

Introducción a la Diagnóstico de Fallos basada en Modelos mediante Aprendizaje basado en Proyectos

Ramon Costa Castelló*, Vicenç Puig, Joaquim Blesa

Departament d'Enginyeria de Sistemes Automàtica i Informàtica Industrial (ESAI); Universitat Politècnica de Catalunya (UPC); Pau Gargallo, 5; 08028 Barcelona.

Resumen

La diagnosis de fallos basada en modelos es hoy en día un campo maduro dentro de la ingeniería de control que empieza a formar parte de los planes de estudios de grado y postgrado. Sin embargo, la falta de buenos materiales pedagógicos dificulta el proceso de enseñanza / aprendizaje. En este trabajo se muestra cómo una metodología de aprendizaje basada en proyectos se ha utilizado en las sesiones de laboratorio del curso de *Diagnosis y Control Tolerante a Fallos del Máster en Automática y Robótica* de la UPC utilizando un sistema real de tres depósitos. Los métodos de detección de fallos basados en observadores y la utilización de residuos estructurados para el aislamiento de fallos son introducidos a los estudiantes desde un punto de vista práctico, por medio de un conjunto de ejercicios que se proponen para alcanzar un conjunto de objetivos de aprendizaje.

Palabras Clave: Detección, Diagnóstico, Residuos, Fallo, Aprendizaje basado en Proyectos.

1. Introducción

La teoría de control es hoy en día una materia presente en la mayoría de planes de estudios de grado y máster en el ámbito de la ingeniería. Los estudiantes aprenden desde los conceptos básicos de modelado de sistemas dinámicos hasta los más recientes algoritmos de control avanzado. Sin embargo, la diagnosis de fallos en sistemas dinámicos, aunque es un campo maduro y activo en la comunidad científica, raramente se encuentra incluido en dichos planes de estudios. Con el aumento del nivel de automatización de procesos y sistemas industriales, el nivel de complejidad de las tareas de supervisión también se ha incrementado. En la mayoría de las plantas, esta tarea está siendo realizada por operadores humanos a través de los sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Los operadores deben reaccionar cuando alguna variable excede los niveles de seguridad establecidos tomando acciones correctivas apropiadas. Los sistemas de supervisión automáticos que incluyen mecanismos de diagnóstico de fallos podrían ser muy útiles en estas instalaciones complejas para ayudar a los operadores a tomar las medidas correctivas lo más adecuadas posibles. Sin embargo, todavía existe una brecha

entre el mundo científico y la industria que hace que el uso de los sistemas de diagnosis de fallos aún no se hayan extendido como se esperaba de acuerdo con el desarrollo conceptual llevado a cabo durante los últimos años. Esto se debe en parte a que los estudiantes de ingeniería no son conscientes de la existencia de metodologías para el desarrollo de sistemas de diagnosis de fallos.

Entre las diferentes metodologías de diagnosis de fallos, los métodos basados en modelos matemáticos son los que más se han desarrollado teóricamente y los que están más relacionados con los contenidos de las materias de teoría de control a las que están familiarizados los estudiantes. Por esta razón, la diagnosis de fallos basada en modelos matemáticos es el núcleo del curso *Diagnosis y Control Tolerante a Fallos* en el *Máster en Robótica y Automática* de la UPC.

La diagnosis de fallos en sistemas dinámicos mediante modelos se basa en comprobar la consistencia de los comportamientos observados (mediante las medidas de los sensores) con los estimados mediante modelos (*redundancia analítica*). Dicha consistencia se basa en el cálculo de la diferencia entre el valor predicho a partir del modelo y el valor real medido por los sensores. Esta diferencia, conocida como *residuo*, se compara con un valor umbral (cero en el caso ideal). Cuando el residuo es mayor que el umbral, se determina que hay un fallo en el sistema. De lo contrario, se considera que el sistema está funcionando correctamente. Una vez detectado un fallo, se proce-

* Autor en correspondencia

Correos electrónicos: ramon.costa@upc.edu (Ramon Costa Castelló), vicenc.puig@upc.edu (Vicenç Puig), joaquim.blexa@upc.edu (Joaquim Blesa)

de al aislamiento de dicho fallo para poder determinar cual de los posibles fallos que pueden afectar al sistema ha producido la inconsistencia observada. Aunque para detectar fallos sólo es necesario un residuo, para efectuar el aislamiento del fallo se requiere un conjunto (o un vector) de residuos (Gertler, 1998). Si un fallo es distinguible de otros fallos utilizando un conjunto de residuos, se dice que este fallo es aislable.

