
Introducción

Introducción.....	6
Funciones MATLAB.....	7
Empleo de Simulink.....	8
Interfase gráfica.....	9
Software necesario.....	9
Estructura del texto.....	10
Conclusiones.....	10
Referencias.....	11

Introducción

La robótica es un área en la que confluyen distintas tecnologías. Por tanto, no extraña que en diseño de robots se hayan aplicado herramientas informáticas de características muy diferentes. Así, existen diversos programas tales como DADS [7] o ADAMS [1], ampliamente utilizados en ingeniería mecánica, que permiten el análisis y diseño cinemático y dinámico de mecanismos articulados que encuentran aplicación en robótica.

Por otra parte, se cuenta con diversos programas en los cuales el énfasis se pone en las interfases gráficas consiguiéndose simulaciones realistas en tres dimensiones del robot y su entorno.

Por lo que respecta a los sistemas de control hay que mencionar el empleo de paquetes específicos de análisis y diseño de sistemas realimentados de control que permiten el diseño de controladores y ajuste de sus parámetros. En este campo se han empleado también diversas herramientas basadas en MATLAB y en Simulink. Existen numerosas herramientas basadas en MATLAB que permiten la aplicación de la teoría de control, obteniendo leyes de control basadas en el conocimiento de las ecuaciones diferenciales o en diferencias que modelan el proceso que se pretende controlar. Asimismo, Simulink se emplea de forma generalizada para la simulación del comportamiento dinámico de los sistemas de control en bucle cerrado, permitiendo de forma muy cómoda estudiar el efecto de las variaciones de los parámetros del sistema y del controlador.

Algunos de los programas mencionados son de coste relativamente elevado y requieren un tiempo significativo para familiarizarse con su uso, características que dificultan su empleo en diversos cursos de robótica.

En este documento se presenta una herramienta MATLAB-Simulink que permite resolver los problemas más usuales en robótica. La herramienta se denomina HEMERO (Herramienta Matlab-simulink para el Estudio de manipuladores y RObots móviles).

Su característica más significativa es que permite integrar análisis cinemático, dinámico, diseño de sistemas de control de robots y simulación, pudiendo aplicarse tanto a robots manipuladores como móviles. Asimismo se han previsto interfases con programas de representación gráfica en 3D que facilitan la visualización del robot. La herramienta es de bajo coste, distribuyéndose gratuitamente con el libro “Robótica. Manipuladores y robots móviles”. En Maza y Ollero [9] se presenta una primera versión de la herramienta.

En la próxima sección se introducen las funciones MATLAB que componen la herramienta. En la siguiente se introducen las implantaciones Simulink. A continuación se trata brevemente la representación gráfica, para luego indicar el software necesario para la utilización de la herramienta y

describir la organización de este texto. Finalmente, se presentan las conclusiones y las referencias.

Todas las funciones MATLAB y bloques Simulink que componen actualmente la herramienta están incluidas en el CD-ROM que se distribuye con el libro Ollero [10].

Funciones MATLAB

El interés de MATLAB para el tratamiento matricial de los problemas involucrados en la cinemática y dinámica de los robots es evidente y ha sido puesto de manifiesto por numerosos autores. MATLAB permite una escritura casi directa y de fácil comprensión de las expresiones matriciales involucradas en los modelos cinemáticos y dinámicos de los robots. La herramienta MATLAB más conocida en robótica es posiblemente la de Corke [4]. Sin embargo, el interés práctico de esta herramienta se encuadra fundamentalmente en el análisis cinemático y dinámico de los manipuladores robóticos, presentando diversos inconvenientes para su uso generalizado en el control, ya que solo puede utilizarse directamente la técnica del par computado, necesitándose un cierto esfuerzo de los usuarios para la programación de otras estrategias de control más complejas, así como para la simulación dinámica de los manipuladores con el sistema de control. Asimismo, en esta herramienta, tampoco se consideran robots móviles.

HEMERO dispone de un conjunto de funciones MATLAB para la definición de robots manipuladores y para la visualización de esquemas simplificados del manipulador y los sistemas de referencia involucrados. Las posiciones y orientaciones se definen utilizando vectores de posición y matrices de transformación. Es posible también emplear los ángulos de Euler para definir la orientación.

En los modelos cinemáticos y dinámicos se emplea como notación básica la de Craig [6]. Desde el punto de vista de la cinemática, el manipulador se caracteriza por su matriz de parámetros de Denavit-Hartenberg [8]. Una vez definido el manipulador existen funciones que permiten obtener su modelo cinemático directo expresado simbólicamente. El usuario puede crear funciones MATLAB para implantar las ecuaciones simbólicas del modelo cinemático inverso de un determinado manipulador. Alternativamente, existe también una función para resolver numéricamente el modelo cinemático inverso. La herramienta incluye también diferentes funciones para obtener la matriz Jacobiana del manipulador.

