

LA IMPORTANCIA DEL USO DE PROCESOS FÍSICOS REALES EN LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA DE LA INGENIERÍA.

Silvia Terrasa 1 , Patricia Balbastre 1 , Alfons Crespo 1 .

1 D.I.S.C.A., U.P.V. (Departamento de Informática de Sistemas y Computadores, Universidad Politécnica de Valencia)

e-mail: sterrasa@disca.upv.es

patricia@disca.upv.es

alfons@disca.upv.es

RESUMEN: Este artículo revisa nuestra experiencia en el uso de procesos reales en la enseñanza universitaria. En concreto describe los resultados obtenidos en un grupo de asignaturas basadas en los Sistemas de Tiempo Real, las cuales se imparten en varias escuelas de la Universidad Politécnica de Valencia. El hecho de impartir estas asignaturas en diversas titulaciones permite, en cierta forma, generalizar los beneficios que aportan los procesos físicos reales en el ámbito universitario con los resultados de una asignatura.

1.- INTRODUCCIÓN.

En los últimos años, gracias a la proliferación de asignaturas optativas en los nuevos planes de estudio y a la especialización de las carreras universitarias, se ha ofrecido la oportunidad para desarrollar nuevas iniciativas que han dado lugar a una mejora considerable de la enseñanza universitaria. Una de estas nuevas iniciativas es la que se presenta en el presente artículo.

La iniciativa parte de la incorporación de asignaturas basadas en Sistemas de Tiempo Real a los nuevos planes de estudio. Este tipo de asignaturas, basadas fundamentalmente en el diseño e implementación de aplicaciones de sistemas de control, requieren un enfoque inminentemente práctico para su mayor comprensión. La primera idea que se tuvo fue basar las sesiones prácticas en simuladores, ya que éstos ofrecen un entorno que más fácil de utilizar y de comprender por los alumnos. Sin embargo, finalmente se optó por introducir los procesos físicos reales, aunque para ello se aumentara la dificultad de las sesiones prácticas.

El resultado de esta iniciativa fue sorprendente ya que a pesar del aumento en la dificultad en las sesiones prácticas, los alumnos estaban mucho más motivados y asimilaban los conceptos teóricos con mayor rapidez. El presente curso académico se ha llegado un paso más lejos y se ha basado la evaluación de la asignatura (al menos en uno de los centros en los que se imparte) en un trabajo final basado precisamente en uno de los procesos reales de que se dispone. La experiencia ha sido muy satisfactoria y por ello se presenta en este artículo.

Este artículo se organiza de la siguiente manera: en la Sección 2 se describen los objetivos concretos de las asignaturas de Sistemas de Tiempo Real. La sección 3 se dedicará a describir los procesos reales de que se dispone, así como las aplicaciones concretas que se pretende conseguir de cada uno de ellos. Finalmente en la Sección 4 se comentan las conclusiones a las que se ha llegado después de la experiencia de este curso académico.

2.- SISTEMAS DE TIEMPO REAL

Actualmente la asignatura de Sistemas de Tiempo Real (*STR*) se imparte en cuatro titulaciones distintas: Ingeniero Industrial, Ingeniero en Automática i Electrónica Industrial, Ingeniero en Informática. Ingeniero Técnico en Informática (en las dos especialidades). En todas ellas se imparte como asignatura optativa de último curso excepto en el caso de Ingeniero en Automática i Electrónica que es una asignatura obligatoria.

La asignatura de *STR*, en todas las titulaciones en las que se imparte, se enmarca dentro de lo que se denomina Ingeniería de Control i los objetivos más relevantes de ésta son saber diseñar e implementar sistemas de control. Las asignaturas de control aportan el conocimiento y la habilidad para comprender y analizar los procesos industriales y los métodos y técnicas para diseñar e implementar el sistema de control. Los ingenieros deben especializarse en muchos aspectos como:

- Teoría de Control.
- Modelización.
- Simulación.
- Técnicas avanzadas de control.
- Programación de propósito general.
- Planificación.

A parte de los objetivos generales de las asignaturas que se engloban en la llamada Ingeniería de Control, la asignatura de *STR* tiene una serie de objetivos concretos:

- Entender las restricciones de tiempo y los elementos que intervienen en el desarrollo de aplicaciones controladas por computadora.
- Especificar el comportamiento del sistema a través de redes de Petri.
- Diseñar e implementar aplicaciones de control por computadora.
- Conocer los lenguajes de alto nivel y sus abstracciones para implementar la concurrencia, comunicación y control del tiempo (Ada'95).
- Conocer la influencia del sistema operativo y los algoritmos de planificación.
- Conocer y asimilar las técnicas de análisis de planificabilidad.