La diagnosis de fallos basada en modelos matemáticos comenzó con los trabajos pioneros de Clark (Clark et al., 1975) entre otros. Desde entonces, se ha desarrollado una gran cantidad de investigación en este área. Como resultado, hoy en día existen un conjunto de métodos que conforman la base de este campo y pueden ser considerados como los cimientos de los métodos más avanzados. Los métodos base de la detección de fallos se suelen clasificar en: basados en ecuaciones de paridad (Gertler, 1998), basados en observadores (Chen y Patton, 1999) y basados en estimación paramétrica (Isermann, 1993, 2006). Las relaciones entre todos estos métodos han sido establecidas por varios autores, ver por ejemplo Gertler (1998). Por otro lado, en la literatura, existen diferentes enfoques para el aislamiento de fallos basados en la construcción de conjuntos de residuos con las propiedades deseadas de aislabilidad de los fallos. Un enfoque se basa en el diseño de un vector de *residuos estructurados* (Gertler, 1998) de tal manera que cada residuo está diseñado para ser sensible a un subconjunto de fallos e insensible a los fallos restantes. El proceso de diseño del vector de residuos se divide en dos pasos: el primer paso consiste en especificar las relaciones de sensibilidad e insensibilidad entre los residuos y los fallos de acuerdo con el método de aislamiento utilizado, mientras que el segundo consiste en generar un conjunto de residuos estructurados según las relaciones de sensibilidad e insensibilidad especificadas. Una vez definido el conjunto de residuos estructurados, el problema de aislamiento se reduce a evaluar la consistencia de cada residuo por separado con su umbral asociado y aplicar una tabla de decisión que permite a partir de los residuos inconsistentes identificar cuáles son los fallos que pueden haber producido dichas inconsistencias. Una forma alternativa de lograr la aislabilidad de fallos es diseñar un vector de *residuos direccionales* (Gertler, 1998), de tal manera que cada fallo se manifiesta en una dirección fija específica en el espacio de los residuos.

Entre los métodos de detección de fallos existentes, para preparar las actividades de aprendizaje práctico en el laboratorio del curso de *Diagnóstico y Control Tolerante a Fallos* se eligió el enfoque basado en el uso de observadores. Esta elección se basó en que dicha técnica se consideraba la más idónea para introducir a los estudiantes en las metodologías de detección de fallos al estar ya en su mayoría familiarizados con los observadores en cursos previos de control. Por lo que respecta al aislamiento, se escogieron las técnicas basadas en residuos estructurados por ser las más ampliamente utilizadas en la literatura.

Por otro lado, se evaluaron diferentes metodologías didácticas posibles a utilizar para alcanzar los objetivos de aprendizaje propuestos. Después de algunas discusiones, los profesores del curso llegaron a la conclusión de que los estudiantes “aprenden

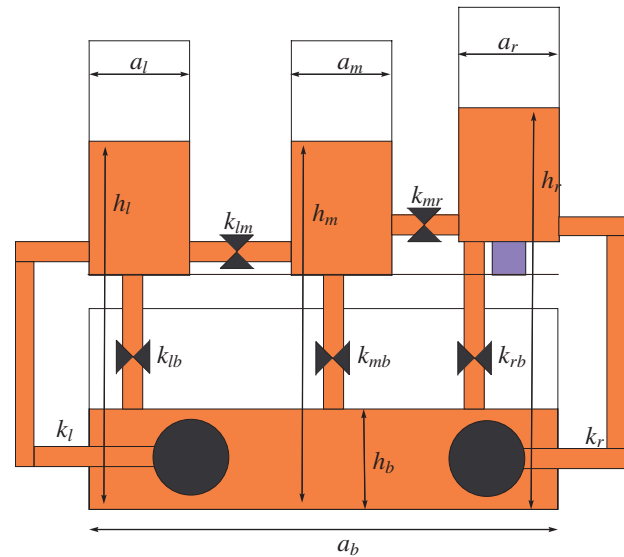


Figura 1: Esquema de la planta de 3 depósitos

haciendo” y que “los problemas del mundo real captan el interés de los alumnos, al mismo tiempo que ellos adquieren y aplican nuevos conocimientos para resolver estos problemas”. Este es el elemento clave en el que se basa la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) que ha demostrado ser eficaz en diferentes áreas de la enseñanza de la ingeniería (Kumar et al., 2013; Lamar et al., 2012; Kim, 2012). Siguiendo dicha metodología ABP se organizaron las actividades de laboratorio del curso de diagnosis de fallos. A lo largo de este artículo se mostrará como se organizaron las diferentes clases de laboratorio, los experimentos que los estudiantes deben realizar y los resultados que se deberían obtener.

Así pues, la principal contribución de este trabajo es mostrar cómo la metodología ABP se ha utilizado para organizar los laboratorios del curso de diagnosis de fallos utilizando una planta real basada en un sistema de tres depósitos. Por otra parte, aunque en el campo de la diagnosis de fallos existen varios libros que tratan la diagnosis basada en modelos y se pueden utilizar en el proceso de enseñanza/aprendizaje, hay una falta de materiales didácticos adecuados para el auto-aprendizaje de los alumnos. Este artículo trata de contribuir en la solución de dicha laguna mostrando el material que se ha desarrollado.

La estructura del artículo es la siguiente: En la Sección 2, se introduce el caso de estudio propuesto para utilizar en las actividades ABP. En la Sección 3, se resumen los conceptos de detección y aislamiento de fallos que se presentan a los estudiantes en la actividad ABP, así como los materiales de apoyo (libros y software). La Sección 4 resume los objetivos de aprendizaje que deben alcanzarse. A continuación, se presentan los ejercicios de aprendizaje en la Sección 5, y la forma de evaluar la asimilación de los objetivos de aprendizaje en la Sección 6. En la Sección 7 se resumen los resultados de la evaluación de los estudiantes. Por último, en la Sección 8, se presentan las conclusiones del trabajo.

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/1701752>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/1701752>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)