

## Um Laboratório Com Acesso Pela Internet envolvendo Instrumentação Virtual

Adriana Paula Borges, Francisco Javier Ramirez Fernandez, João Marcelo V. de Oliveira,  
Silvia Maria Farani Costa

Escola Politécnica – Universidade de São Paulo (POLI - USP)  
Av. Prof. Luciano Gualberto, 158 trav. 3 CEP 05424-970 – São Paulo – SP – Brasil

{apborges, jramirez}@lme.usp.br

**Resumo:** Neste artigo são apresentados os resultados obtidos na elaboração de um sistema flexível de monitoração e controle de ensaios experimentais através de uma rede de computadores. É proposta uma infra-estrutura com base em instrumentação virtual e uma metodologia para o desenvolvimento de um laboratório virtual multi-usuários com acesso via Internet utilizando um *browser Web*. O escopo de maior abrangência deste projeto propõe a implementação de um sistema físico utilizando o acervo instrumental disponível no grupo Sensores Integráveis e Microssistemas - SIM. O principal objetivo é o controle dos parâmetros de funcionamento de dispositivos eletrônicos em um experimento genérico, através da Internet, utilizando uma interface amigável e intuitiva. Como resultado final deste trabalho é disponibilizado um laboratório virtual que permite o acesso, o controle e a monitoração de experimentos em tempo real, em forma remota através da Internet.

Palavras-chave: Laboratório virtual, ensino a distância, controle a distância.

### 1. Introdução

A instrumentação já faz parte do cotidiano das pessoas e está integrada aos aparelhos eletro-eletrônicos em uma forma tal que possibilita a criação de ambientes inteligentes. O conceito de ambientes inteligentes [1] vem se consolidando tanto em ambientes industriais e comerciais como em residenciais. Entre os principais benefícios no uso de ambientes inteligentes se destacam o conforto, a segurança e a economia de uma forma geral. As formas de intervenção no ambiente normalmente é realizada através da automação por computador ou por outro tipo de controle que não exige a presença física do operador.

Os eletrodomésticos como TV, geladeira e o forno de microondas, estão no alvo dos principais fabricantes de microchips (*Sun Microsystems*, por exemplo) para computadores. A razão do interesse é a possibilidade de implementar uma rede doméstica onde todos os aparelhos podem estar ligados entre si e conectados à Internet. Já é realidade no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), onde pesquisadores estudam seriamente recursos móveis e trajáveis de computação. Por meio de uma malha especial e um conjunto de sensores espalhados pelo tecido, o sinal é enviado para o computador central de uma casa que terá o ar-condicionado regulado a partir da temperatura de quem está vestindo a jaqueta.

Trabalhos semelhantes, supérfluos aos olhos daqueles que resistem ao advento das máquinas, são tidos como pesquisas fundamentais pela indústria, que busca incessantemente novos padrões para determinar o rumo da nossa sociedade de consumo nos próximos anos.

O uso da instrumentação virtual tem se destacado também no contexto de controle e monitoração de processos no âmbito industrial, na pesquisa e desenvolvimento da eletrônica embarcada [2]. A popularização da Internet com sua facilidade de uso e possibilidade de integração surge como a principal ferramenta de apoio para o desenvolvimento de sistemas de controle que podem ser monitorados a distância.

Além dos avanços da Internet é possível acompanhar também a consolidação do uso de microcomputadores para os mais diversos fins, envolvendo desde simples tarefas de escritório até complicados controles de processos industriais. Isso se deve ao emprego das redes de computadores e das novas tecnologias que surgem a cada dia na tentativa de automatizar processos simples ou complexos.

O desenvolvimento e uso de laboratórios virtuais onde estudantes e pesquisadores controlam instrumentos, muitas vezes específicos, de forma remota onde existe uma metodologia de coleta e análise de dados se mostra como uma das recentes atividades promissoras que une diferentes tecnologias para a elaboração de sistemas de controle sofisticados oferecendo certa segurança na troca de informações. Já existem, em diversas partes do mundo, laboratórios virtuais que fazem uso da Internet para compartilhar informações entre equipes de trabalho na área industrial, entre alunos e pesquisadores na área acadêmica, e entre equipes médicas [3]. Esses laboratórios são implementados em diversas áreas do conhecimento e com os mais diferentes propósitos. Podem existir apenas para consultas a bancos de dados bem como para simular ou controlar experiências e monitorar processos de controle de forma remota. Porém, os pontos de interesse deste trabalho são os laboratórios virtuais onde o controle da instrumentação é realizado via Internet utilizando redes de computadores.

A proposta deste trabalho é explorar a execução testes de laboratórios através de uma ferramenta comum (via *browser Web* comercial) permitindo que os usuários controlem o aparato experimental, ou seja, os equipamentos fisicamente localizados no laboratório real, via Internet obtendo informações em “tempo real” através de uma interface homem-máquina interativa [4]. O objetivo principal deste projeto é estabelecer a conexão entre equipamentos e microcomputadores em rede local e remota via instrumentação virtual, para permitir o acesso interativo aos controles e o acompanhamento de experiências.

