

# Diseño e implementación de un laboratorio virtual para el aprendizaje de robótica móvil

## Design and implementation of a virtual laboratory for learning mobile robotics

Eric Rodríguez\*1

Uzziel Quiroz\*\*

*Fecha de recepción: 30 de mayo de 2013*

*Fecha de aceptación: 15 de abril de 2013*

### Resumen

La experimentación en diferentes áreas de la ingeniería juega un papel importante en la formación de ingenieros e investigadores. Tradicionalmente, el uso de dispositivos reales requiere de la presencia física de los estudiantes en los laboratorios de las instituciones de educación superior. En este documento se presenta el desarrollo de un ambiente de aprendizaje virtual que permite a los estudiantes realizar experimentos de robótica móvil, el ambiente incluye un laboratorio simulado y uno de acceso remoto. Los experimentos que se pueden realizar están diseñados para que el estudiante aprenda de manera gradual aspectos básicos de control y planeación de un robot móvil.

**Palabras clave:** Laboratorios virtuales, laboratorios remotos, robótica móvil.

---

\* Universidad Autónoma de Guerrero. Av. Lázaro Cárdenas S/N. Ciudad Universitaria. Chilpancingo, Guerrero. México. Correo electrónico: erodriguez@uagro.mx

\*\* Universidad Autónoma de Guerrero. Av. Lázaro Cárdenas S/N. Ciudad Universitaria. Chilpancingo, Guerrero. México. Correo electrónico: uqc29@hotmail.com

## Abstract

Experimenting in different areas of engineering plays an important role in the training of engineers and researchers. Traditionally, the use of real devices requires the physical presence of students in the laboratories of higher education institutions. This paper presents the development of a virtual learning environment that allows students to perform experiments in mobile robotics, the environment includes a simulated laboratory and one remote access. Experiments that can be performed are designed for students to gradually learn basics of control and planning of a mobile robot.

**Key words:** Virtual laboratories, remote labs, mobile robotics

## 1. Introducción

La práctica experimental en los laboratorios de las Instituciones de educación superior, es fundamental para la formación de nuevos ingenieros e investigadores. Esto representa un reto en los modelos de educación a distancia donde los estudiantes no tienen acceso directo a estos laboratorios. Una alternativa es la incorporación de laboratorios virtuales definidos en [2]. De acuerdo con [1], en un laboratorio virtual un usuario puede interactuar con un equipo ya sea de manera remota o simulada para realizar experimentos y observar los resultados a través de herramientas de visualización, cámaras de vídeo, o bien diferentes tipos de sensores. En este trabajo se presenta la combinación de un laboratorio simulado y uno remoto como herramienta complementaria para el aprendizaje de robótica móvil.

Algunos de los problemas de experimentación con los laboratorios reales en las instituciones de educación superior tienen que ver con la disponibilidad de equipos y de los horarios de atención al estudiante, una alter-

nativa a este problema es la creación de ambientes de aprendizaje virtual en donde el estudiante pudiera realizar diferentes experimentos que le permitan ir avanzando en su proceso de aprendizaje.

En el laboratorio de tecnologías avanzadas de la Universidad Autónoma de Guerrero, se ha diseñado un ambiente de aprendizaje mediante la implementación de un laboratorio virtual de robótica móvil en el que se pueden realizar diferentes tipos de experimentos relacionados con el control de un robot. La serie de experimentos propuestos, permiten al estudiante ir avanzando de manera gradual en los aspectos básicos de control y planeación de un robot móvil.

## 2. Ambiente de aprendizaje

Se ha desarrollado un ambiente de aprendizaje virtual que incluye una interfaz gráfica donde el estudiante interactúa con el laboratorio virtual, éste incorpora un laboratorio simulado y uno remoto que son utilizados como una herramienta educativa complementaria en un curso básico de robótica mó-

vil. Los laboratorios han sido integrados en una arquitectura general [4] que constan de:

- Usuarios que interactúan con el robot a través de una interfaz gráfica que es desplegada en un navegador web
  - Un método de acceso a Internet
  - Un servidor que aloja los diferentes módulos que componen el sistema
  - El robot (real o virtual) junto con su interfaz de control
  - Un servidor de vídeo
  - Una webcam para monitorear el ambiente del laboratorio remoto
- Panel de sensores: muestra la lectura de `_estos` en formato numérico mientras se ejecuta el programa de control, su valor se actualiza continuamente mientras el robot se mueve dentro del área de trabajo.
  - Panel de resultados: muestra los parámetros iniciales definidos en el panel de dibujo y los resultados obtenidos al ejecutarse el programa de control escrito por el usuario.

