

TELE-OPERATED LABORATORY OF DIGITAL TECHNIQUES**LABORATORIO TELE-OPERADO DE TÉCNICAS DIGITALES****Sonia Contreras, Juan Carlos Martínez, Oscar Acevedo, Eduardo Gómez*****Universidad Tecnológica de Bolívar***

*Km. 1 Vía Turbaco, Parque Industrial y Tecnológico Carlos Vélez Pombo
scontrer@unitecnologica.edu.co , jcmartin@unitecnologica.edu.co ,
oacevedo@unitecnologica.edu.co , egomez@unitecnologica.edu.co
Cartagena D. C. y T.*

Abstrac: In engineering programs, there are some subjects that include lab practices and these are essential for the learning process. The devices required to accomplish these practices are generally in the universities. This fact makes necessary the presence of students and as a result difficulty to create virtual courses. This project intends to design and construct a laboratory to be operated via internet. The laboratory will hold the practices of the area Digital Techniques of the Electrical and Electronic Engineerings, and will be based on FPGA devices.

Resumen: En los programas de ingeniería se tiene el inconveniente de que se contemplan prácticas de laboratorio como parte esencial en el proceso enseñanza-aprendizaje en algunas asignaturas; y la infraestructura requerida para su desarrollo por lo general está en las instalaciones de los centros educativos, con lo cual se impone el requisito de la presencialidad para su ejecución. En este proyecto se propone el diseño y la construcción de un laboratorio tele-operado que sirva de apoyo a los cursos en línea en el área de técnicas digitales para las ingenierías eléctrica y electrónica.

Keywords: : tele-operated laboratory, programmable logical devices , digital circuits, virtual courses.

1. INTRODUCCIÓN

Este documento presenta el trabajo que se está desarrollando en la Universidad Tecnológica de Bolívar para llevar un paso adelante los cursos virtuales de la plataforma interactiva SAVIO (*Sistema de Aprendizaje Virtual Interactivo de la Universidad Tecnológica de Bolívar*). El proyecto nace de la necesidad de solucionar el problema que actualmente presentan los cursos virtuales de ingeniería: No hay en nuestro medio

una forma efectiva que permita la realización de las prácticas de laboratorio. En este momento los estudiantes virtuales no pueden desarrollar prácticas de laboratorio de la misma forma que un estudiante presencial. En el mejor de los casos se realizan prácticas de simulación, las cuales permiten comprobar la funcionalidad de los experimentos, pero no verificar condiciones de ejecución en tiempo real, como ruido, consumo de

potencia, retardos de propagación y otras variables de interés; las cuales solo pueden ser verificadas con un experimento físico en el cual se puedan realizar las medidas deseadas. Por lo anterior, se propone implementar un laboratorio tele-operado del área de Técnicas Digitales, para emplearlo en asignaturas como: Circuitos Digitales, Microprocesadores, Arquitectura de computadores y Diseño Digital.

El documento está organizado de la siguiente forma: la sección 2 presenta una breve revisión de los laboratorios tele-operados a nivel mundial. La sección 3 presenta la propuesta de laboratorio tele-operado de Técnicas Digitales, y la última sección presenta el estado actual del trabajo propuesto y el plan de trabajo futuro.

2. ANTECEDENTES

En esta sección se exponen algunos trabajos representativos en materia de laboratorios tele-operados.

Hong Shen y asociados (Hong, 1999) presentan el desarrollo de un laboratorio interactivo en línea que puede ser utilizado eficientemente tanto a distancia como a nivel presencial. Este laboratorio está orientado a la caracterización de dispositivos semiconductores. En la implementación, varios programas fueron creados en los lenguajes de programación Java y C++. Se provee herramientas para el análisis de los datos obtenidos e instrumentos de medida reales para las prácticas de laboratorio.

Rohrig y asociados (Jochheim, 1999) presentan un laboratorio tele-operado que ha sido construido con la colaboración de tres universidades alemanas. Las prácticas desarrolladas están orientadas a los cursos de control. Utilizan las capacidades de los navegadores comerciales y el lenguaje Java para construir los demás componentes necesarios para el telecontrol. Como complemento, el estudiante puede ejecutar archivos de audio y videos. La aplicación presentada en este trabajo es el control de los movimientos de un robot.