A possibilidade de disponibilizar equipamentos, muitas vezes de alto custo, e compartilhar projetos entre grupos de pesquisa de outras localidades através da Internet são as principais motivações para este trabalho.

Nos tópicos seguintes são abordados alguns aspectos da instrumentação virtual, a utilização das redes de computadores como ferramenta para implementar sistemas distribuídos de controle através da Internet que estão sendo relatados na literatura.

## **2. Desenvolvimento**

O crescente aumento na utilização da instrumentação tem provocado mudanças nos antigos procedimentos de controle e medidas onde o usuário deveria ajustar os parâmetros dos instrumentos físicos clássicos, que executavam tarefas específicas, para que testes fossem realizados. Havia a necessidade de melhorar a utilização oferecendo maior liberdade de ação de forma a tornar os instrumentos físicos transportáveis, ou seja, uma forma de instrumentação mais flexível. As restrições da instrumentação convencional de concepção monolítica, junto às econômicas, permitiram que a

instrumentação virtual estendesse seu raio de ação e fosse inserida em computadores pessoais através de placas padronizadas para a aquisição de dados [5].

Em princípio a instrumentação virtual é uma proposta para controle de processos, envolvendo equipamentos de medida, *software* e computador, tornando possível a realização de controle do fluxo de informações entre dispositivos através de interfaces padronizadas para comunicação, entre homem-máquina e máquina-máquina. O nome "instrumento virtual" deriva dos aspectos realistas de operação que dizem respeito aos instrumentos clássicos [6] como, por exemplo, voltímetros, osciloscópios entre outros, e foi originalmente concebida como uma ferramenta de desenvolvimento que automatiza procedimentos laboratoriais e industriais [7].

A eficiência do projeto da instrumentação virtual está relacionada ao próprio processo de programação, onde o usuário não precisa ser especialista para implementar o controle de um instrumento. Para que alguma atividade seja executada, basta conectar dois componentes gráficos dispostos em um painel frontal do software. As interfaces assemelham-se aos displays dos instrumentos reais, ou seja, fazem uso da instrumentação virtual para que os indivíduos acostumados a trabalhar com instrumentação convencional também possam se adaptar a um novo tipo de ambiente [6] onde é possível realizar controles e medições de diversos parâmetros simultaneamente, o que propicia a transportabilidade da instrumentação convencional.

O software que representa a utilização da instrumentação virtual e que se mostra como importante ferramenta para o desenvolvimento deste projeto é o *LabVIEW* [9], ambiente de programação gráfica que combina programação flexível, possibilitando a integração entre hardware e software. Na programação gráfica, o diagrama de blocos demonstra a lógica estabelecida para resolver um determinado problema através da conexão de ícones para implementar um determinado controle. Esta estrutura reflete-se também na manutenção e documentação de todo programa gerado, reduzindo, desta forma, os erros de programação e interpretação dos mesmos.

Wang [10] afirma que as interfaces elaboradas para controle via instrumentação virtual, são responsáveis por:

- Manter contato com a unidade central de processamento e executar diferentes testes e funções para medição de sinais. Executar o controle de fluxo de informação de dispositivos periféricos (como sensor e circuitos de processamento de sinal) através de interfaces padrões.
- Adquirir mais de um tipo de dado e mostrar o resultado desta aquisição; acompanhar o fluxo de informação do controle de dispositivos periféricos (como sensor e circuitos de processamento de sinal) de forma a permitir futuras análises. Possibilitar a exibição e análise de dados adquiridos.
- Gerenciar e arquivar dados, a impressão, a comunicação dos equipamentos em rede, o acesso à Internet, ou seja, gerenciar dados de forma a permitir a troca de mensagem em rede local e/ou remota.

Dentre as vantagens que a instrumentação virtual oferece destacam-se a flexibilidade e a redução de tempo necessário para implementação dos controles. Representando uma nova geração, os instrumentos virtuais estão sendo incorporados aceleradamente ao desenvolvimento de aplicações na indústria em geral.

Uma outra vantagem relaciona-se ao fato da instrumentação estar baseada em um computador genérico possuindo, desta forma, a capacidade de processamento de dados limitada ao hardware do computador em termos de velocidade de processamento da informação e configuração de entrada e saída. Caso o sistema opere em um ambiente de rede, a taxa de transmissão de dados torna-se dependente da arquitetura da rede [10]. Este fato envolve um estudo sobre a rede de computadores onde o sistema irá ser executado. Os computadores com sistemas multi-processadores possibilitam o uso de sistemas de medida complexos superando a limitação de um único computador. Esta limitação deve-se ao poder de computação global ou ao número de sinais adquirido e processado. Os sistemas de processamentos distribuídos baseados em redes locais podem ser adotados para monitorar e controlar aplicações quando há a necessidade de processar mais de dois sinais ou quando os pontos de aquisição estão fisicamente distantes, o que traz uma redução no custo de interconexão entre o sistema de processamento e os sensores distantes.

