

RobotÉpsilon: robot de transmisión directa

Fernando Reyes-Cortes^{1*}, Jaime Cid-Monjaraz^{1§}

¹Facultad de Ciencias de la Electrónica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. *freyes@ece.buap.mx, §
jcid@ece.buap.mx

Los robots manipuladores como objetos de estudio en control automático, ofrecen un amplio espectro en la formulación de problemas teóricos y prácticos, debido a la naturaleza no lineal, multivariable y fuertemente acoplada de su comportamiento dinámico. A través de la teoría de control automático, se han generado contribuciones teóricas y mejoras prácticas en control óptimo, adaptable, control de trayectorias o de movimiento, control de posición o regulación, esquemas de identificación paramétrica, control cartesiano (fuerza, impedancia, teleoperación y visual servoing), planificación de trayectorias, entre otros tópicos más. Estas líneas de generación y aplicación del conocimiento tienen el potencial de llevar a la práctica una gama amplia de aplicaciones industriales, comerciales, científicas; particularmente en las áreas de la salud, la robótica ha sido clave y estratégica para ayudar a mejorar la calidad de vida de las personas.

Sin embargo, desde el punto de vista experimental existe hoy en día una enorme carencia de infraestructura en materia de robótica en la mayoría de las Instituciones de Educación Superior (IES) de México; este problema se vuelve cada vez más agudo debido a la enorme demanda de alumnos que ingresan a las carreras de ingeniería relacionadas con la automatización como lo son mecatrónica, robótica, informática, mecánica, electrónica, eléctrica, sistemas, computación, etc.

El Laboratorio de Robótica de la Facultad de Ciencias de la Electrónica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla ha logrado el desarrollo de una plataforma robótica denominada RobotÉpsilon, la cual está compuesta por un robot de transmisión directa de 3 grados de libertad con movimiento tridimensional, cuyo espacio de trabajo corresponde a una esfera de radio de 1 metro; cuenta con una computadora e interface electrónica para envío/recepción de comandos bajo el entorno de programación en MATLAB y Arduino.

La tecnología de transmisión directa (direct-drive) representa una excelente opción para desarrollar sistemas mecatrónicos y robóticos de alto desempeño, velocidad, exactitud y funcionalidad. Esta nueva tecnología de la ingeniería mecatrónica tiene ventajas sustanciales sobre los sistemas que emplean servomotores adaptados con sistemas de engranaje (tecnología convencional).

El concepto de transmisión directa, consiste en un motor eléctrico que proporciona alto par (en bajas

velocidades o inclusive estático), peso ligero, tamaño compacto donde el rotor del motor funciona como una fuente de par. Los eslabones o barras metálicas se acoplan directamente al rotor, por lo que el sistema de engranes tradicional se elimina por completo, desapareciendo el cascabeleo o falta de movimiento y reduce significativamente el fenómeno de fricción, comparado con los robots convencionales; la construcción mecánica es más simple y la exactitud en el posicionamiento de robots manipuladores es mejorada.

En el servomotor de transmisión directa, la flecha del rotor ha desaparecido y no se requiere el sistema de engranes para disminuir la velocidad de giro y amplificar el par; proporciona una plataforma mecánica estable debido a que la carga (eslabones) se conecta directamente al rotor y el fenómeno disipativo disminuye notablemente, es decir no hay pérdida de la energía como sucede en otro tipo de servomotores.

El diseño de sistemas mecatrónicos a través de servomotores de transmisión directa representa enormes ventajas para realizar investigación científica en mecatrónica; esta tecnología ha estado ganando terreno en la industria (direct-drive robot manipulator), puertas automáticas (direct-drive garage door opener) y en aparatos electrodomésticos, tal es el caso de la compañía LG que ha desarrollado una lavadora con motores de transmisión directa (direct-drive washing machine) con un número alto de funciones y prestaciones, el servomotor está fijo al tambor y se mueve sin poleas, siendo más resistentes, no contamina, sin ruidos, ni vibraciones mecánicas. El desempeño de este tipo de sistemas es muy superior con respecto a los sistemas tradicionales con motores eléctricos acoplados con engranes o bandas de poleas dentadas.

En la plataforma robótica RobotÉpsilon, cada articulación del robot manipulador puede tener velocidades rotacionales de 720°/seg, mientras que el extremo final puede alcanzar velocidades lineales de 3000 mm/seg y desplazar cargas de 3 Kg. Los eslabones y base del robot se encuentran fabricados de aluminio aerodinámico 6061, el peso total del robot es de 150 Kg, esto incluye la masa de los servomotores, eslabones y base.