Wagner y asociados (Wagner, 2001) orientan sus esfuerzos en un laboratorio tele-operado para el desarrollo de prácticas de control discreto en estudiantes de ingeniería eléctrica. Estas prácticas incluyen un sistema de audio y video que muestra

en tiempo real, los efectos de sus acciones. En adición, se desarrollaron programas en Java que le proveen al estudiante los conceptos teóricos y modelos gráficos de los controladores que pueden ser implementados en las prácticas. Para evaluar la efectividad del laboratorio tele-operado, se seleccionaron estudiantes que realizaron las prácticas en forma presencial y otros con el laboratorio tele-operado. Los resultados que publicaron indican que no hay diferencia notoria entre los dos grupos de estudiantes.

Tzeng presenta en su trabajo un laboratorio virtual de maquinas eléctricas (Huan, 2001). En su trabajo, Tzeng utiliza los conceptos de sistemas expertos para implementar un agente pedagógico virtual. Este agente posee la experiencia de un educador experto en el tema y puede guiar, evaluar y corregir al estudiante en el desarrollo de la práctica de laboratorio. Este laboratorio ha sido construido con herramientas de realidad virtual combinadas con Java.

Callaghan y asociados (Callaghan, 2002) presentan un laboratorio a distancia para el diseño de sistemas embebidos para las maestrías en electrónica y sistemas de software en la Universidad de Ulster. Aquí se desarrollaron dos proyectos. El primero tiene que ver con el acceso remoto a los instrumentos de medida del laboratorio. Con esto, se desarrollaron protocolos para el control y acceso a dichos instrumentos, basados en Java y en el protocolo GPIB IEEE para comunicación con instrumentos. El segundo proyecto es la expansión del primero junto con el estudio de mecanismos para realizar las interconexiones de los diferentes componentes del laboratorio. También se desarrolló un sistema de manejo y mantenimiento del equipo de laboratorio y se utilizaron programas para manejo de redes.

En el campo de laboratorios tele-operados en Colombia, no se tiene registro sobre trabajos orientados a la educación.

3. PROPUESTA DE LABORATORIO TELE-OPERADO.

3.1 *Fallas de los laboratorios tele-operados actuales.*

De acuerdo a Callaghan y asociados (Callaghan, 2002), existen deficiencias en los desarrollos actuales de laboratorios tele-operados en el mundo. Estas fallas se pueden clasificar en dos grupos

principales. El primer grupo consiste en la metodología empleada. Se observa que no existen guías de laboratorio que expliquen al estudiante cuáles son los objetivos de las prácticas, cuáles son los procedimientos a seguir, qué datos debe tomar y qué tipo de análisis debe realizar con dichos datos. No es muy claro el énfasis en el uso del método científico en el desarrollo de las prácticas de laboratorio. También se observan fallas en la disposición del material de lectura, ayudas y tutoriales para que el estudiante pueda desenvolverse en el entorno del laboratorio a distancia.

El segundo grupo corresponde a las posibilidades que ofrecen los laboratorios tele-operados. Existen muchos laboratorios que no proveen instrumentos de medida en línea para que el estudiante remoto los utilice, hay laboratorios que no son en tiempo real, existen laboratorios que no incluyen componentes de hardware y no se hace uso de herramientas comerciales especializadas para el manejo en red.

En general, las deficiencias se deben a la falta de experiencia de los investigadores en este campo de estudio. Con la aparición de nuevas versiones de laboratorios tele-operados, estas fallas serán subsanadas. Con seguridad, llegará un momento en el cual los laboratorios tele-operados habrán evolucionado suficientemente para realizar una excelente labor educativa.

3.2 Metodología de desarrollo del proyecto.

La implementación del proyecto se hará en dos etapas principales. La primera consiste en el desarrollo de la estructura física que dé soporte al proyecto. La segunda consiste en el desarrollo conceptual de las prácticas de laboratorio a distancia.

Estructura física. Está concebida bajo un sistema clásico de cliente-servidor. El servidor permite el acceso del estudiante remoto a las estaciones de trabajo, que están conectadas en red y que contienen los experimentos. Una vez se ha logrado el acceso, el estudiante puede realizar las prácticas de laboratorio albergadas en la estación de trabajo y efectuar mediciones con los instrumentos disponibles (verificar el estado de las variables del proceso). Ver Figura 1.