Existe uma crescente necessidade das indústrias e de laboratórios de pesquisa na implementação de sistemas de medida com flexibilidade, adaptabilidade e capacidade de programação para automatizar os procedimentos de medida em aplicações complexas que podem ser distribuídas [6], ou seja, executadas através de redes de computadores com diferentes pontos de aquisição e gerenciamento da informação.

Do ponto de vista de sistema ideal, ou seja, um sistema que ofereça ampla flexibilidade de acesso concatenando as tecnologias de instrumentação, rede e Internet, pode-se imaginar a implementação de um sistema distribuído de medição - SDM. Um SDM é composto por dispositivos computacionais heterogêneos, redes de comunicação, e um sistema de controle de instrumentos [11] com aplicações distintas. Porém os sistemas de controle distribuídos apresentam limitações consideráveis que restringem sua aplicação em laboratórios virtuais, sendo a primeira relacionada ao número de centrais de processamento distribuídas na rede, seja esta de pequena ou grande proporção. O uso de subsistema de aquisição em rede permite ampliar a capacidade de aquisição da unidade de processo, porém não devem ser esquecidas as interferências nos sinais que trafegam por uma rede de computadores [6]. Pode haver ruído cujo grau de interferência está relacionado ao meio físico de interligação dos computadores.

Uma segunda restrição dos SDMs está relacionada à área operacional coberta por uma única unidade de processamento [12]. Não é recomendável que os sensores e subsistema de aquisição estejam geograficamente distantes da fonte geradora de sinais elétricos, de acordo com a especificação de qualidade oferecida pelas placas de aquisição.

As limitações dos sistemas distribuídos de medição estão relacionadas também ao desempenho das redes de computadores e todos os problemas que estas apresentam, como por exemplo, atrasos devido ao intenso tráfego de informações em determinados horários do dia. O tópico seguinte oferece uma breve conceituação de redes de computadores e o ganho na transmissão de informação oferecido por cada tipo de rede.

O crescimento do uso de redes de comunicação tem permitido a troca de informação de forma rápida e segura. A comunicação de dados tornou-se parte fundamental da computação. As redes de computadores transportam dados sobre assuntos diversificados e são essenciais porque permitem que pessoas compartilhem experiências enviando programas, mensagens ou arquivos, disseminando informação em todas as áreas do conhecimento.

Nos últimos anos foi desenvolvida uma tecnologia para possibilitar a interconexão de redes físicas diferentes que operem como uma unidade coordenada. Essa tecnologia, chamada também de arquitetura de redes, acomoda distintas tecnologias básicas de software e hardware, proporcionando uma forma de interconectar computadores e um conjunto de convenções que possibilitam as comunicações entre máquinas diferentes [13].

O grande avanço tecnológico atual, as redes de computadores e em especial a Internet, que permite conectar pessoas distribuídas por todo o mundo, têm sido a motivação para o uso da tecnologia de computadores em diversas áreas do conhecimento, facilitando a interação e a troca de informações entre as pessoas.

A computação sofisticada, ou seja, computadores com maior velocidade de processamento e mais memória RAM (*Random Access Memory* – memória de acesso randômico - cujo tamanho, 64 ou 128 MB – MegaBytes, varia dependendo da configuração de cada microcomputador), e o aumento da largura de banda na comunicação em rede proporcionam o desenvolvimento de conteúdos com melhor qualidade e aplicativos mais complexos [8] para funcionamento e acesso remoto.

A utilização de rede de subsistema de aquisição e instrumentos pode ser útil para superar a degradação induzida por ruído ambiental nas conexões diretas entre sensor e as placas de aquisição instaladas na unidade de processamento.

Para escolher a arquitetura de rede a ser utilizada, é necessário levar em conta fatores como localização dos dispositivos de controle e unidade de processamento, meio físico por onde o sinal vai trafegar em rede, e o protocolo de comunicação empregado nesta comunicação. Um estudo sobre o meio físico, sobre os cabos de interligação da rede deve ser feito para identificar qual tipo oferece maior ou menor ruído. Isso envolve a análise custo X benefício, a possibilidade de implantação de uma arquitetura de rede eficiente e utilização de um protocolo que auxilie no cumprimento dos objetivos estabelecidos relacionados à transferência da informação.

A comunicação de sistemas de controle, em laboratórios virtuais, encontrada na literatura é baseada na arquitetura cliente/servidor. A arquitetura cliente/servidor é composta por dois ou mais computadores em um sistema no qual o processamento da informação é dividido em módulos ou processos distintos de modo a executar dois serviços: Servidor – cuja função é disponibilizar serviços aos usuários do sistema; e Cliente – cuja função é permitir aos usuários o acesso aos serviços disponibilizados pelo servidor. Sendo assim um processo é responsável pela manutenção da informação (servidores) e outros responsáveis pela obtenção dos dados (os clientes).

