é torna-la um padrão para a descrição de simulações interativas no WWW, assim como a linguagem HTML é o padrão para descrição de páginas Web. Sua principal característica para aplicações de

TeleRobótica está associada a capacidade de operar em conexões com pequena largura de banda, o que a torna uma candidata em potencial para ser utilizada.



Figura 9 - Sistema RobWebCam: interface com o usuário.

5 VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA - APLICAÇÕES DESENVOLVIDAS

Foram desenvolvidas duas aplicações utilizando esta metodologia no GRACO: RobWebCam (figura 9) e RobWebLink (figura 8) o que possibilitou a validação da metodologia.

5.1 Sistema RobWebCam (<http://www.graco.unb.br/robwebcam>)

O Sistema RobWebCam é constituído por um manipulador com 2 DOF (*Degree-of-Freedom*), que suporta uma câmera de vídeo, sendo acionado por motores de passo. Estes motores são controlados através de uma placa de circuito impresso, que contém o *driver* de potência e o módulo de alimentação elétrica do equipamento. A placa comunica-se com o servidor do manipulador (WebRobot) através da interface paralela. Este servidor, WebRobot, contém os programas de controle. A câmera (SunVideo) possui alimentação própria de energia e é interligada ao servidor WebCam através de um cabo de sinal de vídeo conectado na placa de captura de vídeo do Servidor. No Servidor WebCam estão alocados o *driver* (programa em cgi) para receber as imagens e as páginas WWW utilizadas para teleoperar o sistema. O cliente, via *browser* (figura 9), recebe as imagens e os comandos deste servidor via Internet. Esta arquitetura é minuciosamente descrita em Álvares & Romariz (1998). O sistema pode ser acessado através do endereço <http://www.graco.unb.br/robwebcam>.

5.2 Sistema RobWebLink (<http://webrobot.graco.unb.br>)

A partir do sucesso da implementação da arquitetura RobWebCam, partiu-se para o desenvolvimento de um segundo sistema denominado RobWebLink (figura 8). Este sistema

permite o controle remoto do Robô Industrial com seis graus de liberdade IRB 2000 da Asea Brown Boveri utilizando a Internet como via de controle. O controlador do Robô ABB IRB 2000 tem incorporado um sistema de controle remoto através da interface serial RS-232 baseado em 42 funções, que se utilizam de um protocolo de comunicação proprietário.

A partir desta capacidade de comunicação remota, desenvolveu-se um servidor WWW (WebRobot) conectado ao robô via interface serial, disponibilizando o controle remoto do robô, através das 42 funções, em rede de comunicação utilizando o protocolo TCP/IP.

A operação de controle remoto é monitorada através de captura de imagem em tempo real, utilizando o sistema RobWebCam (Servidor WebCam), além de informações e *status* do Robô enviadas pelo seu controlador. O sistema de teleoperação desenvolvido está disponível no endereço <http://webrobot.graco.unb.br> e pode ser operado remotamente permitindo a comunicação entre o servidor WWW e o Controlador do Robô.

A velocidade de transmissão de dados requerida para os serviços disponibilizados referentes aos comandos das funções do Robô é baixa, não comprometendo o sistema de teleoperação, apesar da latência inerente à Internet. Entretanto, esta latência faz com que a realimentação gráfica, através de vídeo on-line, seja viável quando se utiliza de velocidades de transmissão acima de 64 Kbps. Recomenda-se também a utilização de compressão de dados. O sistema está em operação desde maio de 1998.

Só é permitido acesso a clientes devidamente cadastrados. Assim, o Servidor WebRobot solicita senha e *password* ao usuário do sistema, por questões de segurança (usuário devidamente cadastrado), bem como, devido à resposta do Robô e do Servidor WWW que pode ser degradada em função de atrasos de comunicação entre o servidor WWW e o cliente.

Por outro lado, serviços que necessitam de uma pequena largura de banda, como inicialização do Robô, iniciar programa, ligar e desligar Robô, *download* e *upload* de programas, entre outros, são plenamente satisfeitos. A evolução do sistema é prevista aplicando a mesma metodologia para controlar via Internet uma Célula Flexível de Soldagem.

6. CONCLUSÃO

O trabalho situa-se na área de teleoperação apresentando uma metodologia para o desenvolvimento de sistemas Robóticos teleoperados via Internet. A metodologia foi testada através do desenvolvimento de dois sistemas que estão disponíveis em <http://www.graco.unb.br>.

