

EJERCICIOS PERSONALIZADOS DE CONTROL DE SISTEMAS REALES SIMULADOS

Pascual Campoy Cervera
Cristina Sánchez Cruzado

UPM-DISAM, José Gutiérrez Abascal 2, 28224 Madrid,
{campoy.crsanchez@etsii.upm.es}

Resumen

Este artículo presenta la estructura, características y resultados del sistema CONSIS, desarrollado para la enseñanza práctica del control de sistemas. Las principales características de este sistema son:

- *Simulación de sistemas reales, en los que las inexactitudes del modelo y las pequeñas perturbaciones son desconocidas por el usuario*
- *Personalización automática de los modelos para cada usuario mediante una amplia variedad de los parámetros que los definen*
- *Evaluación automática de los resultados del control propuesto*
- *Adaptabilidad del sistema al auto-aprendizaje por internet*

Palabras Clave: Enseñanza de control, simulación, personalización de modelos, autoaprendizaje, internet

1 OBJETIVOS DEL TRABAJO

El objetivo principal del trabajo desarrollado ha sido realizar un conjunto de herramientas software que permiten al profesor generar de una forma sencilla y rápida unos problemas de control de sistemas para los alumnos, en que se aúnan las dos características principales siguientes:

- Los sistemas físicos de los problemas de control tienen un comportamiento dinámico y estático distinto para cada alumno. Este comportamiento viene determinado por los valores concretos que toman un amplio conjunto de parámetros del sistema, definidos por el profesor para un determinado rango de variación (pudiendo incluir no-linealidades, parámetros variables en el tiempo, parámetros de variación de perturbaciones...) Los valores concretos de estos parámetros son generados de forma automática y son desconocidos por el alumno, que

igualmente ignora el número e influencia de éstos en el comportamiento del sistema.

Esta característica se ha considerado fundamental, puesto que permite que cada alumno se enfrente a un problema de control particularizado para un sistema físico que sólo él tiene. Con ello se consigue que el alumno pueda consultar ideas y metodologías en los libros, con el profesor y con otros compañeros, pero teniendo que aplicarlas y realizar los cálculos necesarios para su problema particular de control.

- Los sistemas físicos se presentan al alumno como cajas negras que simulan el comportamiento de sistemas reales. El comportamiento de estos sistemas puede determinarse bien de una forma aproximada mediante las ecuaciones que lo definen (normalmente lineales) y los valores aproximados de sus parámetros, o bien mediante identificación utilizando la información facilitada por los distintos sensores instalados en el sistema.

Esta característica se considera muy importante, para que el alumno se enfrente a problemas de control de sistemas similares a los reales, en los que las funciones de transferencia y las ecuaciones son aproximaciones al comportamiento real del sistema.

Las dos características anteriores han sido las principales guías que han marcado el desarrollo de las herramientas software que se describen en el siguiente apartado. Adicionalmente se han conseguido unos objetivos secundarios, que serán desarrollados de forma más amplia en versiones posteriores. Estas características son:

- Evaluación automática de los resultados del sistema de control propuesto por el alumno. Este objetivo se ha conseguido mediante una herramienta software que realiza dos tareas diferenciadas. Por una parte se evalúan y ponderan las especificaciones

conseguidas con el sistema de control genérico propuesto por el profesor y particularizado para los parámetros del cada sistema físico concreto. Estos valores obtenidos se entregan al alumno como referencias de las especificaciones de control que deben conseguirse. Por otra parte la herramienta de Evaluación calcula los valores de los parámetros dinámicos y estáticos conseguidos en la estructura de control propuesta por el alumno, calculados sobre el sistema que se le entregó, y se emite un informe sobre el cumplimiento de especificaciones, así como una nota opcional en el sistema ECTS comparando los resultados con los obtenidos por otros alumnos.

- Auto-aprendizaje y auto-evaluación a través de internet. La estructura desarrollada de generación automática de problemas y evaluación de estructuras de control, permite que los alumnos se conecten de forma individualizada a distintos servicios ofrecidos por servidores de internet. En la versión actual los alumnos se conectan mediante un código de usuario a un directorio en el que tienen acceso a sus enunciados y sistemas físicos particularizados y en los que entregan las estructuras de control propuestas por ellos. En versiones posteriores, el alumno podrá generar en línea los problemas de control, teniendo una mayor flexibilidad a la hora de realizar problemas y marcarse su propio base de datos para el aprendizaje.