Os processos cliente enviam pedidos para o processo servidor, e este por sua vez processa e envia os resultados dos pedidos aos clientes solicitantes. Assim, em uma rede cliente – servidor, pode existir somente uma estação servidora de disco, uma servidora de impressora, uma servidora de correio eletrônico, etc.

Dentre as vantagens que podem ser destacadas na utilização da arquitetura cliente/servidor estão:

- Escalabilidade - Um sistema cliente/servidor pode ser expandido verticalmente pela adição de mais recursos adicionados ao computador, com a função de disponibilizar informação para qualquer cliente solicitante.
- Independência de plataformas - Os sistemas cliente/servidor não ficam presos a um ambiente de software ou hardware.

- Flexibilidade - Com a possibilidade de vários clientes, em diferentes pontos da rede, estarem acessando informações em um único servidor.
- Fácil Acesso aos Dados - Como é o processo cliente que gerencia a interface, deixando o servidor livre para manipular os dados, este por sua vez fica mais disponível.
- Redução de Custos Operacionais - Como os custos de hardware e software estão constantemente sendo reduzidos, a troca dos sistemas grandes por sistemas com redes integradas pode ser feita com um baixo custo.

A implementação de sistemas de controle para Internet faz uso da arquitetura cliente/servidor. O servidor, situado próximo ao experimento, transfere comandos transmitidos pelo cliente [14].

A estação servidora normalmente está dedicada a essa função, e sua utilização por usuários é desaconselhada por sobrecarregar o sistema operacional. Os motivos básicos que levam a isso são a segurança, pois evita que, caso um usuário esteja utilizando a estação servidora e execute alguma aplicação que ocupe a máquina desnecessariamente, comprometendo desta forma o desempenho da rede que pode ser alterado quando diferentes tipos de aplicativos são executados ao mesmo tempo (dependendo do sistema operacional), prejudicando o funcionamento da rede como um todo.

No caso dos laboratórios virtuais pesquisados, o servidor é o responsável pelo controle dos instrumentos, recebendo e enviando comandos vindos do cliente para alterar, por exemplo, o estado dos dispositivos de medida. Desta forma, a comunicação entre os computadores se traduz em um esquema de interação entre os processos cliente e servidor resultando em uma troca cooperativa [15]. Com esta técnica os usuários podem compartilhar informações de experimentos remotos interagindo com os programas controlados pelo servidor através da rede.

Na área médica o controle e o acompanhamento de processos de forma remota têm se destacado como, por exemplo, o sistema de monitoramento de sinais vitais onde o médico pode acompanhar a evolução do estado clínico de pacientes internados em uma UTI (Unidade de Terapia Intensiva) especial. Caso ocorra alguma alteração inesperada, o médico é avisado por e-mail ou outro meio de comunicação como Pager [3]. Isso proporciona um menor desgaste do médico, que pode minimizar o tempo de deslocamento para visitar cada paciente, centralizando o controle, e possibilitando uma maior organização relacionada a cada paciente. Essa é uma possibilidade a ser implementada no futuro no laboratório virtual desenvolvido com o objetivo de atender às dúvidas dos alunos e receber avisos caso algum parâmetro incorreto esteja prejudicando o funcionamento do aparato experimental.

O acesso universal e a infraestrutura de rede, que pode facilitar o compartilhamento seguro de informações sobre pacientes e dados clínicos, tornam a Internet o meio ideal para a implementação de aplicativos visando a monitoração de pacientes geograficamente distantes do médico ou do ambulatório médico. Os sistemas de tele-medicina baseados na Web [16] incluem, por exemplo, serviços de monitoração do sistema cardíaco em tempo real. A importância deste tipo de monitoração é fundamental para a recuperação do paciente, uma vez que este pode estar longe do hospital, recuperando-se próximo aos familiares.

Com as ferramentas (software e hardware) disponíveis no mercado, um novo modelo de ensino tem se destacado. Este modelo envolve o uso de redes de computadores, ensaios experimentais monitorados via computador, tornando as atividades experimentais disponíveis aos estudantes localizados a distância dos laboratórios convencionais.

O conceito de ensino a distância não é novo e tem sido amplamente explorado em diversas áreas devido aos avanços da tecnologia e novas oportunidades que surgem com a com o advento da Internet. Além do meio de comunicação promissor para todas as áreas, os avanços tecnológicos da instrumentação iniciam uma evolução dos velhos conceitos de ensino principalmente onde a teoria e a prática ficavam distantes [17]. O ensino tradicional envolve duas etapas: conceitos e prática. Nas classes tradicionais os conceitos são passados em aulas expositivas e reforçados em seções de laboratório onde os alunos têm a oportunidade de testar os conceitos assimilados [17-19].

