

Desarrollo y control de interacción de una prótesis de mano mediante el uso de señales electromiográficas

Dr. Marco Octavio Mendoza Gutiérrez, Dr. Daniel Ulises Campos Delgado

Motivación: En años recientes, la problemática de diseño y control de manos robóticas diestras ha despertado un gran interés entre la comunidad científica. Una de las razones principales de dicho interés, es el uso de la tecnología robótica para el desarrollo de prótesis sofisticadas de miembros superiores que permitan mejorar la calidad de vida de personas amputadas [1]-[6].

La mano humana es un sistema muy complejo, el cuál puede incluso cambiar su forma en respuesta al tipo de tarea que debe realizar. Además, cabe mencionar que el control de este sistema actúa de forma jerárquica y por lo tanto requiere de un esfuerzo consciente mínimo para llevar a cabo una tarea de manipulación [4]. Entonces, el desarrollo de prótesis robóticas que suplan el funcionamiento de la mano humana representa un reto tecnológico muy desafiante y de alto impacto dentro de la sociedad.

El desarrollo de prótesis tales que un amputado pueda sentir como parte de su cuerpo, aún está lejos de ser una realidad [5]. De hecho, las prótesis de mano comerciales aún son incapaces de proporcionar la suficiente funcionalidad durante el agarre. Uno de los principales problemas de estos dispositivos es la falta de un número adecuado de grados de libertad, así como el poco uso de técnicas de control adecuadas [7]-[8].

El control de las fuerzas de interacción, durante las tareas de manipulación, es crucial para garantizar un funcionamiento óptimo de las prótesis robóticas acorde al tipo de objeto que se desea manipular. A pesar de los avances en investigación sobre el diseño de prótesis de varios ejes y el desarrollo de sistemas de control inteligentes para mejorar la función prensil, pocos de éstos han alcanzado la etapa de ensayos clínicos [6]. Por lo tanto, la problemática central de esta propuesta de tesis es el desarrollo y control de una prótesis de mano que permita realizar diversos tipos de tareas de manipulación de manera adecuada. De esta manera, el proyecto conlleva una formación muy completa para el estudiante involucrado, ya que incluye un desarrollo teórico de la metodología de control, diseño mecánico de la prótesis, e implementación en tiempo real del algoritmo de control.

Objetivo: Desarrollar una prótesis robótica de mano y su respectivo sistema de control para manipulación de diversos tipos de objetos, haciendo énfasis en la mejora de la capacidad de agarre y un control de interacción intuitivo mediante el uso de señales electromiográficas (EMG).

Metodología: Se explorará el uso de técnicas de control de interacción basadas en funciones de energía, soportadas analíticamente por la teoría de estabilidad de Lyapunov [9]-[11], así como de control inteligente (control difuso, redes neuronales, algoritmos evolutivos, etc.) que permita incorporar información funcional proveniente de la actividad muscular (EMG) [12]-[15]. Para la implementación experimental del sistema de control se cuenta con diferentes plataformas que pueden ser utilizadas de acuerdo con las necesidades del proyecto: tarjeta dSPACE 1104, sistema NI CRIO, tarjeta Arduino Mega 2560.

El prototipo de pruebas de la prótesis de mano se desarrollará en un software CAD y se imprimirá haciendo uso de una impresora 3D Cube Pro, con la que se cuenta actualmente.



Para la adquisición de las señales EMG se cuenta con los sensores correspondientes, los cuales servirán para realizar una serie de pruebas experimentales, con la finalidad de evaluar los esquemas de control propuestos y para la integración final del prototipo.

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 y control de sistemas lineales y/o no lineales. Se propone que el alumno involucrado curse las materias de: “Automatización de Procesos”, “Bioelectrónica” o “Tópicos Selectos de Ingeniería Electrónica”.

