

Desarrollo de esquemas de teleoperación para tareas de interacción humano-robot

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

Motivación: En la población mundial, el número de personas mayores de 65 años está creciendo rápidamente y será de aproximadamente del 70% en 2050 en países industrializados, de acuerdo con estudios llevados a cabo por la Organización Mundial de la Salud (WHO, por sus siglas en inglés) [1]. Es importante hacer notar que este grupo de personas son altamente propensas a sufrir una Enfermedad Vascular Cerebral (EVC). Las EVC's representan la principal causa de discapacidad y esto ha ocasionado una necesidad creciente de proveer terapia de rehabilitación a este tipo de pacientes, con la finalidad recobrar sus habilidades motrices.

En la actualidad, se han desarrollado una gran cantidad de dispositivos robóticos de rehabilitación para asistir a pacientes de EVC durante su tratamiento [2]-[9]. Un reto clave, para esta tecnología, es desarrollar sistemas robóticos que sean accesibles y puedan ser usados en diferentes entornos, tales como centros de rehabilitación y el hogar, debido a la demanda creciente de este tipo de servicio [10].

La gran mayoría de los centros de rehabilitación y terapeutas suelen estar localizados en áreas centrales. Por lo tanto, muchas de las personas con discapacidad que viven en comunidades aisladas y con escasa población, carecen de programas de rehabilitación apropiados [11]. Una posible reducción en la atención y duración de la terapia tendría un impacto negativo en la condición de los pacientes, así como en su proceso de recuperación; de hecho, la evaluación y el tratamiento deben ocurrir tan pronto como sea posible, o de lo contrario la terapia puede producir resultados limitados. Tales problemas suelen ocurrir en pacientes que viven en áreas rurales remotas o zonas urbanas desfavorecidas, donde generalmente no existen clínicas cercanas al hogar de los pacientes [12]. Bajo estas circunstancias, un sistema de tele-rehabilitación que permita al paciente participar en un programa de rehabilitación desde una localización remota, se convertiría en una herramienta tecnológica muy importante. Adicionalmente, el tratamiento en el hogar a través de tele-rehabilitación tiene el potencial de ahorrar tiempo y dinero, tanto para el paciente y el proveedor; además, el mismo terapeuta podría supervisar diversos pacientes simultáneamente [13].

Por lo tanto, la problemática central de esta propuesta de tesis es el estudio de diversos esquemas de teleoperación y desarrollo de una estructura de control que permita una interacción estable y segura entre un sistema robótico de rehabilitación y el usuario del mismo, para ser usado en tareas a distancia.

Objetivo: Estudiar y analizar diversos esquemas de teleoperación bilateral, y desarrollar una estructura de control que permita una interacción humano-robot estable en tareas realizadas desde una ubicación remota.

Metodología: Se explorará el uso de técnicas de control de basadas en funciones de energía, soportadas analíticamente por la teoría de estabilidad de Lyapunov y la teoría de pasividad [14]-[16]. Para la implementación experimental del sistema de teleoperación se cuenta con un sistema robótico de rehabilitación de hombro-codo y un dispositivo háptico, que pueden formar un sistema maestro-esclavo adecuado para este tipo de tareas. Además se cuenta con otras plataformas que pueden ser utilizadas de acuerdo con las necesidades del proyecto: tarjeta dSPACE 1104, sistema NI CRIO, tarjeta Arduino Mega 2560.



Se cuenta también con sensores de fuerza/par que permitirán caracterizar la interacción entre los dispositivos robóticos y los usuarios de los mismos.



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” y “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															
Estudio y análisis de técnicas de teleoperación	■	■	■	■	■	■	■								
Desarrollo de la estructura de control						■	■	■	■	■	■	■			
Integración del sistema de control								■	■	■	■	■			
Pruebas experimentales									■	■	■	■	■	■	
Escritura de artículo para congreso												■	■	■	
Escritura de la tesis										■	■	■	■	■	■

Referencias

[1] S. Guo, S. Zhang, Z. Song, M. Pang, “Design of a master-slave rehabilitation system using self-tuning fuzzy pi controller”, in: 2012 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA), IEEE, Chengdu, China, 2012, pp. 2088–2092.

[2] H. I. Krebs, N. Hogan, M. L. Aisen, B. T. Volpe, “Robot-aided neurorehabilitation”, IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering 6 (1) (1998) 75–87.

[3] S. Hesse, D. Uhlenbrock, et al., “A mechanized gait trainer for restoration of gait”, Journal of rehabilitation research and development 37(6) (2000) 701–708.

[4] P. Lum, D. Reinkensmeyer, R. Mahoney, W. Z. Rymer, C. Burgar, “Robotic devices for movement therapy after stroke: current status and challenges to clinical acceptance”, Topics in stroke rehabilitation 8 (4) (2002) 40–53.

[5] T. Nef, M. Mihelj, G. Kiefer, C. Perndl, R. Muller, R. Riener, “Armin - exoskeleton for arm therapy in stroke patients”, in: IEEE 10th International Conference on Rehabilitation Robotics,

IEEE, Noordwijk, the Netherlands, 2007, pp. 68–74.

[6] S. K. Banala, S. K. Agrawal, J. P. Scholz, “Active leg exoskeleton (alex) for gait rehabilitation of motor-impaired patients”, in: IEEE 10th International Conference on Rehabilitation Robotics, IEEE, Noordwijk, the Netherlands, 2007, pp. 401–407.

[7] J. Yoon, B. Novandy, C.-H. Yoon, K.-J. Park, “A 6-dof gait rehabilitation robot with upper and lower limb connections that allows walking velocity updates on various terrains”, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics 15 (2) (2010) 201–215.

[8] J. F. Veneman, R. Kruidhof, E. E. Hekman, R. Ekkelenkamp, E. H. Van Asseldonk, H. Van Der Kooij, “Design and evaluation of the lopes exoskeleton robot for interactive gait rehabilitation”, IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering 15 (3) (2007) 379–386.

[9] P. Beyl, M. Van Damme, R. Van Ham, R. Versluys, B. Vanderborght, D. Lefeber, “An exoskeleton for gait rehabilitation: prototype design and control principle”, in: IEEE International Conference on Robotics and Automation, IEEE, Pasadena, CA, USA, 2008, pp. 2037–2042.

[10] C.R. Carignan, H.I. Krebs, “Telerehabilitation robotics: bright lights, big future?”, Journal of rehabilitation research and development 43(5) (2006) 695–710.

[11] T. Mouri, H. Kawasaki, T. Aoki, Y. Nishimoto, S. Ito, S. Ueki, “Telerehabilitation for fingers and wrist using a hand rehabilitation support system and robot hand”, in: Proceedings of the 9th International IFAC Symposium on Robot Control (SYROCO09), IFAC, Gifu, Japan, 2009, pp. 751–756.

[12] V.G. Popescu, G.C. Burdea, M. Bouzit, V.R. Hentz, “A virtual-reality-based telerehabilitation system with force feedback”, IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine 4 (1) (2000) 45–51.

[13] J.E. Deutsch, J.A. Lewis, G. Burdea, “Technical and patient performance using a virtual reality-integrated telerehabilitation system: preliminary finding”, IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering 15 (1) (2007) 30–35.

[14] 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.

[15] 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.

[16] 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.