

Ambiente de Telepresencia en la WEB para la Realización de Prácticas de Laboratorio con el Prototipo Didáctico Mecatrónico RefriLAB

Ana María Chávez Trejo, José Saúl Rocha Aragón, Luis Ángel Reyes Hernández y José Alberto Venegas García

Instituto Tecnológico de Orizaba
Avenida Oriente 9 Núm. 852, Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Veracruz, México. Tel. (272) 7244096 www.itorizaba.edu.mx
Contacto: achavez@itorizaba.edu.mx, jsrocha@prodigy.net.mx

Resumen

El presente trabajo propone un ambiente con Telepresencia visual en la WEB para realizar prácticas de laboratorio sobre un prototipo didáctico mecatrónico (RefriLAB) del laboratorio de la carrera de Ingeniería Mecánica. El objetivo es que este ambiente de Telepresencia visual permita a alumnos del Tecnológico de Orizaba y de distintos tecnológicos que cursan la materia de Aire Acondicionado y Refrigeración, realizar sus prácticas de laboratorio sobre este prototipo sin necesidad de que el alumno y el profesor compartan un mismo espacio-tiempo.

El ambiente de telepresencia consta de una aplicación Web construida bajo la plataforma Apache, JSP y LabVIEW para interactuar vía remota con el prototipo RefriLAB y proporcionar al usuario la sensación de estar realizando su práctica físicamente en el laboratorio. La interacción es a través de un navegador Web desde el cual se realizan solicitudes, el servidor Web de la institución y el servidor de aplicaciones en el equipo del prototipo atienden estas solicitudes mostrando un ambiente con la consola del prototipo y video obtenido de dos cámaras WEB, que proporcionan la imagen en tiempo real del prototipo.

Palabras clave: Telepresencia visual, prácticas de laboratorio, Prototipo didáctico, procesos de refrigeración.

1. Introducción

La educación en México se está involucrando con mayor énfasis en el uso de tecnologías de la

información, tal es el caso de las carreras de educación a distancia que se ofertan actualmente en muchas instituciones de nivel superior y posgrado. Esta modalidad de enseñanza genera nuevos requerimientos con respecto a las carreras que requieren de prácticas de laboratorio. En estos ambientes de enseñanza virtual es necesario ofertar prácticas con equipos controlados a distancia y/o con realidad virtual.

En el campo de la operación remota, la telepresencia permite estar presente a distancia, de manera que la comunicación con otra persona alejada geográficamente parece realizarse en la misma habitación. Los logros obtenidos en esta área y principalmente orientados a la educación, propician la generación de herramientas que apoyen los procesos de enseñanza aprendizaje en nuevos entornos [1]. Bajo este marco, este trabajo propone otra alternativa para la realización de prácticas de laboratorio en donde no sea necesario que el alumno y el profesor compartan un mismo espacio-tiempo.

El prototipo RefriLAB construido y la aplicación Web desarrollada, están diseñados para apegarse al conjunto de prácticas necesarias en el programa de estudios de la materia de aire acondicionado y refrigeración, de tal manera que los estudiantes tendrán la facilidad de utilizarlo sin problema alguno. Nuestra hipótesis es que la característica de las interfaces de usuario que transmiten video en tiempo real hará sentir a los alumnos como si estuvieran presentes en el laboratorio observando los detalles que suceden en RefriLAB operándolo de forma remota. Se espera que los maestros y estudiantes utilicen los beneficios de este laboratorio para reforzar la enseñanza de la teoría del aire acondicionado y refrigeración.

Las siguientes secciones de este trabajo presentan, los antecedentes y motivación en la sección 2, solución con descripción de la metodología empleada en la sección 3, análisis de resultados en la sección 4, trabajos relacionados en sección 5 y la sección 6 concluye el trabajo.

2. Antecedentes y Motivación

Hoy en día el uso de Internet se ha expandido a diversas áreas del conocimiento. En la educación el uso de la realidad virtual y la telepresencia motivan a las Instituciones educativas a incursionar en el uso de éstas tecnologías para ofrecer laboratorios virtuales y con telepresencia. El Instituto Tecnológico de Orizaba, institución interesada en ampliar la cobertura de sus servicios en la modalidad a distancia, está trabajando para construir una plataforma funcional, confiable y amigable que: 1) fortalezca la enseñanza presencial, 2) permita impartir carreras a distancia utilizando las bondades de la tecnología actual y 3) apoye a incrementar la cobertura educativa.