HEMERO dispone de funciones para la definición del modelo dinámico del manipulador conociendo los mencionados parámetros de Denavit-Hartenberg y ciertos parámetros dinámicos, permitiendo obtener todos los términos del modelo dinámico. Existen funciones que aplican el método de

Newton-Euler iterativo, así como otras integran dicho modelo dinámico empleando funciones de integración numérica de MATLAB.

Por último, cabe mencionar que existen diversas funciones para la implantación de métodos alternativos de generación de trayectorias incluyendo polinomios cúbicos, quinticos y trayectorias lineales con enlaces parabólicos.

Empleo de Simulink

HEMERO emplea Simulink para resolver diversos problemas relacionados con el modelo cinemático (para robots móviles) y dinámico (para manipuladores), así como para el diseño del sistema de control.

Así, alternativamente a la utilización de la función MATLAB para la integración del modelo dinámico de un robot manipulador, es posible también el empleo de diagramas de bloques Simulink, empleando para ello bloques específicos que permiten implantar los diferentes términos del modelo dinámico, para los cuales se han previsto cuadros de diálogo que permiten introducir los parámetros de un determinado robot.

La cinemática de los robots móviles se estudia fundamentalmente empleando diagramas Simulink. Para ello se han definido bloques específicos de modelos directos e inversos para diversas configuraciones del sistema de locomoción.

Simulink es también fundamental para el análisis y diseño de sistemas de control. En este punto conviene mencionar que existen ya librerías de Simulink que permiten simular estrategias de control de robots manipuladores, tales como la que se presenta en Valera [13]. Esta herramienta tiene interés para la simulación de una determinada estrategia de control de la que se dispone de su expresión simbólica para un determinado manipulador. En HEMERO se ha adoptado un punto de vista más general, facilitándose el estudio de determinadas leyes de control para cualquier manipulador, sin que sea necesario el cálculo previo de las matrices de la dinámica y de otras matrices involucradas en dichas estrategias.

Se han desarrollado bloques que facilitan la aplicación de diversos métodos de control de manipuladores incluyendo diversas versiones de estrategias de control mediante par computado, control adaptativo (Slotine, [12]) y control mediante aprendizaje (Craig, [5]).

Con respecto a los robots móviles, se han previsto también bloques y esquemas que hacen muy fácil la implantación de diversos métodos de control. Entre estos cabe mencionar el simple, pero muy utilizado, de la persecución pura, así como los basados en la teoría de control con leyes de

realimentación del vector de estado lineales y no lineales para el seguimiento de caminos y el seguimiento de trayectorias (Canudas, [3]).

Interfase gráfica

Como se ha mencionado anteriormente, existen funciones MATLAB que permiten la representación gráfica simplificada de los robots y los sistemas de referencia. Si se desea una visualización de mayor realismo puede acudir a programas especializados. En particular, puede utilizarse el programa RoboWorks [11] que facilita el diseño gráfico en 3D y la visualización de los movimientos resultantes. En la Figura 1.1 se muestran representaciones gráficas de un robot plano con tres articulaciones de rotación y de un robot con dos articulaciones de rotación y una de traslación, correspondientes a los ejemplos 4.1 y 4.2 del Capítulo 4 del libro (Ollero [10]).

Los ficheros con las trayectorias generadas con MATLAB y Simulink mediante HEMERO son adquiridos por RoboWorks para generar las animaciones correspondientes a las trayectorias.

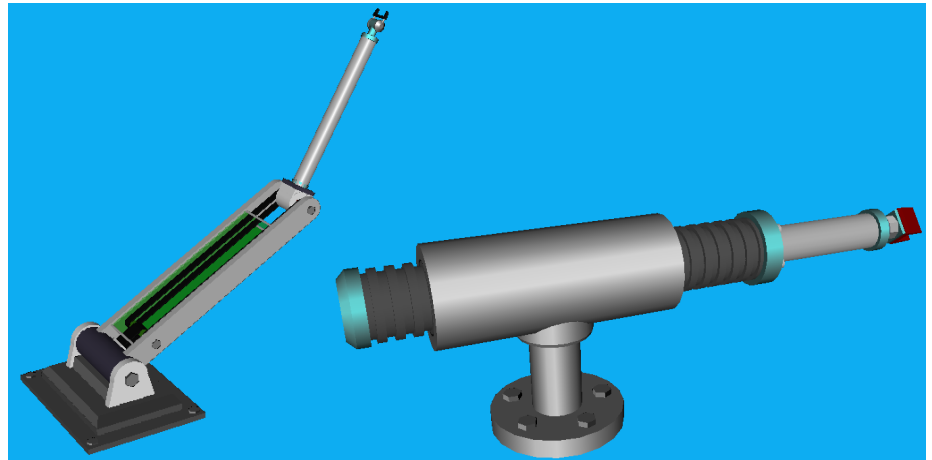


Figura 1.1: Representaciones tridimensionales en RoboWorks.

