

# ESTUDIO DE TÉCNICAS DE PLANIFICACIÓN EN SISTEMAS DE CONTROL DE LABORATORIO

Silvia Terrasa

Departamento de Informática de Sistemas y Computadoras  
Universidad Politécnica de Valencia  
[sterrasa@disca.upv.es](mailto:sterrasa@disca.upv.es)

Pascual Pérez

Departamento de Informática de Sistemas y Computadoras  
Universidad Politécnica de Valencia  
[pperez@disca.upv.es](mailto:pperez@disca.upv.es)

Alfons Crespo

Departamento de Informática de Sistemas y Computadoras  
Universidad Politécnica de Valencia  
[alfons@disca.upv.es](mailto:alfons@disca.upv.es)

## Resumen

*En los últimos años, debido a la implantación de los nuevos planes de estudio, muchas asignaturas han visto reducido el número de horas de clase manteniendo, sin embargo, la materia a impartir. Debido a este fenómeno, los profesores universitarios deben ingeniárselas para que los alumnos consigan asimilar los mismos conceptos en menos tiempo. La propuesta que se hace en el presente artículo es utilizar al máximo las sesiones prácticas, no sólo para que los alumnos comprueben la utilidad de la materia impartida, sino para que los conceptos teóricos sean más fáciles de entender.*

**Palabras Clave:** Sistemas de tiempo real, control de procesos, Ada'95, algoritmos de planificación de tiempo real.

## 1 INTRODUCCIÓN

La implantación de los nuevos planes de estudios en el ámbito universitario, y en concreto en la Universidad Politécnica de Valencia, han producido serios cambios en la concepción de las asignaturas. Uno de los cambios más importantes ha sido la reducción drástica del número de horas de clase en algunas asignaturas. En definitiva se intentan dar los mismos conceptos teóricos que antes se daban en un curso en un cuatrimestre y en muchos casos incorporando sesiones prácticas que originalmente la asignatura no tenía en los planes antiguos.

Frente esta situación, el profesorado universitario se debe plantear si los alumnos pueden asimilar los mismos conceptos en la mitad de tiempo, o si por el

contrario acaban de cursar las asignaturas sin apenas tiempo para entenderlas.

Para solucionar esta falta de “tiempo”, este artículo propone la solución adoptada en la Universidad Politécnica de Valencia, en las asignaturas de sistemas de tiempo real, las cuales se imparten en diversas titulaciones, en la cual en las sesiones prácticas se intenta explicar los conceptos teóricos basándose en sistemas de control de laboratorio. Puede que la idea no sea muy nueva, pero en el caso de sistemas de tiempo real, donde se plantean conceptos como la planificación de procesos, la concurrencia, sincronización, etc. resulta del todo interesante que el alumno vea porque es necesario desarrollar toda esta teoría para controlar sistemas de este tipo.

El resto del artículo está estructurado de la siguiente forma. En la sección 2 se intentará describir a grandes rasgos algunos de los conceptos que forman parte de la asignatura de desarrollo de sistemas de tiempo real. La sección 3 describirá en que consisten los sistemas de control de laboratorio. La sección 4 mostrará algún ejemplo de aplicación. Y por último se concluirá en la sección 5.

## 2 MARCO DE LA ASIGNATURA DE DESARROLLO DE SISTEMAS DE TIEMPO REAL.

Actualmente la asignatura de Desarrollo de Sistemas de Tiempo Real (*STR*) se imparte en la titulación de Ingeniero Técnico en Informática (en las dos especialidades). Esta asignatura está englobada en dentro de un grupo de asignaturas, todas ellas dedicadas al estudio de este tipo de sistemas, y que en total están presentes en cuatro

titulaciones distintas dentro de la Universidad Politécnica de Valencia Las titulaciones son: Ingeniero Industrial, Ingeniero en Automática y Electrónica Industrial, Ingeniero en Informática y la ja mencionada Ingeniero Técnico en Informática.

## **2.1. ASIGNATURAS DE SISTEMAS DE TIEMPO REAL.**

Los objetivos de las asignaturas relacionadas con sistemas de tiempo real se pueden resumir en:

- 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.