El modelo conceptual de la propuesta se observa en la figura 1, a través de un equipo de cómputo conectado a Internet y utilizando un navegador Web cada alumno que inicie sesión en la aplicación seleccionará la practica a realizar, capturará los datos solicitados por la misma, los enviará al servidor y observará los cambios que suceden en RefriLAB a través de la señal de video recibida en tiempo real.

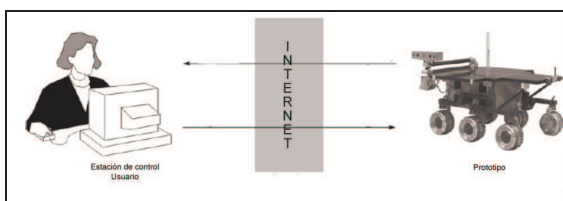


Fig. 1. Modelo conceptual

3. Solución

Para manejar la complejidad en la construcción del proyecto, se decidió dividirlo en dos etapas. La primera etapa se centra en la construcción del equipo mecatrónico de aire acondicionado y refrigeración, al que se decidió denominarlo RefriLAB, que consta de control manual y control

programado desde LabView. La segunda etapa consta del desarrollo de la aplicación Web con telepresencia.

3.1 Construcción del prototipo RefriLAB

El prototipo se construyó siguiendo el diseño propuesto por el instructor del curso de aire acondicionado y refrigeración, quién considerando los requisitos de las prácticas de laboratorio propuso el diseño presentado en la figura 2. Este esquema indica los componentes propuestos para el prototipo: (1) un bastidor que sirve de soporte a todo el equipo; (2) la sección para entrada de aire; (3) rejillas que regulan la entrada de aire hacia el procesamiento de aire; (4) ducto para la conexión al equipo de tratamiento de aire; (5) sección de medición inicial, la cual contiene los instrumentos de medición; (6) sección de filtrado de aire; (7) sección de ventilación contiene el ventilador y su motor para mover el aire a través del proceso; (8) sección de precalentamiento, contiene una resistencia eléctrica para calentar el aire; (9) sección de humidificación, consta de un suministro de vapor para humidificar el aire; (10) sección de pos calentamiento, contiene una resistencia eléctrica para calentar el aire; (11) sección de refrigeración, consta de un evaporador de refrigeración para enfriar y deshumidificar el aire; (12) sección de medición final, la cual contiene los instrumentos de medición (temperaturas, flujo de aire, humedad y presión del aire); (13) tablero de corriente eléctrica, consta de los componentes eléctricos para suministro de electricidad al equipo; (14) control manual, consta de los interruptores para operar el equipo manualmente; (15) control computarizado, contiene todo el sistema de cómputo para programar el equipo; (16) generador de vapor para humidificar el aire; (17) compresor de refrigeración y condensador, da servicio a la sección de refrigeración; (18) cámara de pruebas, sirve para experimentar con las condiciones del aire; (19) ducto de retorno, conduce el aire hacia el retorno del equipo; (20) compuerta de retorno, regula la cantidad de aire de retorno.

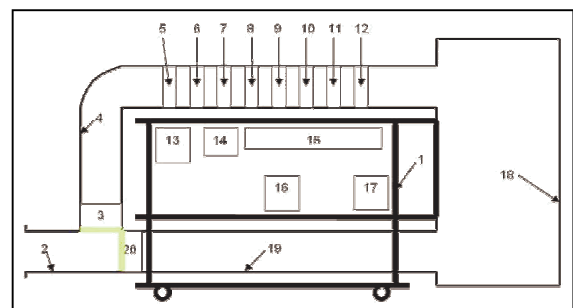


Fig. 2. Esquema del prototipo didáctico de aire acondicionado y refrigeración

El prototipo basa su funcionamiento en el paso de una corriente de aire a través de un ducto en el cual se encuentran instaladas las secciones de instrumentación 1, filtrado, ventilación, precalentamiento, humidificación, poscalentamiento, refrigeración e instrumentación 2. El aire llega a una cámara de pruebas que simula un cuarto acondicionado que permite controlar las condiciones del aire. Finalmente el aire sale de la cámara a través de un ducto y se mezcla aire de retorno con aire exterior. La mezcla de aire se introduce nuevamente al equipo de procesamiento de aire [2].

Para el control de los procesos de aire acondicionado y refrigeración se emplean sensores para detectar diferentes señales físicas como: temperatura, humedad, presión, velocidad del aire. Para detectar la temperatura se emplean sensores RTD de platino, que producen una señal de 0 a 10 voltios de corriente directa. Para detectar la presión se emplean sensores transductores de presión electrónicos, que producen señal de 0.5 a 4.5 voltios de corriente directa. Para la humedad del aire se emplea un sensor transductor de humedad, que produce una señal de 0 a 5 voltios de corriente directa y para detectar la velocidad del aire se emplea un anemómetro de alambre caliente, que produce una señal de 0 a 10 voltios de corriente directa. Todos estos sensores se conectan a un equipo de adquisición de datos marca National Instruments, el cual consta de un chasis y una serie de módulos para recibir las señales de los sensores, la figura 3 muestra los elementos principales de la arquitectura software y hardware.