Software necesario

Para poder ejecutar la herramienta es necesario disponer de MATLAB 5.2, o versiones posteriores, y Simulink.

Asimismo, si se desea realizar representaciones gráficas realistas, con modelos tales como los que se ilustran en la Figura 1.1, es posible emplear

RoboWorks 2.0 u otro programa gráfico que pueda leer los ficheros generados por MATLAB o Simulink.

Se ha previsto un sitio de Internet (<http://www.esi.us.es/hetero>) en el cual se facilitarán versiones actualizadas de la herramienta. Este sitio Web puede utilizarse también para la ejecución de un cierto número de funciones de la herramienta, fundamentalmente las relacionadas con los ejemplos del texto (Ollero [10]). Esta forma de ejecución no requiere disponer del software mencionado en los párrafos precedentes.

Estructura del texto

Este texto está compuesto por ocho capítulos en los cuales, tras una breve introducción, se presenta cada una de las funciones actualmente incluidas. En cada función se indica su propósito, sintaxis, breve descripción, algoritmo empleado, otras funciones relacionadas, y referencias a ejemplos y textos que tratan con detalle los conceptos involucrados.

En el segundo capítulo se trata la representación de la posición y la orientación presentándose las funciones MATLAB para su definición y representación gráfica. El tercero se dedica al modelo cinemático y el cuarto al modelo dinámico. En ambos se incluyen tanto funciones MATLAB como bloques Simulink.

En el Capítulo 5 se estudian las funciones y bloques necesarios para el análisis y diseño de sistemas de control. En Capítulo 6 se abordan diversos esquemas para el control de robots móviles, mientras que en el séptimo capítulo se trata la generación de trayectorias. Finalmente, en el Capítulo 8 se presentan algunas conclusiones y futuras líneas de desarrollo.

Conclusiones

En este capítulo se ha introducido el texto en el que se enumeran y describen brevemente todas las funciones MATLAB y bloques Simulink que componen la herramienta HEMERO. Se han mencionado los temas cubiertos por la herramienta y se ha tratado el software necesario para su implantación.

La herramienta permite simular todos los ejemplos incluidos en el libro de Ollero [10]. Asimismo, el lector puede crear sus propios ejemplos y aplicarles diferentes métodos de control añadiéndole las funciones oportunas.

Se ha previsto un sitio Web para la actualización futura de la herramienta y para la ejecución de algunas de sus funciones sin ningún requerimiento de software.

Referencias

- [1] ADAMS software. <http://www.adams.com/>
- [2] Barsky B.A., *Computer graphics and geometric modelling using β -Splines*, Springer, 1988.
- [3] Canudas de Wit C., B. Siciliano, y G. Bastin, *Theory of Robot Control*, Springer, 1997.
- [4] Corke, P.I., *A Robotics Toolbox for MATLAB*, IEEE Robotics and Automation Magazine, vol. 3, no. 1, pp 24-32, 1996.
- [5] Craig, J.J., *Adaptive control of mechanical manipulators*, Addison Wesley, 1988.
- [6] Craig, J.J., *Introduction to robotics*, Addison Wesley, Segunda edición, 1989.
- [7] *DADS User's Manual*, Computer Aided Design Software Inc. (CATSI), P.O. Box 203, Oakdale, Iowa, 52319.
- [8] Hartenberg, R.S. y J. Denavit, *A kinematic notation for lower pair mechanisms based on matrices*, Journal of Applied Mechanics, vol. 77, pp. 215-221, 1955.
- [9] Maza J.I. y A. Ollero, *Herramienta MATLAB-Simulink para la simulación y el control de robots manipuladores y móviles*, Actas de las XXI Jornadas de Automática, Sevilla, 2000.
- [10] Ollero A., *Robótica. Manipuladores y robots móviles*, Marcombo-Boixareu editores, 2001.
- [11] RoboWorks (2001). <http://www.newtonium.com/>
- [12] Slotine J., y Li, W., *Adaptive manipulator control: a case study*, IEEE Trans. on Automatic Control, Vol. 33, pp 995-1003, 1988.
- [13] Valera, A., Tornero, J., y Salt, J.J., *Desarrollo de una Librería de Control de Robots para MATLAB/Simulink*, Actas de las XX Jornadas de Automática, Salamanca, pp 131-136, 1999.

