

LIBROS Y MONOGRAFÍAS

NOVEDADES

En este número presentamos la recensión de una monografía de la serie de textos sobre “Control Automático e Informática Industrial”, que publican en colaboración la editorial Pearson Education (Madrid) y el Comité español de Automática. La recensión ha sido realizada por Juan Gómez Ortega, de la Universidad de Jaén. Animamos de nuevo a los lectores a enviar resúmenes de novedades, tanto de libros como de tesis doctorales recientes, y a solicitar recensiones de libros que consideren de interés para el área a través de la dirección de correo electrónico: bordons@esi.us.es.

LIBRO

Control de Movimiento de Robots Manipuladores

Rafael Kelly y Víctor Santibáñez.

Editorial Pearson Education, Madrid, 2003. ISBN: 84-205-3831-0. 344 páginas.

El libro, incluido en la serie de textos sobre “Control Automático e Informática Industrial” que publican en colaboración la editorial y el Comité español de Automática, constituye una monografía, originalmente escrita en castellano, en la que se presentan, con una formulación rigurosa desde el punto de vista del control automático y con una estructura que en ocasiones puede recordar a la de un manual de referencia, las estrategias más relevantes para el control de los movimientos de robots manipuladores que se desplazan libremente en su espacio de trabajo llevando a cabo movimientos sin interactuar con su entorno.

Es habitual en los textos generales sobre robótica, y justificado por su enfoque generalista, presentar el tema del control de movimientos del robot de manera relativamente simplificada, haciendo uso de conceptos y herramientas de análisis de la teoría de control para sistemas lineales, lo que repercute en ocasiones en un tratamiento falto de rigor de alguno de los aspectos del control de robots. Por el contrario, algunos textos dedicados específicamente al estudio de esta parte de la robótica la abordan con un nivel de detalle elevado, y suelen estar destinados a lectores que ya poseen amplios conocimientos sobre el tema.

Este libro cubre una parcela que se ubicaría entre ambos extremos. Su enfoque está claramente orientado hacia el punto de vista de la teoría del control automático, tratando los aspectos del control de movimientos de los robots con suficiente rigor, y utilizando herramientas de análisis de la teoría de control no lineal para demostrar la estabilidad de los controladores propuestos. No encontraremos, por tanto, capítulos o apartados dedicados a temas generales sobre robótica, diferentes al del control de movimientos. Sin embargo, los grados de simplicidad, sistematización y claridad alcanzados en la exposición de las diferentes estrategias de control, así como el deseo declarado por los propios autores de ser un texto autocontenido, lo hacen especialmente adecuado como texto de referencia para cursos de grado o de postgrado sobre control de movimientos de robots manipuladores. No en vano, el texto se ha gestado a partir de las notas compiladas por los autores para los cursos que han impartido en diferentes universidades y centros de investigación iberoamericanos.

En cualquier caso conviene advertir que se requieren del lector conocimientos previos sobre álgebra lineal y sobre control automático, tanto en su formulación clásica como en la basada en el espacio de estados.

Los contenidos del libro se estructuran en once capítulos, agrupados en tres partes, iniciándose cada una de ellas con una breve introducción. Además, como complemento, se incluyen cuatro apéndices al final del texto.

Cada capítulo aporta una amplia lista de referencias bibliográficas, clasificadas en función del concepto o tema que puede ser consultado en cada una de ellas. Además, y apoyando el carácter de texto base para la docencia, los autores han cuidado de forma especial la ilustración de los aspectos tratados en cada capítulo incorporando un número importante de ejemplos resueltos, así como una lista de problemas propuestos al final del mismo.

La parte I, que comprende los cuatro primeros capítulos, tiene su justificación en el ya mencionado deseo de los autores de presentar un texto autocontenido, y está dedicada a revisar algunos preliminares matemáticos y sobre el modelado dinámico de robots necesarios para seguir con comodidad el resto del texto.