A disponibilidade das alternativas de implementação oferece escolhas entre simplicidade, independência de plataforma e eficiência do sistema [20]. Sendo assim, o sistema elaborado permite o uso eficiente de equipamentos laboratoriais nos cursos presenciais ou a distância, relacionados à caracterização de dispositivos semicondutores com acesso remoto via Web [21].

Com o aumento na largura de banda e uma maior difusão da Internet, não apenas a torna viável como sistema de educação a distância, como também deverá ser responsável pelo desenvolvimento desta “nova” metodologia de ensino nos próximos anos. O problema de implementação de um Laboratório no sentido real da palavra, ou seja, onde os alunos possam exercitar o aprendizado obtido, torna-se relevante. Uma das deficiências existentes nos cursos de educação a distância é a falta de aulas práticas em laboratório.

Dentre as vantagens identificadas na prática do ensino a distância destacam-se: a possibilidade de acesso aos experimentos a qualquer hora do dia ou da noite, como forma de estimulação para que os alunos se interessem mais pelo tema da aula; e principalmente por ser uma forma interativa de aprendizado. As vantagens identificadas no ensino a distância compensam a ausência do professor, desde que ele esteja acompanhando os acontecimentos e caminhos que o novo curso está seguindo. Esta ausência pode ser suprida com o uso de salas de bate papo, chats, onde alunos e professores se "encontram" virtualmente para esclarecer dúvidas e discutir sobre assuntos pertinentes ao experimento realizado.

O controle de processos industriais também pode ser feitos de forma remota utilizando basicamente a mesma tecnologia aplicada no desenvolvimento de um laboratório virtual voltado ao ensino a distância, ou seja, instrumentação, arquitetura cliente/servidor sendo o servidor responsável pelo controle efetivo do aparato experimental e o cliente sendo responsável pelo monitoramento via Internet.

### **3. Considerações Finais**

O Laboratório Virtual neste projeto refere-se ao ambiente que permite o acompanhamento e o controle de ensaios experimentais, que fazem uso da instrumentação virtual, de forma remota através da Internet, e se mostra como uma possibilidade de ambientes interativos para acesso e controle na forma real e virtual objetivando a relação homem-máquina através de redes de computadores. Neste trabalho temos a integração da instrumentação virtual, com as novas tecnologias de hardware e software para a disponibilização de controles que podem ser acessados a distância, sem a necessidade de aplicativos específicos.

Neste trabalho utiliza-se um microcomputador modelo PC (*personal computer*) com processador K6-II 500 MHz, 64 MB de memória RAM, disco rígido de 1GB, monitor, teclado e mouse. Desta configuração destaca-se a necessidade de grande quantidade de memória RAM e processador veloz (500 MHz ou superior), pois todo processamento de informação é realizado neste

computador. Foi utilizada uma placa de aquisição de dados DAQ (*Data Acquisition*) modelo AT MIO 16 X<sup>®</sup> cuja função é obter os sinais gerados pelo circuito e estabelecer o interfaceamento entre os equipamentos de medida e o microcomputador. É necessário que haja compatibilidade entre a placa (DAQ), o software de gerenciamento da instrumentação virtual e o sistema operacional para garantir o funcionamento de todo o sistema elaborado.

Relacionado à área de instrumentação virtual encontramos tecnologias de software que abrangem desde a aquisição até o compartilhamento de informações obtidas de ensaios experimentais. Para a implementação destes ensaios é necessário elaborar uma experiência que possa ser controlada através da instrumentação virtual. O software que tem obtido destaque na execução de tarefas como controle de aparatos experimentais é o *LabVIEW*<sup>®</sup>, ferramenta que mais satisfaz os requisitos para o desenvolvimento de controle local de experimentos oferecendo ambiente de programação e análise sofisticado, proporciona a elaboração de sistemas para o compartilhamento de instrumentos de alto custo com outras universidades e centros de pesquisa através da Web [21]. Um módulo SCXI (*signal conditioning extensions for instrumentation* – um condicionador de sinais) e arquitetura de instrumentação para automação e medidas. As vantagens na utilização do SCXI concentram-se na diminuição de ruídos de sinal e maior número de canais disponível devido a sua capacidade de multiplexação [9].

O sistema para acessar aparato experimental via rede de computadores fazendo uso da instrumentação virtual com comunicação cliente/servidor possui como objetivos a conectividade, a interatividade, a transmissão de dados em rede, pelo menos um aparato experimental possibilitando a troca de dados, como descrito abaixo.

Conectividade – A implementação de um sistema de controle que permita o acesso remoto aos experimentos localizados em um laboratório físico (LME – Laboratório de Microeletrônica) instalado na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, via protocolo TCP/IP através da Internet.