Debido a la diversidad de titulaciones en las que se imparten las asignaturas de Sistemas de Tiempo Real, y, aunque los objetivos principales son los mismos, hace falta destacar el hecho que en cada una de las titulaciones se refuerza un aspecto u otro, por ejemplo, en titulaciones de Informática (tanto la superior como la técnica), se refuerzan más los aspectos de programación, mientras que en las de la rama de Ingeniería Industrial, los aspectos de control de procesos tienen mayor relevancia.

Por otra parte, y como se puede apreciar, la densidad de la materia es grande y, si se pretende que un alumno que haya cursado estas asignaturas, sea capaz de diseñar analizar e implementar sistemas de tiempo real, es necesario plantearlo de manera atractiva. Para ello se ha creído conveniente incluir en las sesiones prácticas incentivos que hagan que los alumnos se sientan motivados por aprender los conceptos teóricos

Con este fin se han adquirido una serie de procesos físicos entre los que destacamos unos depósitos de agua y un robot móvil. Con estos dos tipos de procesos se intenta dar una visión completa de los sistemas de tiempo real.

Las primeras sesiones prácticas se realizan con los depósitos de agua. Debido a la simplicidad de estos procesos físicos, el alumno es capaz de fijarse más en cosas como el lenguaje de programación utilizado (Ada'95), y además permite que se

familiarice con conceptos como la concurrencia, las tareas periódicas e incluso que vea razonable el uso de estas abstracciones al ver el funcionamiento del control del tanque.

Una vez ya tienen claro los conceptos básicos de los sistemas de tiempo real, se les plantea la oportunidad de desarrollar un sistema un poco más complejo, como es el control de un robot móvil. El esquema de aplicación que se plantea para el control del robot es bastante más sofisticado e implica un conocimiento mayor de la asignatura.

En la próxima sección se describen en detalle los dos procesos físicos así como las tareas que han de desarrollar los alumnos con cada uno de ellos.

## **3 SISTEMAS DE CONTROL DE LABORATORIO.**

### **3.1. DEPOSITOS 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: Depósitos de agua

### **3.2. ROBOT KHEPERA.**

#### **3.1.1 Descripción del proceso.**

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. 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.

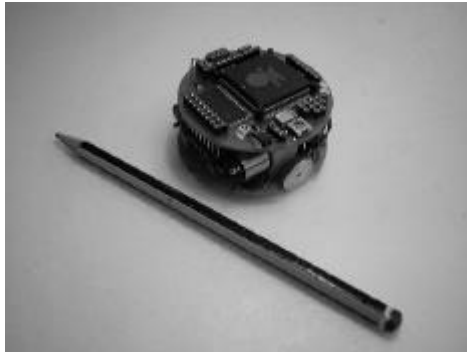


Figura 2: Robot Khepera.

## 4 EJEMPLOS DE APLICACIÓN.

La manera de trabajar dentro de la asignatura de desarrollo de sistemas de tiempo real es la siguiente:

- ◆ En las clases de teoría se introducen todos los conceptos (conurrencia sincronización de procesos, paso de mensajes, etc.) poniendo como ejemplos los procesos reales de que se dispone en el laboratorio.
- ◆ En las sesiones prácticas se introducen errores controlados, para que el alumno entienda la necesidad de aplicar los conceptos teóricos a los procesos reales para controlarlos y que funcionen correctamente.

### 4.1. DEPÓSITOS DE AGUA

Lo que se pretende que los alumnos entiendan desarrollando el control de nivel de los depósitos de agua son conceptos simples, por ejemplo:

- ◆ Necesidad de tener un sistema concurrente → se intenta hacer ver a los alumnos que el sistema global está compuesto de elementos y que cada uno de estos elementos en principio tiene un comportamiento temporal propio.
- ◆ Tareas periódicas → Para explicar este concepto se hace que el alumno tenga en consideración que el proceso genera y recibe señales analógicas y que esto implica la necesidad de convertidores (A/D y D/A) los cuales tienen frecuencias de muestreo fijas

involucrados en el control tengan carácter periódico etc.

