

---

## Conclusiones y Desarrollos Futuros

---

El estudio de la robótica requiere utilizar herramientas informáticas que permitan resolver problemas de una cierta complejidad computacional, evitando la laboriosa realización manual de cálculos necesarios para obtener y aplicar los modelos cinemáticos y dinámicos, leyes de control, etc.

Se requiere también efectuar simulaciones cinemáticas y dinámicas que permitan observar el comportamiento del robot ante cambios en los parámetros del modelo o del control, existencia de perturbaciones no modeladas, etc.

MATLAB-Simulink son herramientas básicas en Ingeniería, ampliamente conocidas por los estudiantes y profesionales, que se adaptan muy bien para resolver problemas tales como los mencionados en los párrafos precedentes. En efecto, MATLAB es muy apropiado cuando se involucran cálculos matriciales, tales como los correspondientes a las transformaciones entre sistemas de referencia, tratamiento de los modelos cinemáticos y dinámicos de los robots manipuladores y móviles, y obtención de leyes de control de múltiples articulaciones.

Asimismo, Simulink es ideal para realizar simulaciones de los robots manipuladores y móviles, análisis de los modelos y ajuste del sistema de control.

La herramienta informática HEMERO dispone de un conjunto de funciones MATLAB y bloques Simulink diseñados para facilitar los problemas más comunes involucrados en el modelado de robots y diseño de leyes de control, incluyendo tanto robots manipuladores como móviles.

Empleando las funciones MATLAB del Capítulo 2 es posible realizar las operaciones necesarias para la representación de la posición y la orientación, incluyendo funciones para la realización de transformaciones elementales, transformaciones de articulaciones, y operaciones con

transformaciones. Es posible también visualizar de forma simple los sistemas de referencia asociados a las articulaciones.

Las funciones MATLAB del Capítulo 3 permiten la definición de modelos cinemáticos directo e inverso de los robots manipuladores. Para el tratamiento de los modelos de los robots móviles se ha preferido Simulink.

Los bloques Simulink que se describen en el Capítulo 4 permiten obtener los diferentes términos del modelo dinámico de un robot manipulador y realizar simulaciones que son interesantes para estudiar el efecto de dichos términos y de sus parámetros.

Las funciones y estructuras Simulink del Capítulo 5 permiten el estudio de distintos métodos de control de articulaciones de robots manipuladores. Se incluye el método del par computado, permitiendo estudiar el efecto de considerar en la ley de control solo algunos de los términos del modelo dinámico, así como las variaciones entre los parámetros estimados y los reales del robot. Asimismo, se han implantado métodos de control adaptativo y control con aprendizaje, de mayor complejidad computacional, pero que bajo ciertas hipótesis permiten contemplar variaciones de parámetros y efectos no incluidos en el modelo.

Asimismo, los bloques y estructuras Simulink del Capítulo 6 hacen posible el estudio de diversas estrategias de control de robots móviles incluyendo métodos geométricos simples, tales como el de persecución pura, y leyes de control, basadas en la teoría de control, para el seguimiento de caminos y seguimiento de trayectorias previamente definidas.

Por último, las funciones MATLAB del Capítulo 7 son de utilidad para la generación de caminos con propiedades de continuidad. Estas funciones pueden aplicarse tanto en el espacio cartesiano como en el espacio de configuraciones.

Los fundamentos necesarios para la comprensión de las funciones MATLAB y bloques y esquemas Simulink se encuentran en el libro “Robótica: manipuladores y robots móviles” (Ollero, 2001). Todos los ejemplos de este libro pueden ejecutarse con la herramienta HEMERO.

Se prevé que la herramienta pueda ser completada y actualizada en un futuro próximo. Para ello se contemplan las siguientes líneas de desarrollo futuro:

- Técnicas más potentes de resolución numérica del modelo inverso de robots manipuladores, resolviendo las dificultades numéricas que se presentan en la actualidad en muchas configuraciones.
- Nuevas configuraciones de sistemas de locomoción y modelos de robots móviles, incluyendo la consideración de vehículos articulados.
- Modelos dinámicos de robots móviles y vehículos autónomos de interés para navegación a alta velocidad y por terrenos no uniformes.

- 
- Nuevos métodos de control de articulaciones de robots manipuladores.
  - Métodos de seguimiento de caminos y trayectorias en robots manipuladores y robots móviles, tales como el método del seguimiento predictivo.
  - Nuevos métodos eficientes de generación de trayectorias con propiedades de continuidad en las derivadas tales como  $\beta$ -splines, B-splines, curvas de Bezier o curvas clotoideas.
  - Simulación del sistema de control integrando los métodos de generación de trayectorias y control de articulaciones.
  - Implantación de métodos de control reactivo incorporando bloques Simulink que simulen los sensores involucrados.
  - Implantación de métodos de planificación de caminos, tanto para robots manipuladores como móviles.
  - Incorporación de un lenguaje de programación de robots definiendo las interfases apropiadas con la simulación y visualización.

En la actualidad se trabaja en la mayor parte de las líneas mencionadas, por lo cual cabe pensar en su incorporación a la herramienta en un futuro próximo.

Por último, cabe señalar la integración de HEMERO en el sitio Web que se ha previsto al efecto, empleando para ello la herramienta HETERO que actualmente está siendo desarrollada.