La estación de trabajo está conformada por: un computador en red con el servidor, instrumentos de medida (como analizadores lógicos conectados al

computador por medio del protocolo GPIB(*General Purpose Interface Bus*), los montajes correspondiente a conjunto de experimentos que se pueden trabajar en dicha estación, que utilizan dispositivos FPGA(*Field Programmable Gate Array*) como base, y por último, se incluye un sistema de interconexión inteligente que permite que el estudiante realice la unión de los diferentes elementos de la estación de trabajo.

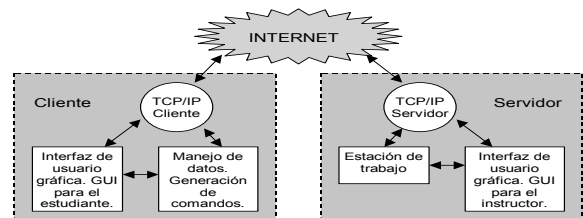


Fig. 1: Estructura física

El cliente es el estudiante a distancia, el cual utiliza su computador para acceder al laboratorio. Esta parte se desarrolla con lenguaje Java y HTML. Ver Figura 2.

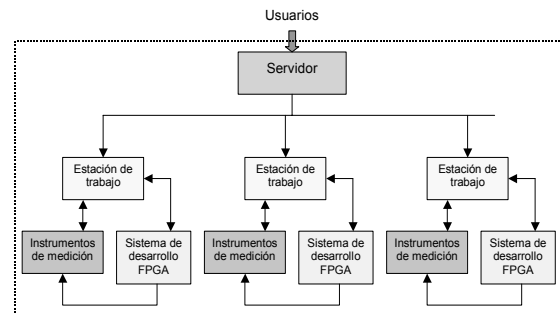


Fig. 2. Estructura de comunicación

El núcleo del laboratorio lo constituye el sistema de desarrollo de FPGA. Por medio del cual pueden desarrollarse prototipos de sistemas digitales que van desde simples compuertas, hasta microprocesadores y circuitos de propósito específico. Con esta herramienta se posibilita un aprendizaje inductivo-deductivo de los circuitos digitales, y se permite llevar a cabo todo el proceso de diseño, síntesis y compilación, simulación, programación y verificación.

Por medio de prototipos es posible evaluar la viabilidad de diferentes soluciones para un problema. De esta forma, se pueden estudiar las ventajas de una solución completamente hardware

frente a otra puramente software en términos de dificultad de diseño, recursos necesarios, tiempo de implementación, escalabilidad del diseño y adaptación al problema. También se puede comparar con una solución heterogénea basada en codiseño hardware-software (Gómez, 1999).

Las nuevas herramientas de diseño de circuitos digitales y los lenguajes de descripción de hardware, como VHDL, se aproximan al diseño de software. Aunque estas herramientas suelen utilizarse de manera interactiva, nada impide su operación remota, ya que el diseño se basa en la correcta escritura de un código fuente, de igual manera que en la programación tradicional, y por lo tanto, para integrar su funcionamiento se requiere básicamente, controlar el envío de los archivos de descripción del circuito y la devolución de errores, datos de simulación y resultados prácticos de manera remota.

Desarrollo conceptual. Abarca dos aspectos: el desarrollo metodológico de la práctica de laboratorio y la implementación de un instructor virtual para que guíe al estudiante durante su realización. A continuación se explican brevemente estos aspectos.

Los contenidos y las actividades de las asignaturas serán adaptados a teorías de aprendizaje pertinentes a esta modalidad alternativa de instrucción y entrenamiento, centrada en el aprendizaje y en el alumno, más que en el profesor, que actúa como orientador y facilitador del proceso. El desarrollo metodológico de la práctica de laboratorio incluye la explicación del concepto que se desea demostrar en la práctica, junto con el planteamiento de las hipótesis y el desarrollo de los procedimientos a seguir. Se planea utilizar mapas conceptuales como base en el desarrollo de las temáticas y aprendizaje colaborativo para promover el trabajo en equipo durante el desarrollo de las actividades de la asignatura.