2 ESTRUCTURA DE FUNCIONAMIENTO

Las distintas herramientas software que cumplen cada uno de los objetivos descritos en el apartado anterior se han realizado en MATLAB 6.0 y están todas ellas englobadas dentro de una estructura única denominada CONSIS.

A las distintas herramientas o módulos software se accede mediante una interfaz amigable, que va guiando al profesor en los distintos pasos de generación de los problemas de control personalizados para los alumnos. Las distintas fases que debe seguir el profesor y que son guiadas y realizadas por los correspondientes módulos software son:

1. Realización de sistemas físicos en SIMULINK con parámetros definibles exteriormente. Esta primera fase es la única que se realiza de forma independiente a la utilización del sistema que se presenta en este artículo.

2. Introducción de los rangos de variación de los parámetros del sistema, junto con su función de distribución. Como resultado de esta fase, se genera un fichero .txt y otro .mat que contienen la información de los parámetros introducida por el profesor y que se asocian al modelo de SIMULINK anteriormente creado.
3. Personalización de los parámetros para cada alumno. En esta fase, el profesor elige los alumnos (uno, varios o todos) para los que desea generar un juego completo de valores de los parámetros, que se asociaran al modelo del sistema asignado a cada alumno concreto. Los ficheros generados en esta fase (.mdl, .txt y .mat) son almacenados en una estructura de directorios en la que cada alumno tiene asignado una carpeta.
4. Generación del modelo oculto. En esta fase se utiliza la herramienta RTW (Real Time Workshop) de MATLAB, que permite la creación de funciones con varias entradas y salidas, denominadas s-function, cuya estructura de funcionamiento interno queda oculta al usuario. Como resultado de esta fase se crean los ficheros del modelo oculto (.mdl), del código C (.c), de la librería (.dll) y el fichero de actualización (.mk), todos ellos almacenados dentro de la subcarpeta correspondiente a cada alumno.
5. Preparación de la entrega. En esta fase se copian los ficheros que cada alumno necesita para poder simular su propio sistema físico, desde su subcarpeta asociada creada en la fase anterior a una nueva carpeta en la que el alumno tiene acceso particularizado mediante código personal. Estos ficheros son el modelo oculto (.mdl) y el fichero .mk.

En este estadio, el alumno ya puede acceder a su modelo de sistema físico y a su enunciado de problema de control. Este enunciado también ha sido particularizado, mediante la introducción en el texto en formato word (.doc) de los valores aproximados de los parámetros que el profesor proporciona y que están almacenados en un fichero de tipo .txt.

Adicionalmente se pueden dar al alumno unos valores de las especificaciones que deben cumplir distintas variables del sistema. Para ello el profesor debe hacer uso de otro módulo del software desarrollado:

6. Cálculo de las especificaciones. En esta fase el profesor introduce un modelo SIMULINK con una estructura de control en el que sus parámetros de control dependen de los valores de los parámetros del sistema que se desea controlar. El

profesor indica qué variables deben cumplir las especificaciones de control, qué tipo de especificaciones deben cumplir dichas variables y qué importancia relativa tienen estos valores en el control del sistema. A continuación el módulo Evaluador simula el comportamiento conjunto del sistema de control y el sistema físico, calculando los valores concretos de las especificaciones, que son almacenados en un fichero .txt para entregarle al alumno.

En la figura 1 se representan los distintos módulos que se le entregan al alumno y de los que parte para la realización de su problema personalizado de control.