Interatividade - O sistema deve permitir que o usuário interaja com software gerenciador da instrumentação virtual controlando os parâmetros necessários para realizar a experiência. O desenvolvimento de um sistema interativo representando uma interface entre usuários e aparato experimental independente da localização de ambos, usando como veículo de comunicação a Internet, se mostra como motivação para realização deste trabalho.

Transmissão de dados em Rede - Um protótipo de sistema baseado em um ambiente experimental envolvendo a transmissão de dados específicos relacionados ao experimento em questão através de uma rede de computadores. Estes dados incluem sinais e medidas de aquisição de dados ou alguma outra informação que dependerá exclusivamente da finalidade do experimento que esteja sendo executado. A intenção é desenvolver um sistema bastante interativo, no qual o usuário possa ter a opção real de controlar os parâmetros de um experimento físico também real. Utilizando uma arquitetura cliente-servidor, oferecida pelo *LabVIEW*<sup>®</sup>, é possível tornar realmente a experiência virtual. Também com o auxílio dos protocolos TCP/IP – para transferir os dados amostrados de ponta a ponta na rede; e o P1451 – protocolo padronizado para comunicação entre equipamentos de instrumentação virtual (sensores, atuadores, controladores).

Experimento – O objetivo é elaborar um aparato experimental simples onde um cliente/usuário teria o controle de alguns parâmetros do ensaio, podendo fazer a leitura e análise de dados obtidos através de tabelas e gráficos que devem ser montados no decorrer da experiência. Serão desenvolvidos experimentos simples visando testar as técnicas para controle e compartilhamento de dados via rede de

computadores para acesso através da Internet e Intranet com o auxílio de um browser Web capaz de exibir conteúdo dinâmico.

Dados – Os dados serão adquiridos por placas de aquisição da *National Instruments* utilizando o protocolo P1451 (protocolo entre equipamentos e microcomputador IEEE-P1451) e transferidos ao usuário via rede em um esquema cliente-servidor através do protocolo TCP/IP.

O esquema de comunicação entre experimento, servidor e cliente está ilustrado na Figura 1.

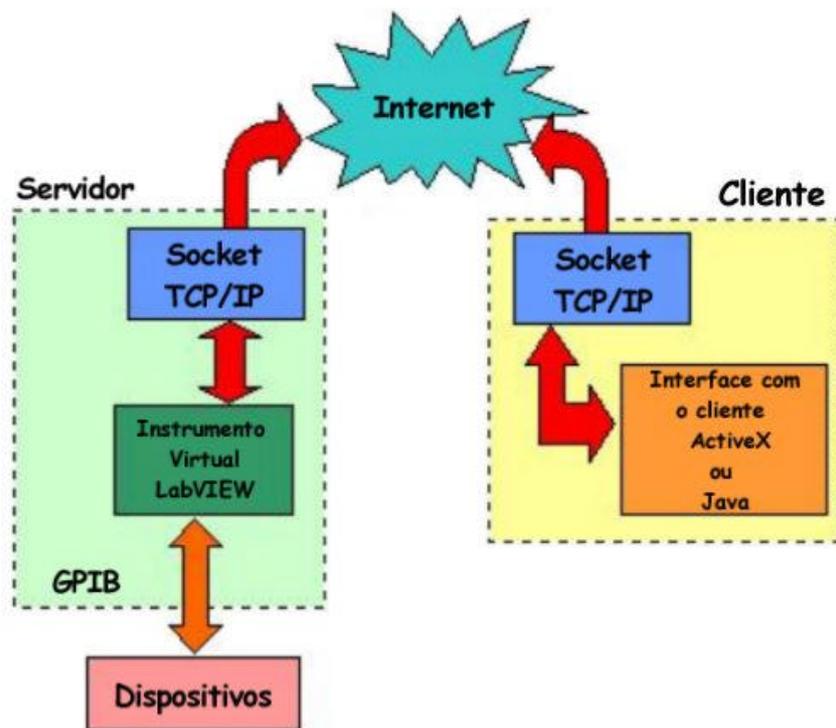


Figura 1 – Etapas seguidas para o desenvolvimento do laboratório virtual.

Ao iniciar o programa ele cria um canal de comunicação com o servidor para verificar periodicamente a existência de controle da experiência. Caso afirmativo, o programa passa a receber os dados da experiência até que esta esteja concluída; caso contrário é dado início ao processo de cancelamento.

Para que a experiência possa ser controlada o usuário deverá configurar os parâmetros da experiência nos seguintes campos: Intervalo de Tempo entre Amostras em segundos; Tensão Inicial em Volts; Tensão Final em Volts e Tensão de incremento em Volts. Após configurá-la basta iniciar o processo através do botão Enviar. A execução da experiência é possível através de um botão denominado Cancelar, sendo este o responsável pelo envio de solicitação de cancelamento da experiência, ou seja, caso o usuário pressione este botão, o programa enviará um código para o servidor requisitando o cancelamento da experiência. Tal rotina foi implementada para garantir que o cliente não se desconecte sem que o Servidor tenha realmente cancelado a experiência.