Una de las cosas que hay que tener en cuenta a la hora de poner en práctica estos objetivos. es la titulación donde se va a impartir la asignatura, es decir, aunque globalmente los objetivos son

los mismos, según la titulación se hará hincapié en un aspecto o en otro. Por ejemplo para ingenieros industriales se centrará la atención más en teoría de control que en aspectos de programación y sin embargo para ingenieros informáticos pasará al revés. A pesar de estas diferencias, en todos los casos se han obtenido mejores resultados una vez introducidos los procesos físicos reales a las sesiones prácticas.

3.- DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS UTILIZADOS.

Actualmente se dispone de tres procesos físicos distintos:

- Control de llenado de dos depósitos de agua
- Control de guiado de un robot móvil tipo Khepera
- Control de guiado de un robot móvil tipo Lego

A continuación se pasará a describir cada uno de los procesos físicos.

a) Depósitos de Agua

El montaje realizado en el laboratorio consta de un depósito de agua con una salida regulada por una válvula y una entrada de agua. El caudal de salida desemboca en una cuba de la cual se extrae el agua de entrada al depósito mediante una bomba. Para medir el nivel de agua se dispone de un sensor de presión colocado en la base del depósito. Una tarjeta de adquisición de datos conectada al PC proporciona las señales para accionar la bomba y leer el voltaje de la lectura del sensor. La Figura 1 muestra una foto del montaje.

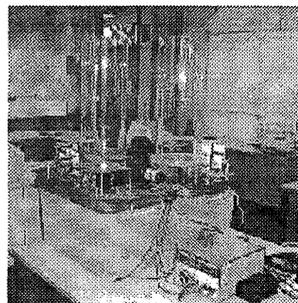


Figura 1 Depósito de agua

Trabajo de los Alumnos

Los alumnos deben diseñar una aplicación que controle el nivel del agua dentro del depósito. La regulación deberá realizarse, en primer lugar con un regulador proporcional y finalmente con un regulador PID (proporcional, integrador y derivativo). Las fases del desarrollo de la aplicación serán: primero se hará trabajar a los alumnos con el proceso simulado probando cada tipo de regulador sobre el modelo y finalmente trabajarán con el proceso real. Las dificultades del trabajo surgen al pasar del modelo simulado al real, ya que deben enfrentarse a errores en la lectura del sensor y otras imprecisiones del sistema.

b) Robot Khepera

El proceso a controlar por los alumnos en el laboratorio es un pequeño robot (Khepera [4]). Mide 27 mm de radio y 2 cm de espesor.

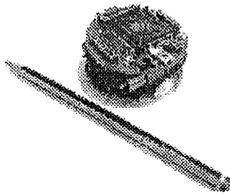


Figura 2 Robot Khepera

Está provisto de dos ruedas, controladas por dos motores de corriente continua. Además, estas ruedas tienen cada una un encoder incremental que proporciona información odométrica. El sistema de sensores lo forman ocho sensores de infrarrojos con un alcance de 60 mm, situados a lo largo del perímetro del robot. Una imagen del robot Khepera se muestra en la Figura 2.

Trabajo de los Alumnos

El objetivo es diseñar una aplicación que controle al robot para que, dentro de un entorno con diversos obstáculos, alcance ciertas posiciones dentro de este entorno. Un esquema del proceso puede apreciarse en la Figura 3.

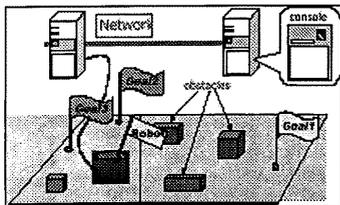


Figura 3 Esquema de la aplicación

Los alumnos deben realizar una aplicación concurrente que, mediante el uso de tareas controle al robot. Además, deben diseñar un algoritmo de evitación de obstáculos y consecución de objetivo, combinando estos dos para obtener una trayectoria válida del robot. En las primeras fases del trabajo se llevarán a cabo las pruebas con un simulador, a fin de que se prueben distintos algoritmos de navegación y el diseño del sistema de tiempo real. Finalmente, cuando el diseño sobre el simulador funcione satisfactoriamente, se probará sobre el robot real, a fin de que los alumnos se den cuenta de los problemas que surgen cuando se trabaja con un proceso físico real.

c) Robot Lego.