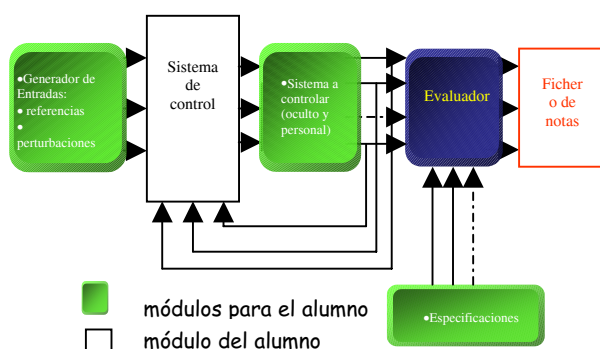


Figura 2: ficheros entregados al y por el alumno

Una vez que el alumno ha realizado su propuesta de sistema de control, ésta se entrega en la carpeta correspondiente asignada de forma individual a cada alumno. El profesor puede realizar la evaluación automática de un problema para uno o varios alumnos. Para ello utiliza el siguiente módulo software:

7. Evaluación de estructuras de control. En esta fase el profesor selecciona el o los problemas de control, así como los alumnos para los que quiere evaluar dichos problemas. A continuación el sistema simula el comportamiento de los sistemas de control propuesto por los alumnos, utilizando para ello los sistemas físicos particularizados que están almacenados y que se sabe que se han entregado de forma individualizada a cada uno de ellos. Este módulo calcula los valores de la dinámica y estática de las variables que intervienen en las especificaciones del sistema, comparando los resultados obtenidos con dichas especificaciones. Como resultado de esta fase se genera un fichero en el que se le indica al alumno las especificaciones que se han cumplido y las que deben ser mejoradas mediante una nueva estructura de control. De forma opcional también se puede calificar al alumno numéricamente, según la

calidad de la estructura de control propuesta, comparándola con los resultados obtenidos por otros alumnos.

En la figura 1 aparecen igualmente indicada la estructura de ficheros entregados por el profesor y por el alumno.

3 RESULTADOS OBTENIDOS

El sistema mencionado, denominado CONSYS, se encuentra desarrollado con las fases y prestaciones descritas en el apartado anterior. En este curso escolar 2001-02 se ha utilizado para la generación de una base de datos de ejercicios de control para los alumnos de la asignatura de Regulación Automática II, que incluyen problemas con varias técnicas del denominado Control Avanzado y de Control Multivariable. Un ejemplo del contenido de un fichero .mdl entregado a los alumnos puede verse en la figura 3.

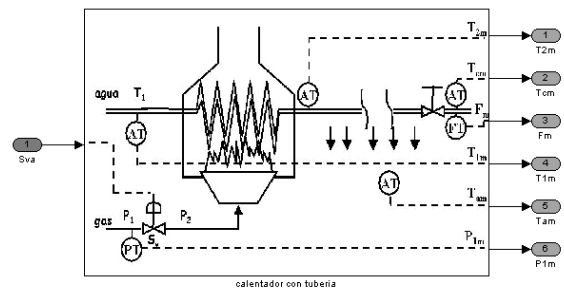


Figura 3: ejemplo de fichero de modelo de sistema entregado a los alumnos

En este curso escolar no se ha hecho uso de los módulos de generación de especificaciones, ni de evaluación automática, que esta previsto que puedan usarse en la mencionada asignatura en el próximo curso.

Como futuro desarrollo está previsto integrar todos los módulos software desarrollados en la herramienta de MATLAB para creación de páginas web Matlab Web Server, de manera que se puedan generar en línea problemas particularizados de control y se puedan igualmente evaluar los resultados en línea por parte del alumno. Con esta posibilidad se flexibilizará y particularizará el aprendizaje mediante realización de problemas según las necesidades de cada alumno.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a la Sociedad de Amigos de la Escuela de la E.T.S.I.I. de la U.P.M. el apoyo financiero dado para la realización del trabajo aquí presentado, así como a los gestores del Programa PAUTANET, en el marco del cual se ha desarrollado.

Referencias

- 1] Kuo, B., "Automatic control systems"
Prentice-Hall International Editions, Sexta Edición.
- 2] Ogata, K, "Problemas de Ingeniería de Control utilizando MATLAB", *Prentice-Hall International Editions*. Segunda Edición
- 3] Umez-Eronini, "Dinámica de Sistemas y Control", *Thomson Learning*.
- 4] University of Michigan "Control Tutorials for Matlab. Examples."