

DESARROLLO Y CONTROL DE UN EXOESQUELETO PARA ASISTENCIA EN TAREAS DE MANIPULACIÓN

Dr. Marco O. Mendoza Gutiérrez, Dra. Isela Bonilla Gutiérrez

MOTIVACIÓN.

En los últimos años se han diseñado diversos sistemas robóticos del tipo exoesqueleto, tanto para extremidades superiores como inferiores, principalmente para lograr el aumento de capacidades físicas del ser humano o ser usados en terapias de rehabilitación y en la asistencia de personas con discapacidad motriz en las actividades de su vida cotidiana [1]-[7]. Un reto clave, para este tipo de tecnología, es desarrollar sistemas robóticos portátiles que sean accesibles y permitan mejorar la calidad de vida de las personas con alguna discapacidad.

Los exoesqueletos son sistemas electro-mecánicos acoplados a las extremidades del cuerpo humano y diseñados de tal manera que favorezcan el incremento de su fuerza, velocidad o rendimiento en general. Sus principales campos de aplicación son el militar, industrial y médico, en particular su uso en la rehabilitación de extremidades se ha incrementado en los últimos años [8]. Debido a sus inherentes necesidades tanto motoras como sensoriales, la tecnología de exoesqueletos de mano para rehabilitación y asistencia no ha progresado tan rápidamente como los robots exoesqueleto para miembros inferiores y superiores que se han vuelto populares en la última década. Estos requerimientos han inspirado diversos desarrollos para manos robóticas en términos de sus grados de libertad, peso, tamaño y capacidades de manipulación. Al mismo tiempo, la potenciación de las funciones de las manos utilizando exoesqueletos, para aquellos que han perdido o debilitado sus capacidades debido a enfermedades neuromusculares o envejecimiento, se ha convertido en un tema importante, ya que la funcionalidad de las manos es un factor dominante en una vida independiente y saludable [7].

Por lo tanto, la problemática central de esta propuesta de tesis es el desarrollo y control de un sistema exoesquelético portátil que asista a personas con discapacidad en extremidades superiores, en específico las manos, en la realización de diversas tareas de manipulación de objetos en su vida diaria.

OBJETIVO

Desarrollar un prototipo 3D de exoesqueleto pasivo para asistencia de personas con discapacidad motriz, para mejorar su desempeño en tareas de manipulación.

METODOLOGÍA

El sistema robótico que se propone desarrollar en este trabajo de investigación, tiene como finalidad principal aumentar las capacidades de manipulación de personas con movilidad limitada debido a enfermedad o envejecimiento, por lo tanto, una característica principal que se desea es que el sistema sea portátil y se pueda controlar de manera intuitiva por el usuario, mediante la captura y procesamiento de su actividad muscular.

Como primera etapa se plantea estudiar y analizar las diversas configuraciones y estructuras de sistemas exoesqueleto propuestos hasta el día de hoy en la literatura especializada, con la finalidad de seleccionar la configuración más adecuada para cumplir con el objetivo principal de esta propuesta. Así mismo, se realizará una investigación acerca de las estructuras de control que se han utilizado en este tipo de

dispositivos y con base en ésta proponer una estructura novedosa ad hoc al sistema robótico desarrollado. En particular se explorará el uso de técnicas de control utilizadas en sistemas de manipuladores cooperativos [9]-[11], así como controladores saturantes [12]-[14], que permitan asegurar un funcionamiento adecuado que garantice la seguridad del usuario.

Una vez que se tengan listos el exosqueleto y el sistema de control, éstos se integrarán y se procederá a la realización de las pruebas experimentales. Cabe mencionar que en esta etapa de pruebas experimentales, los usuarios serán alumnos y voluntarios que no necesariamente tengan un problema de discapacidad.

Para el desarrollo de la plataforma experimental se cuenta con motorreductores de CD con sensores de posición angular (encoders), un sistema inalámbrico de captura de movimiento y actividad muscular Myo Armband®, tarjetas Arduino Mega 2560, un módulo de comunicación BLE Bee Bluetooth CC2541 y una impresora 3D Cube Pro® (ver Figura 1).



Figura 1: Componentes para el desarrollo de la plataforma experimental

REQUISITOS

Para el desarrollo de este proyecto es necesario que el alumno tenga la habilidad y experiencia en programación en lenguaje C, manejo de Matlab/Simulink y/o Labview, procesamiento de señales. Se propone que el alumno involucrado curse las materias de: “Introducción a la Bioelectrónica” y “Tópicos Selectos de Ingeniería Electrónica”.