Cronograma de Actividades (Junio/2015 – Agosto/2016)

Actividad \ Mes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
Investigación bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Curso I				■	■	■	■	■	■						
Curso II				■	■	■	■	■	■						
Diseño y modelado de la prótesis robótica	■	■	■	■	■	■	■								
Construcción del prototipo					■	■	■	■							
Integración de los sistemas sensoriales						■	■	■							
Desarrollo de la estructura de control						■	■	■	■	■	■	■			
Integración del sistema de control								■	■	■	■	■			
Pruebas experimentales									■	■	■	■	■	■	
Escritura de la tesis											■	■	■	■	■

Referencias

[1] J.L. Pons, R. Ceres & F. Pfeiffer, "Multifingered dextrous robotics hand design and control: a review". *Robotica*, vol. 17, pp. 661-674, 1999.

[2] L. Zollo, S. Roccella, E. Guglielmelli, M.C. Carrozza & P. Dario, "Biomechatronic design and control of an anthropomorphic artificial hand for prosthetic and robotic applications". *IEEE/ASME Trans. Mechatronics*, vol. 12, no. 4, pp. 418-429, 2007.

[3] T. Takaki & T. Omata, "High-performance anthropomorphic robot hand with grasping-force-magnification mechanism". *IEEE/ASME Trans. Mechatronics*, vol. 16, no. 3, pp. 583-591, 2011.

[4] P.J. Kyberd, C. Light, P.H. Chappell, J.M. Nightingale, D. Whatley & M. Evans, "The design of anthropomorphic prosthetic hands: A study of the Southampton Hand". *Robotica*, vol. 19, pp. 593-600, 2001.

[5] J. Yang, E. Peña-Pitarch, K. Abdel-Malek, A. Patrick & L. Lindkvist, "A multi-fingered hand prosthesis". *Mechanism and Machine Theory*, vol. 39, pp. 555-581, 2004.

[6] C.M. Light & P.H. Chappell, "Development of a lightweight and adaptable multiple-axis hand prosthesis". *Medical Engineering & Physics*, vol. 22, pp. 679-684, 2000.

- [7] Z. Dougeri, J. Fasoulas and S. Arimoto, "Feedback control for object manipulation by a pair of soft tip fingers". *Robotica*, vol. 20, pp. 1-11, 2002.
- [8] E.D. Engeberg, S.G. Meek & M.A. Minor, "Hybrid force-velocity sliding mode control of a prosthetic hand". *IEEE Trans. Biomedical Engineering*, vol. 55, no. 5, pp. 1572-1581, 2008.
- [9] I. Bonilla, F. Reyes, M. Mendoza & E. González-Galván, "A dynamic-compensation approach to impedance control of robot manipulators". *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, vol. 63, no. 1, pp. 51-73, 2011.
- [10] M. Mendoza, F. Reyes, I. Bonilla & E. González-Galván, "Proportional-derivative impedance control of robot manipulators for interaction tasks". *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering*, vol. 225, no. 3, pp. 315-329, 2011.
- [11] M. Mendoza, I. Bonilla, F. Reyes & E. González-Galván, "A Lyapunov-based design tool of impedance controllers for robot manipulators". *Kybernetika*, vol. 48, no. 6, pp. 1136-1155, 2012.
- [12] D. Yang, J. Zhao, Y. Gu, X. Wang, N. Li, L. Jiang, H. Liu, H. Huang & D. Zhao, "An anthropomorphic robot hand developed based on underactuated mechanism and controlled by EMG signals". *Journal of Bionic Engineering*, vol. 6, pp. 255-263, 2009.
- [13] J.L. Pons, R. Ceres, E. Rocon, S. Levin, I. Markovitz, B. Saro, D. Reynaerts, W. Van Moorleghem & L. Bueno, "Virtual reality training and EMG control of the MANUS hand prosthesis". *Robotica*, vol. 23, pp. 311-317, 2005.
- [14] M.A. Oskoei & H. Hu, "Myoelectric control systems - A survey". *Biomedical Signal Processing and Control*, vol. 2, pp. 275-294, 2007.
- [15] P. Shenoy, K.J. Miller, B. Crawford & R.P.N. Rao, "Online electromyographic control of a robotic prosthesis". *IEEE Trans. Biomedical Engineering*, vol. 55, no. 3, pp. 1128-1135, 2008.