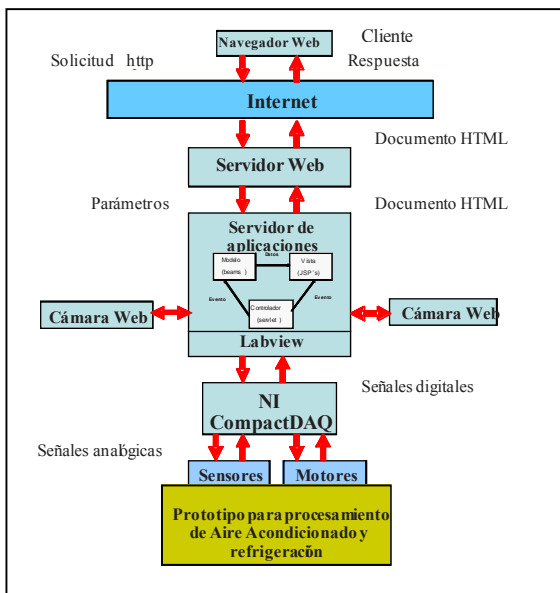


Fig. 3. Arquitectura de software y hardware

El equipo de adquisición de datos CompactDAQ se conecta a una computadora a través del puerto USB. En el servidor de aplicaciones del prototipo se emplea el software LabView para el control y la programación del equipo didáctico de aire acondicionado y refrigeración [3], [4]. Mediante este programa se diseñaron las prácticas que se ejecutan en RefriLAB. Entre las prácticas que se pueden desarrollar en el equipo son:

1. Conocimiento del equipo.
2. Medición del flujo de aire.
3. Características del aire atmosférico.
4. Calentamiento sensible del aire.
5. Enfriamiento y deshumidificación del aire.
6. Calentamiento y humidificación del aire.
7. Humidificación del aire
8. Análisis termodinámico de refrigeración teórico.
9. Análisis termodinámico de refrigeración real.

Las figuras 4 y 5 muestran el panel frontal y el diagrama de bloques de la práctica de enfriamiento y deshumidificación en LabView. RefriLAB se probó trabajando con todas las secciones de forma manual, y desde LabView generando resultados correctos.

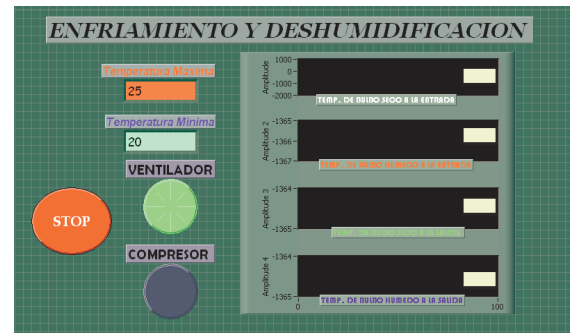


Fig. 4. Interfaz de la práctica de enfriamiento y deshumidificación

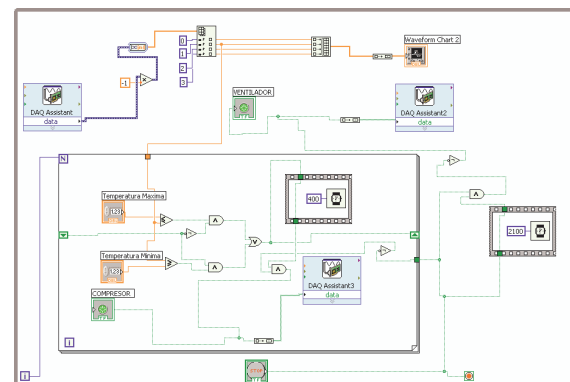


Fig. 5. Diagrama de bloques de la práctica de enfriamiento y deshumidificación

3.2 Desarrollo de la aplicación Web

La segunda etapa de este trabajo comprende el desarrollo de la aplicación Web, cuya arquitectura se presentó en la figura 2. Con esta aplicación será posible realizar las prácticas desde Internet y analizar las ventajas de la telepresencia en el proceso enseñanza aprendizaje de prácticas de laboratorio sobre equipo diseñado y construido específicamente para apoyar la enseñanza presencial y a distancia.