## 2.1. Interfaz de usuario

Con la idea de lograr un máximo nivel de portabilidad, se decidió que todas las interacciones entre el usuario y el robot sean ejecutadas con un navegador web como interfaz, sin la intervención de otro software adicional [5]. Con la plataforma Java, fue posible proporcionar una interfaz de usuario para el control del robot y la visualización del entorno ya sea simulado o remoto. La interfaz se compone de cinco elementos:

- Área de trabajo: el ambiente de trabajo es desplegado gráficamente, usando elementos primitivos de dibujo para la simulación o vídeo en el caso del laboratorio remoto para proporcionar al estudiante retroalimentación del ambiente de trabajo del robot real.
- Panel de dibujo: las diferentes opciones para establecer las condiciones del área de trabajo del robot son desplegadas en esta área y configuradas por el estudiante.
- Panel de programación: está compuesta por un editor de texto en donde el usuario puede escribir el conjunto de instrucciones de programación automática es decir, el algoritmo de control que va a ser enviado y ejecutado por el robot ya sea de manera real o simulada.

Esta interfaz permite a los estudiantes explorar y controlar el ambiente simulado o remoto, para observar el comportamiento del robot y los resultados durante la realización de un experimento.

## 2.2. Laboratorio simulado

Este laboratorio está diseñado de tal forma que los estudiantes aprendan sobre aspectos básicos relacionados con sensores, planeación, control y programación empleando diferentes técnicas de inteligencia artificial. En este laboratorio los estudiantes pueden definir el ambiente de trabajo en el que el robot va a trabajar mediante la colocación de obstáculos o pistas en el caso del seguimiento de líneas. Los diferentes experimentos que pueden probarse en el laboratorio simulado incluyen:

- Lectura de sensores: explora el uso de los sensores infrarrojos y ultrasónicos en diferentes escenarios de trabajo.
- Control: Aprende sobre algoritmos de control y programación.

De esta forma se pueden realizar tareas como la evasión de obstáculos, una competencia de seguimiento de línea en el que el robot simulado debe seguir un circuito y el escape de un laberinto.

### 2.3. Laboratorio remoto

Este laboratorio permite la experimentación remota con un robot real vía Internet. La idea principal es que el estudiante se enfrente a las diversas complejidades que involucra un ambiente real de trabajo, en particular la incertidumbre inherente en los sensores y el control en un robot real. Permite además el aprendizaje de conceptos más avanzados en robótica móvil, como son la planeación de trayectorias.

El laboratorio está basado en un robot móvil diferencial K-Junior [3] y se construyó bajo una arquitectura genérica cliente/servidor para controlar el robot usando el protocolo estándar TCP/IP basado en sockets. Para el desarrollo de la aplicación se utilizó Java, como lenguaje de programación.

Se obtuvo como resultado un sistema independiente de la plataforma y orientado a objetos. Esto significa que el usuario puede trabajar con cualquier sistema operativo y ser capaz de acceder a la página del laboratorio para interactuar con el robot. El estudiante escribe un programa en Java que envía al servidor por medio de la página web del laboratorio. El programa es ejecutado por el robot y el estudiante puede observar el experimento en un video que se encuentra sobre el área de trabajo del robot.

### 3. Evaluación de la herramienta

Para evaluar el ambiente de aprendizaje, se hicieron algunas pruebas de operación a la herramienta con diferentes usuarios. El propósito de estas pruebas fue comprobar la funcionalidad del ambiente de aprendizaje virtual, identificar y corregir errores en la programación y recibir sugerencias por parte de los estudiantes que permitan mejorar la operación del programa.

El instrumento de evaluación se aplicó a una muestra representativa con diferentes niveles de usuarios localizados en diferentes locaciones. La prueba consistió en probar algoritmos de control para la evasión de obstáculos y seguimiento de líneas. Una vez terminada las pruebas, los alumnos responden a un cuestionario relativo al uso del laboratorio y se les pide que hagan sugerencias con el fin de mejorar la funcionalidad del sistema. A continuación se describen los resultados de las pruebas realizadas, en donde se destacan los puntos más relevantes.