LUGAR DE TRABAJO PARA EL ESTUDIANTE

Laboratorio de Automatización de la Facultad de Ciencias (Zona Universitaria).

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (Junio/2017- Agosto/2018)

Mes \ Actividad	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
Investigación bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Curso I				■	■	■	■	■	■						
Curso II				■	■	■	■	■	■						
Estudio los tipos de exoesqueleto propuestos en la literatura				■	■	■									
Desarrollo del exoesqueleto						■	■	■	■						
Desarrollo del controlador							■	■	■	■					
Integración del sistema									■	■	■	■			
Pruebas Experimentales										■	■	■	■	■	■
Escritura de un artículo para congreso												■	■	■	
Escritura de la tesis										■	■	■	■	■	■

REFERENCIAS

- [1] Chen, B., Ma, H., Qin, L. Y., Gao, F., Chan, K. M., Law, S. W., ... & Liao, W. H. (2016). Recent developments and challenges of lower extremity exoskeletons. *Journal of Orthopaedic Translation*, 5, 26-37.
- [2] López, R., Aguilar, H., Salazar, S., & Lozano, R. (2014). Adaptive control for passive kinesiotherapy ELLTIO. *Journal of Bionic Engineering*, 11(4), 581-588.
- [3] Iqbal, J., Tsagarakis, N. G., & Caldwell, D. G. (2011, August). A multi-DOF robotic exoskeleton interface for hand motion assistance. In *2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (pp. 1575-1578).
- [4] Arata, J., Ohmoto, K., Gassert, R., Lamercy, O., Fujimoto, H., & Wada, I. (2013, May). A new hand exoskeleton device for rehabilitation using a three-layered sliding spring mechanism. In *2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 3902-3907).
- [5] Cempini, M., Cortese, M., & Vitiello, N. (2015). A powered finger-thumb wearable hand exoskeleton with self-aligning joint axes. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 20(2), 705-716.
- [6] Yap, H. K., Lim, J. H., Nasrallah, F., Goh, J. C., & Yeow, R. C. (2015, May). A soft exoskeleton for hand assistive and rehabilitation application using pneumatic actuators with variable stiffness. In *2015 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 4967-4972).
- [7] Heo, P., Gu, G. M., Lee, S. J., Rhee, K., & Kim, J. (2012). Current hand exoskeleton technologies for rehabilitation and assistive engineering. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 13(5), 807-824.
- [8] López, R., Torres, J., Salazar, S., & Lózano, R. (2014). Desarrollo de un exoesqueleto para rehabilitación de tobillo y rodilla. *Revista mexicana de ingeniería biomédica*, 35(1), 13-28.
- [9] Li, S., Chen, S., Liu, B., Li, Y., & Liang, Y. (2012). Decentralized kinematic control of a class of collaborative redundant manipulators via recurrent neural networks. *Neurocomputing*, 91, 1-10.
- [10] Merchán-Cruz, E. A., & Morris, A. S. (2006). Fuzzy-GA-based trajectory planner for robot manipulators sharing a common workspace. *IEEE Transactions on Robotics*, 22(4), 613-624.

- [11] Matthias, B., Kock, S., Jerregard, H., Källman, M., & Lundberg, I. (2011, May). Safety of collaborative industrial robots: Certification possibilities for a collaborative assembly robot concept. In *2011 IEEE International Symposium on Assembly and Manufacturing (ISAM)*, (pp. 1-6).
- [12] Mendoza, M., Zavala-Río, A., Santibáñez, V., & Reyes, F. (2015). A generalised PID-type control scheme with simple tuning for the global regulation of robot manipulators with constrained inputs. *International Journal of Control*, 88(10), 1995-2012.
- [13] Mendoza, M., Zavala-Río, A., Santibáñez, V., & Reyes, F. (2015). Output-feedback proportional–integral–derivative-type control with simple tuning for the global regulation of robot manipulators with input constraints. *IET Control Theory & Applications*, 9(14), 2097-2106.
- [14] Rodríguez-Liñán, M. D. C., Mendoza, M., Bonilla, I., & Chávez-Olivares, C. A. (2017). Saturating stiffness control of robot manipulators with bounded inputs. *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, 27(1), 79-90.