El trabajo se desarrolló utilizando la metodología de Ingeniería de software de Proceso Unificado (UP) en combinación con la metodología para desarrollo de aplicaciones Web WUP (Web Unified Process)[5],[6]. La figura 6 muestra el diagrama general de casos de uso, que representan los requisitos de software.

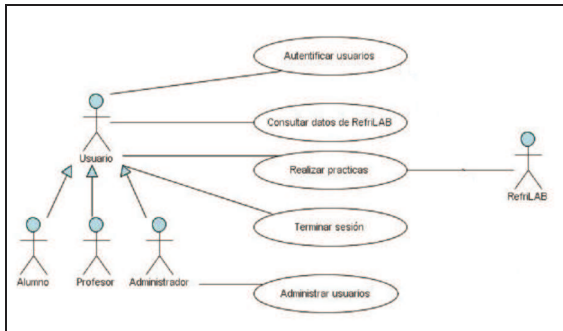


Fig. 6. Diagrama de casos de uso

Siguiendo los requisitos identificados y especificados mediante casos de uso se construyó la aplicación siguiendo un plan de iteraciones. El ambiente de telepresencia consta de una aplicación Web construida bajo la plataforma Apache, JSP y Labview para interactuar vía remota con el prototipo RefriLab y proporcionar al usuario la sensación de estar realizando su práctica físicamente en el laboratorio. La solicitud es a través de un browser, el servidor Web de la institución y el servidor de aplicaciones de RefriLAB atienden estas solicitudes mostrando la interfaz para autenticación del usuario, después de cubrir este requisito el alumno ingresa al ambiente para realizar prácticas con RefriLAB, la figura 7 muestra la interfaz de usuario en donde la ventana a la izquierda lista los usuarios que iniciaron sesión.

Los alumnos deben estar inscritos a los cursos que se ofrecen en el Instituto y alumnos de las instituciones que decidan participar en esta modalidad de aprendizaje. La aplicación Web permite la selección de la práctica a realizar, solicita los datos



Fig. 7. Interfaz de usuario que muestra el menú de operaciones y los usuarios con sesión activa.

necesarios para realizarla, proporciona ayuda en línea con respecto a la práctica y despliega los resultados con datos, gráficas, video y audio de acuerdo a la práctica realizada. La figura 8 muestra la interfaz de usuario de una de las prácticas de laboratorio, en esta imagen se observa la consola generada por el programa correspondiente a la práctica que está en ejecución en el servidor LabVIEW y el video de una cámara Web, que proporciona la imagen en tiempo real de RefriLAB. Sólo un usuario puede operar a RefriLAB. Sólo un usuario puede operar a RefriLAB. Sólo un usuario puede observar y escuchar la práctica que se está realizando por el usuario que tiene el control de operación. El sistema registra las prácticas realizadas con éxito por los alumnos y registra las observaciones finales dadas por el usuario.

4. Análisis de resultados

RefriLAB se puso en operación manual en noviembre de 2008, los resultados de las pruebas de los instrumentos virtuales generados con LabVIEW indicaron un funcionamiento correcto, con respecto a la evaluación del ambiente de telepresencia se decidió utilizarlo en las prácticas de los alumnos que cursan actualmente la materia de aire acondicionado y refrigeración de al menos dos Institutos Tecnológicos



Fig. 8. Ambiente para el desarrollo de prácticas de laboratorio

del País y alumnos del Centro de Estudios Tecnológicos, Industrial y de Servicios 143 de Fortín Ver., el uso del equipo para este ciclo de prácticas empezará a realizarse a mediados del ciclo escolar agosto-diciembre de 2009 por lo que a la fecha la evaluación del ambiente de telepresencia aún está pendiente. La figura 9 muestra la foto del prototipo mecatrónico RefriLAB.



Fig.9. Fotografía de RefriLAB

5. Trabajos relacionados

En los últimos años se han presentado diferentes proyectos que combinan telepresencia, realidad virtual y tele operación. Un proyecto sobre tele aprendizaje cooperativo se presenta en [7] y expone las características y resultados de un teleseminario, seminario interactivo a distancia, internacional aplicado a 14 grupos de estudiantes en la modalidad a distancia. El artículo analiza los efectos de la telepresencia en el aprendizaje efectivo. Se asume que el impacto de la telepresencia sobre el aprendizaje efectivo no depende de las características del contenido académico, la oferta de contenidos, ni de los atributos académicos del estudiante o del profesor sino de la aplicación correcta de la telepresencia para lograr:

- Comunicación espontánea y discusiones ad hoc iniciadas por mutuo reconocimiento de la presencia de otros participantes.
- Una amplia gama de elementos visuales y auditivos para lograr sentimiento de presencia.
- Sentimiento de pertenencia a un grupo, lo que genera motivación y compromiso.