Con múltiples aplicaciones en el área industrial, comercial, científicas, fisioterapia y robótica asistida a personas con problemas de movilidad motora. Tiene la capacidad de poderse programar en modo autoaprendizaje, de tal forma que por medio de guiado

pasivo el robot puede reproducir fielmente todas las secuencia enseñadas. Esto permite ser programado por personal sin conocimiento de robótica mediante la imitación de movimientos. La plataforma robótica tiene gran cantidad de aplicaciones ya desarrolladas. El brazo robótico ha sido empleado para realizar actividades como el traslado y pintado de objetos, estibado de cajas, rehabilitación en rutinas de fisioterapia, tele-operación y asistencia robotizada a personas discapacitadas.

Para propósitos de investigación y docencia, esta plataforma robótica cuenta con modelado matemático que describe su comportamiento dinámico no lineal derivado de la mecánica analítica a través de las ecuaciones de Euler-Lagrange y también se proporcionan los valores numéricos de los parámetros que describen el modelo dinámico, así como un manual de prácticas con algoritmos de control tradicionales y nuevas estrategias de control.

La plataforma robótica tiene varias ventajas comerciales aplicadas directamente en una línea de producción:

- Alto desempeño.
- Puede trabajar en forma ininterrumpida las 24 horas de todos los días del año.
- Cuenta con detección de fallas y auto-ajuste de funciones.
- No requiere mantenimiento periódico.
- La programación es muy simple y sencilla, la persona que programa al robot no requiere tener conocimientos de robótica.
- Tiene un número grande de algoritmos de control robustos y de alto desempeño.
- Bajo costo de producción.
- Multifuncionalidad al realizar actividades específicas:
 - Pintar.
 - Trasladar objetos.
 - Estivar.
 - Clasificación.
 - Soldado.
 - Armado.
- Cuenta con un sistema de compensación de gravedad y arquitectura abierta, esto lo hace sumamente ligero al momento de programarse manualmente.
- El robot tiene dos modos de operación: auto aprendizaje y modo automático.
- Puede acondicionarse sensores de video y voz para reconocimiento de comandos visuales o de audio.
- Puede almacenar un número grande de rutinas y quedar guardadas en su sistema electrónico

para ser ejecutadas cuando se requieran.

- No ocupa un lugar voluminoso, es fácil de transportar, ligero y sencillo.
- La fuente de alimentación requiere línea normal.
- Es silencioso.
- Copia la trayectoria, fuerza y posición específica al momento de ser programado.
- No contiene engranes ni cadenas en su interior para poder funcionar, así mismo evita la fricción, el calentamiento y el desgaste ahorrando costos de mantenimiento.

Esta plataforma Robótica tiene las siguientes Solicitudes de Patente ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial:

- MX/a/2012/001492: Plataforma Robótica.
- MX/E/2015/053144: Sistema de Control de movimiento para un Robot de Transmisión Directa mediante retroalimentación Visual.
- MX/E/2015/053086: Sistema para Automatización de Banda Transportadora con retroalimentación visual.

The Internacional Patent System WIPO con el número:

- PCT/IB2015/054096: Motion Control System for a Direct Drive Robot Through Visual Servoing.
- PCT/IB2015/054109: System for Conveyor belt Automation with Visual Servoing.

La plataforma Robótica RobotÉpsilon se ha probado con éxito en sistemas con bandas transportadoras automatizadas con diversos sensores ópticos, y accesorios que le permite atender líneas de producción a bajo costo. Por lo que la plataforma es libre de mantenimiento, de fácil programación, silenciosa y puede ser conectada a líneas de corriente caseras de 120 VAC. Es importante destacar que esta plataforma robótica se desarrolló con la finalidad de acercar a las PYMES a soluciones de automatización accesibles.

Referencias

- Reyes-Cortés, F. "Robótica: Control de Robots Manipuladores", Editorial Alfaomega, 2011.
- Fernando Reyes, Jaime Cid y Emilio Vargas. "Mecatrónica: Control y Automatización", Editoriales Alfaomega y Marcombo, 2013.
- Fernando Reyes Cortés. "MATLAB: Aplicado a Robótica y Mecatrónica", Editorial Alfaomega, 2013.
- Fernando Reyes y Jaime Cid. "Arduino: Aplicaciones en Robótica, Mecatrónica e Ingenierías", Editoriales Alfaomega y Marcombo 2015.