#### 3.1. Resultados

En primer lugar, se tomó en cuenta el tiempo en que los usuarios tardaron en realizar la práctica. Aunque en realidad no había restricciones de tiempo ni de veces en que se podía repetir la prueba, la duración para realizarla desde que el usuario accedía a la página del laboratorio virtual hasta que la finalizaba, se estimaba entre 30 minutos y una hora, sin embargo, el promedio de tiempo utilizado por los usuarios fue aproximadamente de 36 minutos, lo que da una idea de la facilidad de uso de la interfaz.

La valoración que hicieron los usuarios en lo referente al aspecto visual de la herramienta fue positiva ya que la mayoría opinó que está totalmente de acuerdo en que la distribución y organización del contenido en la aplicación, como los gráficos, menús, botones, datos, frames, video, etc., se encuentran distribuidos apropiadamente.

Los resultados obtenidos respecto a la operación del sistema (interactividad, accesibilidad, desempeño y habilidad) han sido bien valorados por los estudiantes. La mayoría opinó que la interacción entre el usuario y el laboratorio es buena, respecto a la accesibilidad determinaron que hay una fácil iden-

tificación de la tarea a realizar. Respecto a la velocidad de la aplicación, la calificaron como regular debido a los retardos de señal, inherentes a la red. En cuanto a la habilidad (errores que se presentan durante la operación del laboratorio), los estudiantes opinaron que se presentaron varios errores durante el desarrollo del experimento. De acuerdo con los resultados mencionados, se pudo observar que existen problemas con respecto a la operatividad de la aplicación tanto en el desempeño como en la habilidad de los datos.

Los resultados obtenidos del cuestionario de usabilidad sirvieron para comprobar la facilidad de uso del sistema, para corregir ciertos detalles de programación y para tomar en cuenta las opiniones de los usuarios que ayuden a mejorar visual y funcionalmente la operación de esta herramienta.

#### 4. Conclusiones

El trabajo de investigación se ha centrado en el desarrollo de un ambiente de aprendizaje virtual en el área de la robótica móvil que incluye un laboratorio simulado y uno de acceso remoto. La herramienta presenta un entorno innovador que facilita la interacción utilizando diferentes elementos de trabajo.

El ambiente de aprendizaje garantiza una participación activa, creativa y propositiva de los estudiantes, lo que les permite reforzar los conocimientos teóricos vistos en clase, logrando así un aprendizaje significativo. La idea central de este proyecto fue desarrollar un ambiente de aprendizaje virtual a los estudiantes tanto de manera simulada como remota con la idea que de enfrentarlos a las diversas situaciones complejas que involucra un ambiente no simulado. Entre las principa-

les aportaciones del ambiente de aprendizaje virtual es la exigibilidad que tiene para modificar de manera sencilla el diseño del entorno de trabajo, tanto del laboratorio simulado como del remoto, permitiéndoles a los estudiantes trabajar con diferentes escenarios.

La facilidad para incrementar de manera muy simple el número y tipo de experimentos a realizar. Esto permite a los estudiantes la posibilidad de tener un ambiente dinámico para probar la funcionalidad de su algoritmo de control.

#### 5. Referencias

- [1] W. B. From computer based teaching to virtual laboratories in automatic control. 29th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, San Juan Puerto Rico 1999.
- [2] J. P. V. (Ed). Report of the expert meeting on virtual laboratories. International Institute of Theoretical and Applied Physics (IITAB), May 1999.
- [3] F. Lambercy. K-junior user manual, rev 1.2. Technical report, K-Team, S.A., Rue Galilee 9, Y-Park, Switzerland, June 2011.
- [4] J. Moreno. Un nuevo enfoque metodológico para la enseñanza a distancia de asignaturas experimentales: Análisis, diseño y desarrollo de un laboratorio virtual y remoto para el estudio de la automática a través de internet. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), 2001.
- [5] D. Schulz, W. Burgard, D. Fox, S. Thrun, and A. Cremers. Web interfaces for mobile robots in public places. IEEE Robotics and Automation Magazine, 7(1):48{56, March 2000.