El inicio de esta primera parte se reserva para una extraordinariamente breve introducción a la robótica. La corta extensión dedicada a la misma, escasamente una página y media, es el primer indicio de la intención de los autores de centrarse de manera exclusiva en aspectos específicos del control de movimientos de robots manipuladores. Se incluyen sin embargo las referencias a los textos más clásicos sobre robótica general, así como una lista de las revistas más relevantes publicadas sobre la disciplina.

En el Capítulo 1, y tras establecer la definición de robot manipulador, se hace una descripción concisa de la metodología a seguir para el diseño de un sistema de control de un robot manipulador. Se introducen aquí los conceptos de control de posición y control de movimientos en coordenadas articulares, asociados respectivamente a los objetivos de control de regulación y de seguimiento de trayectoria. Los diferentes controladores presentados a lo largo del texto se distribuyen de acuerdo con esta clasificación.

El Capítulo 2 se dedica a revisar, por un lado, algunos conceptos básicos sobre álgebra lineal y, por otro, los fundamentos de la teoría de estabilidad de Lyapunov, que será esencial en el desarrollo del resto de los capítulos del libro como herramienta común para el análisis de estabilidad de los controladores descritos.

En el Capítulo 3 se discute el problema del modelado dinámico de un manipulador utilizando para ello la formulación de Lagrange, aunque al final del capítulo se introduce fugazmente la formulación hamiltoniana de las ecuaciones del movimiento del robot. Es destacable el hecho de que más de la mitad de su extensión se dedica a desarrollar en detalle ejemplos ilustrativos.

El Capítulo 4 es complementario del anterior, y en él se enumeran las propiedades fundamentales de los diferentes términos y componentes de la ecuación que representa el modelo dinámico del robot. En particular, se incluyen las de la linealidad en los parámetros dinámicos, matriz de inercia, matriz centrífuga y de Coriolis, vector de gravedad y dinámica residual. En general, no se proporcionan las demostraciones, aunque los comentarios a las referencias incluidas al final del capítulo, junto con uno de los apéndices del texto dedicado a este tema, facilitan al lector interesado la consulta de los detalles de las mismas.

A partir de aquí, las partes II y III del texto se destinan a presentar, de manera sistematizada, los controladores más representativos para el control de posición (parte II) y de movimientos (parte III) de un robot manipulador en el espacio articular. La estructura de cada uno de los siete capítulos restantes, dedicados cada uno de ellos al estudio de uno o dos controladores, es básicamente la misma: presentación de la ley de control (ilustrada en cada caso con un diagrama de bloques del sistema), obtención de la ecuación dinámica en bucle cerrado del robot, normalización de esta ecuación para formularla como un sistema autónomo, estudio de la existencia y posible unicidad de puntos de equilibrio de esta ecuación y propuesta de una función candidata de Lyapunov para el estudio de estabilidad de algunos equilibrios de interés. Cada capítulo finaliza con un apartado dedicado a las conclusiones del mismo.

Las estrategias de control incluidas en el grupo de controladores de posición son las siguientes: control proporcional con realimentación de velocidad y control PD (Capítulo 5), control PD con compensación de gravedad (Capítulo 6), control PD con compensación precalculada de gravedad (Capítulo 7) y control PID (Capítulo 8). Por su parte, el grupo de controladores de movimiento incluye el control por precompensación y control PD con precompensación (Capítulo 9), control PD+ y control PD con compensación (Capítulo 10), y control por par calculado y control por par calculado+ (Capítulo 11).

Finalmente, se incluyen cuatro apéndices complementarios, dedicados respectivamente a tratar el modelado de motores de corriente continua, el modelado cinemático (directo e inverso) y dinámico de un robot sencillo de dos grados de libertad, algunas demostraciones de las propiedades del modelo dinámico expuestas en el capítulo 4 y, por último, las condiciones suficientes para garantizar que una función sea definida positiva, tanto en forma local como global.

En resumen, nos encontramos con un excelente libro en el que los autores han conseguido un equilibrio, en ocasiones difícil, entre el rigor científico en el análisis y la claridad y simplicidad en la exposición, lo que, junto con el especial cuidado puesto en los aspectos didácticos del mismo, lo hacen especialmente recomendable como texto de referencia para la docencia.