Sanford Meek en [8], menciona que el departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Utah, USA, está ampliando sus clases

de mecatrónica a estudiantes de la industria, de otras escuelas, y hacia clases en la modalidad a distancia, proporcionando los laboratorios de mecatrónica necesarios para los cursos a través de Internet. Mencionan que el trabajo de laboratorio es esencial para las clases, esta es la razón por la cual un laboratorio basado en Internet es ideal para los cursos a distancia. Los laboratorios que son ya parte del plan de estudios de mecatrónica serán adaptados para su funcionamiento a través de Internet, utilizando el lenguaje de programación Java como tecnología para la Web. En [9] se presenta un prototipo de un sistema de telepresencia que combina audio y video sobre Internet, el prototipo consta de tres ambientes: un ambiente de telepresencia con audio y video, un ambiente de realidad virtual y un ambiente para presentación de diapositivas desarrollado en Java. En [10] se presenta un laboratorio virtual de equipos electrónicos que introducen al alumno en el manejo de los instrumentos electrónicos básicos, observaron que podían complementar e incluso sustituir las sesiones prácticas de laboratorio. El laboratorio permitió aumentar drásticamente el número de horas de trabajo práctico fuera del entorno del laboratorio físico. En [11] utilizan la telepresencia en Internet como recurso para cambiar el modelo enseñanza-aprendizaje en el que los estudiantes comparten información propiciando una dinámica en la educación. En resumen se puede apreciar que la telepresencia es un recurso invaluable en investigación, en la educación permite la realización de experiencias y prácticas sin necesidad de presencia física, lo que origina ventajas académicas, operativas y económicas a las Instituciones educativas.

6. Conclusiones

El campo de la teleoperación de equipos mecatrónicos es un área cada vez más extensa y rica en oportunidades para investigación y aplicación de la tecnología en el desarrollo e innovación de equipos para diferentes áreas del conocimiento. En el campo educativo el desarrollo de prototipos mecatrónicos orientados a fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje, motiva la creación e innovación de los equipos de laboratorio actuales. RefriLAB representa el resultado de la motivación por mejorar e innovar un laboratorio que permitirá a los alumnos recibir su instrucción práctica desde su casa. Esto por supuesto, requiere de un conjunto de herramientas de cómputo y equipo mecatrónico sobre el cual se realicen las prácticas. Generalmente el equipo se importa a costos muy elevados y muchas veces no se ajusta a los programas de los cursos para los cuales son adquiridos. Este proyecto representa el inicio en la

construcción de otros laboratorios con telepresencia y/o con realidad virtual necesarios en los programas de estudio de la ingeniería.

Referencias

- [1] Pinhanez C. Pingali G. “*Projector camera Systems for Telepresence*” IBM T.J. Watson Research Center, ETP’04, pags. 63-66 ACM 2004.
- [2] ASHRAE Research, 2006 *ASHRAE Handbook Refrigeration, SI Edition*, Atlanta GA USA, American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. 2006.
- [3] Bishop R., “*LabVIEW 8 Student Edition*”, New York USA, Pearson Prentice Hall, 2007
- [4] Bishop R. “*The Mechatronics Handbook*”, New York USA, CRC Press LLC, 2002.
- [5] Ward S., Kroll P., “*Building Web solutions with the Rational Unified Process: Unifying the creative design and the software engineering process*”, Rational Software white paper.
- [6] Nagtegaal S. “*WUP Web Unified Process 2.0*”, copyright Sander Nagtegaal 2001.
- [7] Johannsen A., Wouter Van D., De Vreede G., Helmut K. “*Effects of Video Communication and Telepresence on Cooperative Telelearning Arrangements*”, Proceedings of the 33rd Hawaii International
- [8] Meek S., Field S., Devasia S.. “*Mechatronics education in the Department of Mechanical Engineering at the University of Utah*”, Elsevier Science, 2002.
- [9] Gómez T., Esteban P., Quiroz A., Velásquez G., “*Producto de telepresencia para la educación superior en el ámbito nacional*”, Departamento de Ingeniería de Sistemas, Universidad EAFIT Medellín Colombia, enero de 2007.
- [10] Garrido M., López J., Hornero G., “*Laboratorio virtual de electrónica para el desarrollo de prácticas no presenciales*”, Universidad de Barcelona, [en línea] <http://>, España 2004.
- [11] Bianchini A., Theoktisto V., “*Un ambiente de telepresencia para enseñanza y aprendizaje basado en nuevos estándares de Internet*”, reporte técnico interno, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, 2000.