El instructor virtual guía al estudiante a lo largo de la práctica de laboratorio. Realiza preguntas, verifica los montajes que desarrolla el equipo de estudiantes y los corrige. Se desarrollará con técnicas de sistemas expertos.

Evaluación. Surge el siguiente interrogante: ¿Es posible que un estudiante que realiza su práctica en un laboratorio tele-operado pueda adquirir las mismas habilidades cognitivas, motoras y metodológicas que un estudiante que realiza su práctica en un laboratorio tradicional presencial?

Para dar respuesta a esta pregunta, se tomará un grupo presencial y un grupo piloto completamente virtual y se evaluará el grado de asimilación de los conceptos por parte de los estudiantes y las habilidades adquiridas en el diseño de sistemas digitales, por medio de indicadores que permitan compara las dos modalidades. Adicionalmente, se hará un seguimiento del desempeño de los alumnos en las siguientes asignaturas del área, con el objetivo de verificar en qué medida se logró el aprendizaje de los conceptos básicos del diseño digital.

4. ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO Y PLAN DE TRABAJO FUTURO.

El proyecto fue aprobado por Colciencias en el marco de la Convocatoria 223: Convocatoria Nacional para la presentación de Proyectos de Investigación – año 2004, Formación de Técnicos, Tecnólogos e Ingenieros, Programa Nacional de Estudios Científicos en la Educación. Los autores en este momento se encuentran recopilando y evaluando información referente al tema. Se cuenta también con un primer prototipo del sistema de desarrollo de CPLD que está en evaluación.

Mejora del sistema.

La primera fase del sistema pretende utilizar herramientas ya existentes para el manejo de la red e Internet. La evaluación de los resultados permitirá decidir sobre la optimización del sistema bajo este esquema de trabajo o la generación total del sistema deseado utilizando lenguajes de programación como Java y C++. También se espera mejorar los sistemas para adquisición de los datos, adición de nuevos instrumentos de medida y la implementación de nuevos experimentos para las estaciones de trabajo.

▪ *Tele-operación de todos los laboratorios.*

De acuerdo a los resultados que se obtengan de la primera fase, se promoverá la implementación de todos los laboratorios del programa en forma de laboratorios tele-operados, sin perder su funcionalidad como laboratorios presenciales.

▪ *Integración con la comunidad mundial.*

Una vez los laboratorios tele-operados hayan superado la fase de prueba, se espera realizar su

integración con otros laboratorios del mundo por medio de alianzas entre universidades con el objetivo de compartir equipo especializado que normalmente es muy difícil de conseguir en Colombia. Esto proporciona al estudiante talla mundial en educación, al poder compartir experiencias personales, técnicas y científicas con sitios de todo el mundo.

REFERENCIAS

- Callaghan, M.J.; Harkin, J.; McGinnity, T.M.; Maguire, L.P. "An Internet-based methodology for remotely accessed embedded systems". 2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Volume: 6 , 6-9 Oct. 2002. Pages:6 pp.
- Gómez-Arribas F. J., González I., González J. y Martínez J. "Laboratorio Web para Prototipado y Verificación de Sistemas Hardware/Software". <http://www.icarobotics.com>
- Hong Shen; Zheng Xu; Dalager, B.; Kristiansen, V.; Strom, O.; Shur, M.S.; Fjeldly, T.A.; Jian-Qiang Lu; Ytterdal, T. "Conducting laboratory experiments over the Internet". IEEE Transactions on Education, Volume: 42 , Issue: 3 , Aug. 1999. Pages:180 - 185
- Huan-Wen Tzeng. "The design of pedagogical agent for distance virtual experiment". 31st Annual Frontiers in Education Conference, 2001. Volume: 2 , 10-13 Oct. 2001. Pages:18-23
- Jochheim, A.; Rohrig, C. "The Virtual Lab for teleoperated control of real experiments". Proceedings of the 38th IEEE Conference on Decision and Control, 1999. Volume: 1 , 7-10 Dec. 1999. Pages:819 - 824 vol.1
- Wagner, B.; Tuttas, J. "Team learning in an online lab". 31st Annual Frontiers in Education Conference, 2001. Volume: 1 , 10-13 Oct. 2001. Pages:TIF - 18-22.