O sistema RobWebCam foi validado comprovando a sua funcionalidade estando em operação desde setembro de 1997. Foram observadas algumas possibilidades de otimizações, decorrentes das análises feitas, para evolução do sistema (Álvares & Romariz, 1998). O manipulador construído apresenta baixo ruído nos deslocamentos realizados e possui dimensões reduzidas quando comparado a outros sistemas de posicionamento de câmera existentes no mercado. Além disso, os custos foram bastante reduzidos.

Como áreas de aplicação características do sistema tem-se: vigilância de estabelecimentos, visualização de ambientes de trabalho, visualização de ambientes comerciais para propaganda, visualização de ruas ou pontos turísticos, entre outras. Um dos grandes empecilhos à tecnologia de teleoperação via Internet, atualmente, é o tempo de espera elevado em função da largura de banda existente na rede, ou seja, ainda é considerável o intervalo de tempo entre o envio do comando, a efetivação do posicionamento e a visualização da nova situação monitorada, o que compromete aplicações em tempo real que requerem maior confiabilidade e segurança, como no caso do sistema RobWebLink.

O sistema RobWeblink apresentou bons resultados no que concerne as funções diretamente relacionadas ao controle do Robô através do seu protocolo de comunicação, por requerer arquivos de 1 a 2 Kbytes de tamanho para implementar estas funções. Entretanto, a realimentação através de vídeo exige maior largura de banda para aplicações em tempo real. Uma opção seria a

utilização de Realidade Virtual ao invés de se utilizar sinal de vídeo, através de VRML (Otsuka, 1996).

A tecnologia de TeleRobótica via Internet é ainda incipiente e está tendo um grande desenvolvimento em virtude dos grandes avanços obtidos na tecnologia de compressão de dados e no grande impulso que está se dando a tecnologia de WebTV e Vídeo Conferência (Otsuka, 1996). Certamente, estas tecnologias associadas a maior largura de banda da Internet irá viabilizar aplicações em tempo real no futuro, com menos restrições que se tem atualmente.

REFERÊNCIAS

- Almeida, R., Almeida, F. and Carvalho, R., 1995, Sistema de televigilância, ISR Project Report.
- Álvares, A. J. & Romariz, L. J., 1998, Desenvolvimento de um manipulador com dois graus de liberdade controlado remotamente via internet, V Congresso de Engenharia Mecânica Norte e Nordeste, Fortaleza, 27-30 de Outubro, pp. 529-536.
- Connectix, 1996, QuickCam color - Guia do Usuário.
- Eckel, G. & Hare, C., 1995, Building a linux internet server, New Riders Publishing, Indianapolis.
- Hirzinger, G. et al, 1997, Teleoperating space robots - impact for the design of industrial robots, IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Portugal, July 12-16, pp. 250-256.
- Melchior, C., 1996, Sistemas interpessoais de videoconferência (mbone), <http://www.penta.ufrgs.br/~cristina/mbone/ti/indiceti.htm>.
- Monteiro F. et al, 1997, Teleoperating a mobile robot - a solution based on java language, IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Portugal, July 12-16, pp. 263-267.
- Otsuka, J., 1996, Fatores determinantes na efetividade de ferramentas de comunicação mediada por computador no ensino à distância, http://penta.ufrgs.br:80/pesquisa/joice/joice_ti.html.
- Schilling, K., Roth, H. and Lieb, R., 1997, Teleoperations of rovers - from mars to education, IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Portugal, July 12-16, pp. 257-262.
- Sun, 1994, Sun video user's guide.
- Taylor, K. & Trevelyan, J., 1995, A telerobot on the world wide web, National Conference of the Australian Robot Association, Melbourne, July 5-7, <http://telerobot.mech.uwa.edu.au>.
- Wolf, H. & Froitzheim, K., 1997, Webvideo - A tool for www based teleoperation, IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Portugal, July 12-16, pp. 268-273.

TELEROBOTICS: A METHODOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF THROUGH-THE-INTERNET TELEOPERATED ROBOTIC SYSTEM

Abstract. *This work presents a methodology for the development of through-the-Internet tele-operated robotic systems. A literature review on the use of the Internet as the transmission medium for the instructions is also presented. The proposed methodology was tested during the development of two tele-operated robotic systems: a two degree-of-freedom manipulator, remotely controlled via the Internet (RobWebCam - Robot Web Camera <http://www.graco.unb.br/robwebcam>); and a six degree-of-freedom industrial robot - ABB IRB 2000 (<http://webrobot.graco.unb.br>).*

The motivation for this work was the necessity of reducing the time needed for assessing and solving local problems in remote industrial sites from a base located at a long distance from these.

This work opens the possibilities for virtual control of remotely located fully automated production lines, for monitoring remote sites without the need for dedicated transmission media, for long distance medical assessment, etc.

Keywords: *TeleRobotics, Internet, Teleoperation, Robotics, Mechatronics*