En principio, a parte del simulador, lo que se les ofrece a los alumnos es el esquema de la figura 3. A partir de él se van planteando diferentes modelos y aproximaciones hasta llegar a una solución que luego ellos deben implementar para ver su corrección

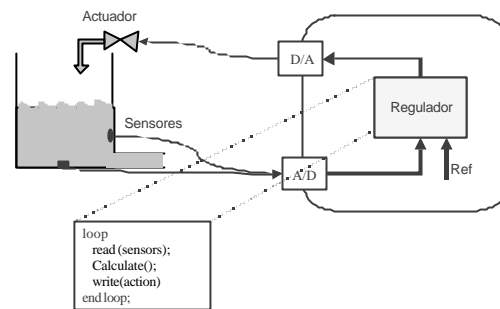


Figura 3: Aplicación de los depósitos

#### 4.1.1 Trabajo de los Alumnos.

A partir del esquema anterior, 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.

### 4.2. ROBOT KHEPERA.

Debido a la complejidad del sistema de control de los robots móviles, los conceptos que se explican a partir de este prototipo son de mayor dificultad. Ejemplos de ellos son:

- ◆ Necesidad de la exclusión mutua → para explicar este concepto lo que se le plantea al alumno es que pasaría si el acceso al puerto serie no estuviera protegido y más de un proceso/tarea intentara acceder a él.
- ◆ Comunicación síncrona → En este caso lo que se le plantea al alumno es que piense en que pasaría si la tarea de

control no esperara a que la tarea de sensorización le diera la información.

La aplicación o modelo de aplicación que se les plantea se muestra en la siguiente figura:

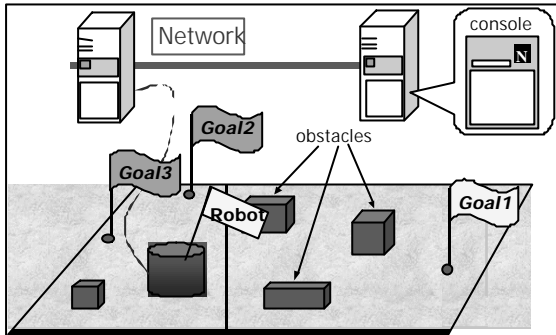


Figura 4: Aplicación del robot.

#### 4.3.1 Trabajo de los Alumnos.

Como se ha dicho en el apartado anterior, 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 4.

Los alumnos deben realizar una aplicación concurrente que, mediante el uso de tareas controle al robot. Además, deben diseñar un algoritmo que permita evitar obstáculos y la 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.

## 5 CONCLUSIONES.

La experiencia del presente curso ha sido plenamente satisfactoria. La primera conclusión a la que se ha llegado es que tener prototipos reales para desarrollar sistemas de tiempo real ayuda tanto al alumno como al profesor. Al alumno le ayuda a entender conceptos abstractos gracias a su aplicación a procesos reales. Al profesor, por su parte, le ayuda a dar a conocer conceptos que en principio pueden resultar difíciles de explicar y también le ayuda a que los alumnos se sientan mucho más motivados en el aula.

Gracias a esta experiencia, el próximo curso se dedicarán más recursos para la obtención y mejora de procesos físicos reales, y así que otras asignaturas del área de control se vean igualmente recompensadas.

## Referencias

- [1] 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
- [2] Braitenberg, Valentino, Vehicles: Experiments in Synthetic Psychology, MIT Press, 1987.
- [3]. Burns A and Wellings A., Real-Time Systems and their Programming Languages(2nd Edn), Addison-Wesley, 1996.
- [4]. Burns A and Wellings A., Concurrency in Ada. Ed. Cambridge, University Press, 1995.
- [5]. Crespo A, Vila J., Blanes F., Ripoll I. Real-Time Education in a Control Engineering Curriculum. *Real-Time Systems Education*. IEEE Computer Society Press. 1998
- [6]. Halang W.A., Zalewski J.. A Model for Real-Time Systems Curriculum. *Real-Time Systems Education*. IEEE Computer Society Press. 1996, pp: 39-48.