#### 4. Conclusão e Perspectivas futuras

Neste artigo foram apresentados conceitos sobre sistemas que permitem o controle de instrumentação via Internet bem como uma descrição de alguns laboratórios virtuais pesquisados e as

tecnologias que tornam possível a implementação de ambientes para o controle e monitoração de experimentos de forma remota via rede de computadores.

O grande avanço tecnológico da Internet permite conectar pessoas distribuídas por todo o mundo, apresentando-se como motivação para o desenvolvimento de aplicações para popularizar o acesso a este meio de comunicação em diferentes áreas do conhecimento. Destaca-se o modelo de comunicação cliente/servidor utilizado pela maioria dos Laboratórios Virtuais pesquisados.

Temos a descrição de um sistema ideal para um laboratório virtual envolvendo sistema distribuído de medição, e a infra-estrutura real, disponível na atualidade, diferente da ideal, apresentando limitações relacionadas ao número de centrais de processamento distribuídas na rede, perda de desempenho na transferência de informações devido ao intenso tráfego de dados em determinados horários.

As vantagens conseguidas com a utilização do laboratório virtual para experimentação remota para alunos se concentram na flexibilidade oferecida ao aluno, uma vez que este pode executar o experimento quantas vezes forem necessárias, a qualquer hora do dia ou da noite. A grande motivação está na possibilidade de oferecer um curso de qualidade para os alunos que realmente se interessam pela disciplina. O aluno pode tirar dúvidas consultando o material didático ou o próprio professor da disciplina, uma vez que o curso pode ser semi-presencial.

Uma das dificuldades está relacionada ao tráfego de informações na Internet. Foram monitoradas seis rotas para comprovar a viabilidade de uso do laboratório virtual, sendo este completamente dependente do funcionamento de redes de computadores sejam elas locais e/ou de longas distâncias.

Os endereços na Internet, mostrados na Tabela 1, foram selecionados com a restrição de pertencerem a Universidades distribuídas na maior extensão geográfica possível. Estes endereços, também chamados de rotas, foram monitorados durante quinze dias com o auxílio do software denominado *PingPlotter*<sup>â</sup>. A cada quinze minutos eram enviados pacotes de tamanho 25 KB contendo os programas necessários para estabelecer a comunicação com o Servidor\_GSIM (applet1.java, plotador1.java, plotador2.java e java.htm) e ter acesso ao controle do experimento desenvolvido neste trabalho.

Continente – País	Endereço – Universidade
América do Sul – Chile São Paulo	<a href="http://www.dcc.uchile.cl">http://www.dcc.uchile.cl</a> – Universidade do Chile <a href="http://www.unicamp.br">http://www.unicamp.br</a> – Universidade Estadual de Campinas
América do Norte – Estados Unidos	<a href="http://www.stanford.edu">http://www.stanford.edu</a> – Universidade de Stanford
Europa – Alemanha	<a href="http://www.uni-bonn.de">http://www.uni-bonn.de</a> – Universidade de Bonn
África – Israel	<a href="http://www.bgu.ac.il">http://www.bgu.ac.il</a> – Universidade Ben Gurion de Negev - Israel
Ásia – Japão	<a href="http://www.iuj.ac.jp">http://www.iuj.ac.jp</a> - Universidade Internacional do Japão

**Tabela 1– Endereços selecionados aleatoriamente divididos nos seis continentes.**

Para avaliar o desempenho das rotas foram estabelecidos os seguintes critérios:

1. Tempo de resposta ótimo – até 0,10 segundos.
2. Tempo de resposta satisfatório – até 0,15 segundos.
3. Tempo de resposta ruim – maior que 0,2 segundos.

Este detalhamento é importante, pois mostra por quantos *hosts* (computadores, roteadores) a informação passou no percurso que liga o remetente, microcomputador utilizado como servidor do laboratório virtual, ao destinatário na rede de computadores. O número de *hosts*, a média dos tempos de resposta e o percentual de pacotes perdidos durante a realização das medidas são mostrados na **Tabela 2**.

País	Número de <i>Hosts</i>	Média do Tempo de resposta	Pacotes perdidos
Alemanha	22	0,15274 segundos	10 %
Brasil	8	0,013 segundos	7,27 %
Chile	25	0,174 segundos	32,26 %
Estados Unidos	24	0,15253 segundos	38,84 %
Israel	18	0,149 segundos	15,99 %
Japão	21	0,232 segundos	14,61 %

**Tabela 2 – Tempos médios de resposta e percentual de pacotes perdidos durante a realização das medidas no melhor e no pior caso.**

A rota que apresentou o melhor desempenho foi a localizada no Brasil. Este resultado já era esperado por tratar-se de uma rede de menor extensão e menor número de *hosts* intermediários entre o microcomputador remetente e o destinatário. O caminho que apresentou maior tempo de resposta, foi o localizado no Japão, apesar de existirem 21 *hosts* e pouca perda de pacotes. A perda de pacotes indica que a informação deverá ser re-enviada. Esta é uma propriedade do protocolo TCP/IP, que permite que sejam verificados tanto o recebimento dos pacotes de dados como a estimativa do tempo de resposta do destinatário. Estes resultados demonstram a usabilidade do Laboratório Virtual mesmo baseado na utilização do acesso à Internet convencional, através de linhas telefônicas.