El robot Lego Cybermaster [7] pertenece a la gama de productos de Lego Technic. Consta de una unidad móvil y una torre de comunicación, tal y como puede apreciarse en la Figura 4. La torre se conecta al PC mediante una conexión serie. La comunicación entre la torre y el vehículo se establece por radio. La alimentación se realiza únicamente por baterías. Consta de tres motores, uno por cada rueda y un tercer motor para accionar la pinza delantera. Para conocer la posición del robot, cada rueda dispone de un tacómetro que proporciona los pasos del motor. Dispone, también, de un sensor de contacto en la pinza para detectar si se ha chocado con algún objeto.

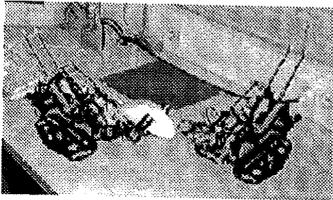


Figura 4.- Robots LEGO

La comunicación entre el PC y el robot se realiza mediante un control ActiveX suministrado por el fabricante, el cual proporciona las funciones necesarias para comandar el robot.

Trabajo de los Alumnos

El trabajo consiste en diseñar un programa en Ada95, el cual sea capaz de ejecutar una secuencia de ejecuciones automáticas, mejorada con unas aproximaciones manuales, sobre un Robot tipo Lego.

El robot debe de partir desde una posición de inicio, y acercarse a uno de los tres contenedores situados delante de él a una determinada distancia, para depositarlo en una posición de destino. Si no lo encuentra, el programa debe de pasar a control manual, hasta que se detecte el sensor, momento en el cual se pasará a control automático, alzará el contenedor y lo dejará en el punto de partida. El proceso debe repetirse con los otros dos contenedores.

En la Figura 5 se muestra un esquema del proceso.

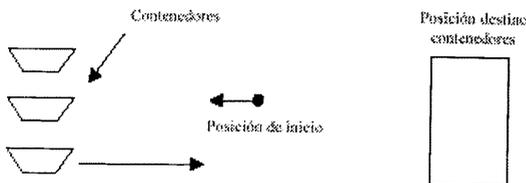


Figura 5 Descripción de la aplicación.

Se pretende que los alumnos realicen la aplicación teniendo en cuenta aspectos de tiempo real pero también atendiendo a los problemas mecánicos que pueden surgir durante el desarrollo de las prácticas. Sobre todo, en cuestiones de odometría y sensorización del robot, donde un simulador no les hubiera proporcionado la misma experiencia.

5.-CONCLUSIONES Y ESPECTATIVAS DE FUTURO.

Este artículo ha examinado la mejora que ha supuesto el introducir procesos físicos reales en las sesiones prácticas de las asignaturas de tiempo real impartidas en varias escuelas de la Universidad Politécnica de Valencia.

El motivo de la introducción de prototipos reales responde a una idea demandada por los propios alumnos, los cuales quieren enfrentarse lo más pronto posible a procesos reales, lo más similares a los trabajos que desempeñarán en el futuro en su vida profesional. Sin abandonar las prácticas con simuladores, el uso de prototipos enseña al alumno las dificultades y diferencias que existen con la simulación de procesos de control.

Aunque ha supuesto un esfuerzo extra, tanto por parte del profesorado como por parte del alumnado, los resultados han sido altamente satisfactorios, viéndose un incremento en la motivación de los estudiantes. Las consecuencias directas de este aumento de la motivación han sido el incremento en trabajos voluntarios de asignatura para profundizar más en el control de los procesos vistos en las sesiones prácticas.

En el futuro se pretende ampliar el número y tipo de procesos y aumentar la complejidad de los trabajos prácticos. También se quiere utilizar los montajes para la docencia en otras asignaturas, como sistemas distribuidos de control, robótica móvil, etc.

6.- BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Crespo, J. Vila, F. Blanes, I. Ripoll. Real-Time Education in a Control Engineering Curriculum. *Real-Time Systems Education*. IEEE Computer Society Press. 1998
- [2] W.A. Halang., J. Zalewski. A Model for Real-Time Systems Curriculum. *Real-Time Systems Education*. IEEE Computer Society Press. 1996, pp: 39-48.
- [3] A. Burns and A. Wellings, Real-Time Systems and their Programming Languages(2nd Edn), Addison-Wesley, 1996.
- [4] Balbastre P., Terrasa S., Vila J., Crespo A. Experiences using Ada in a Real-Time and Distributed laboratory Ada Letters Volume 19 Number 3 September 1999 ACM Press pp. 145-157
- [5] Khepera User Manual. <http://www.k-team.com/>
- [6] Braitenberg, Valentino, Vehicles: Experiments in Synthetic Psychology, MIT Press, 1987.
- [7] Cybermaster Lego Technics <http://www.lego.com/cybermaster>