## 5. Referências Bibliográficas

- [1] AL-MUHTADI, J.; MICKUNAS, D.; CAMPBELL, R., “Wearable security services”, Distributed Computing Systems Workshop, 2001 International Conference, pp. 266 –271, 2001.
- [2] BECK, THOMAS., “Current trends in the design of automotive electronic systems Design”, Automation and Test Conference, 2001.
- [3] REGGIANI, LÚCIA, "A vida pelos bytes", Revista InfoExame, ano 15, número 175, Outubro, 2000.
- [4] BORGES, ADRIANA P., PERES-LISBOA, MAURICIO O., MORI, ALEXANDRE S. E RAMIREZ-FERNANDEZ, FRANCISCO J. “A Graphical Interface to Link Virtual Instruments through a Web Browser”. Proceedings of SIBGRAPI 2000 - 13th Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing. IEEE Computer Society Press, 2000, pp.354.
- [5] TAN K. K., SOH C. Y., ”Instrumentation on the Internet”, Engineering Science and Education Journal, April 2001, pp. 61-67.
- [6] MARINO, P.; NOGUEIRA, J.; HERNANDEZ, H. “Laboratory of virtual instrumentation for industrial electronics”, Proceedings of IEEE International Conference on Industrial Technology, Volume: 2 , 2000.
- [7] SPOELDER, HANS J. W; ”Virtual Instrumentation and Virtual Environments”, IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, September, 1999.

[8] NATIONAL INSTRUMENTS – <http://ni.com/labview>

[9] WANG, CHANGTING; GAO, ROBERT X.; “A Virtual Instrumentation System for Integrated Bearing Condition Monitoring”, IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement, vol. 49, no. 2, April, 2000.

[10] KATCHABAW, M.J., HOWARD S. L., LUTFIYYA, H. L., MARSHALL, A. D., “Making distributed applications manageable through instrumentation”, The Journal of Systems and Software, no. 45, 1999, pp. 81-97.

[11] LEE, KANG, B.; SCHNEEMAN, RICHARD D.; “Internet-Based Distributed Measurement and Control Applications”, IEEE Transaction & Measurement Magazine, June, 1999.

[12] ORFALI, ROBERT; HALEY, DAN; EDWARDS, JERI; "The essential client/server survival guide", second edition, Wiley Computer Publishing Editora, 1996.

[13] OVERSTREET, J.W.; TZES, A. “Internet-based client/server virtual instrument designs for real-time remote-access control engineering laboratory”, American Control Conference, Volume: 2 , 1999, pp. 1472 -1476

[14] BERTOCCO, MATTEO; FERRARIS, FRANCO; OFFELLI, CARLO; PARVIS, MARCO; “A Client-Server Architecture for Distributed Measurement Systems”, IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement, vol. 47 no. 5, October, 1998.

[15] MAGRABI, FARAH; LOVELL, NIGEL H.; CELLER, BRANKO G.; “A Web-based approach for electrocardiogram monitoring in the home”, International Journal of Medical Informatic, vol. 54, pp. 145-153, 1999.

[16] HOON, SUAT P., “Conducting Experiments over the Internet”, Instrumentation Newsletter, National Instruments, vol. 10 no 4., 1998.

[17] HESSELINK, LAMBERTUS; RIZAL, DHARMARUS; BJORSON, ERIC; “Cyberlab, a new paradigm in Distance Learning”, Instrumentation Newsletter – National Instruments, third quarter 1999.

[18] SALZMANN, CHRISTOPHE; LATCHMAN, H. A .; GILLET, D.; CRISALLE, D.; “Requirements for Real-time Laboratory Experimentation over the Internet”, International Conference on Engineering Education (ICEE98), August, 1998.

[19] HONG SHEN; SHUR, M.S.; FJELDLY, T.A.; SMITH, K., “Low-cost modules for remote engineering education: performing laboratory experiments over the Internet”, Frontiers in Education Conference, 2000, pp T1D/7.

[20] FIELDLY, T.A.; SHUR, M.S.; SHEN, H.; YTTERDAL, T. “AIM-Lab: a system for remote characterization of electronic devices and circuits over the Internet” , Devices, Circuits and Systems, 2000. pp. I43/1 -I43/6

[21] PALOP, JOSE M. GRIMA; TERUEL, JOSE M. ANDRES; ”Virtual Work Bench Electronic Instrumentation Teaching”, IEEE Transaction on Education, vol. 43, no 1, February, 2000.