

Diseño de un robot prototipo para el estudio del movimiento de la mano humana

Victor Hugo Benítez-Baltazar, Victor Manuel Garcia-Valencia.

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial,
Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N CP. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
vbenitez@industrial.uson.mx, victor.garval@hotmail.com

Resumen. La pérdida o la amputación de una mano, provoca una desaparición de las funciones motoras y sensoriales correspondientes a dicho elemento. Por este motivo, se han desarrollado investigaciones y diseños de sistemas electromecánicos permitiendo sustituir las funciones de una mano. El interés por aumentar los grados de libertad en una prótesis de una mano, cada vez es mayor, debido a que se busca encontrar el máximo confort en los usuarios al momento de la utilización de estas. Para lograr dicho confort, se deben conocer los parámetros de mayor importancia que permitan un movimiento más suave y fino en cada uno de los dedos de la prótesis. Por tal motivo, este artículo se centrará en presentar el plan de desarrollo e implementación de un diseño de un sistema electromecánico, que permita conocer las medidas de la aceleración, velocidad y posición de los dedos de la mano cuando ésta genere un movimiento.

Palabras clave: Sistema electromecánico, diseño mecánico, sistema de medición.

I Introducción

Uno de los aspectos que se deben tomar en consideración para la elaboración de una prótesis de una mano, son las variables mecánicas tales como la posición, velocidad y aceleración. Con esta información, se hace posible la elaboración de una prótesis debido a que estos datos son la base para realizar diseños de prótesis que permitan replicar los movimientos naturales de una mano.

En este trabajo se presenta la investigación y desarrollo de un diseño electromecánico, el cual permita calcular la posición, velocidad y aceleración de la mano; con la finalidad de realizar estudios posteriores con estos datos para el diseño de prótesis con movimientos más precisos.

Victor Hugo Benítez-Baltazar, Victor Manuel Garcia-Valencia, *Diseño de un robot prototipo para el estudio del movimiento de la mano humana*, en: Guillermo Valencia Palomo, José Antonio Hoyo Montaña, Mario Barceló Valenzuela, Alonso Pérez Soltero (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 111-116, 2016.

En la siguiente sección se describen algunos conceptos básicos que ayudarán a entender la problemática que se muestra. Se mencionan trabajos previos de investigación que tienen relación a la presente propuesta; en la sección tres se describe el entorno en donde se pretende implementar la propuesta y se describe el problema. En la sección cuatro se describe la propuesta de solución y finalmente los resultados esperados y conclusiones se muestran en la sección cinco y seis respectivamente.

2 Marco teórico y trabajos previos

2.1 La mano humana

La mano del hombre es un instrumento sofisticado para la exploración sensorial. Después de una amputación, estas funciones motoras y sensoriales son perdidas abruptamente. Las prótesis mioeléctricas pueden ser utilizadas para restaurar el agarre. La señal de control (voltaje de entrada) que acciona el motor de las prótesis se obtiene mediante el procesamiento de las señales electromiográficas (EMG), las cuales son producidas por los músculos de los usuarios [1]. Las señales EMG son utilizadas para la cuantificación de la actividad muscular durante el movimiento [2].

La mano humana está compuesta de 5 dígitos: 4 dedos (índice, medio, anular y meñique) y el pulgar. Este último, está compuesto de tres articulaciones y tres falanges. Los dedos, están compuestos de tres articulaciones y cuatro falanges. Se requiere del conocimiento de las dimensiones de los dedos, de la palma y de sus respectivos rangos de movimientos para poder desarrollar un análisis cinemático y dinámico [3].

	Mano	I1	I2	I3	M1	M2	M3	A1	A2	A3	m1	m2	m3
Mano derecha masculina	19.29	2.32	2.37	2.65	2.6	2.78	2.8	2.29	2.56	2.76	1.96	1.92	2.51
Mano izquierda masculina	19.36	2.32	2.39	2.61	2.6	2.82	2.75	2.3	2.59	2.78	1.95	1.98	2.49
Mano derecha femenina	17.6	2.23	2.24	2.45	2.44	2.55	2.56	2.12	2.34	2.52	1.79	1.74	2.26
Mano izquierda femenina	17.62	2.2	2.24	2.35	2.24	2.43	2.53	2.13	2.36	2.49	1.77	1.77	2.26

Tabla 1. La siguiente tabla presentada en [3] muestra las medidas, en centímetros, promedio de la mano y las falanges de los dedos índice (I), medio (M), anular (A) y meñique (m).

2.2 Diseño

Uno de los temas importantes en el campo de la robótica está orientado a la influencia del diseño humano en el desarrollo de dispositivos robóticos. Prueba de ello es la fabricación de pinzas que cuentan con las características de la mano humana [4].

Las prótesis de la mano disponibles en el mercado son similares a unas pinzas teniendo solo uno o dos grados de libertad, por lo tanto, una baja capacidad de manipulación. Son controladas por medio de señales EMG capturadas en los músculos por medio de electrodos superficiales, amplificadas y procesadas para operar funcionalmente la mano [5].

2.3 Trabajos previos

Algunas manos han sido construidas en laboratorios y en compañías, tales como NASA Robonaut Hand, Shadow Hand, DLR Hand y la DEL/HIT Hand. Generalmente existen dos tipos de manos, una mano es de accionamiento externo, donde todos los actuadores están montados en el antebrazo (NASA y Shadow), y otra mano es accionamiento interno (DLR, HIT), en donde no se requiere de un antebrazo y todos los actuadores y dispositivos electrónicos están integrados en el cuerpo del dedo y en la palma. Normalmente la mano de accionamiento interno es más grande que la mano de accionamiento externo [6].

En un estudio presentado en [7] se desarrolló una mano que tenía 5 dedos independientes energizados por 6 motores de corriente directa (DC) que hacían posible obtener varios grados de libertad. Los dedos de la prótesis fueron diseñados precisamente para replicar tanto la apariencia en forma y tamaño como la dinámica de la mano humana. Los movimientos de dicha prótesis podían ser controlados por una computadora o por señales EMG.

3 Problemática

En la actualidad, la empresa interesada en el proyecto no cuenta con un sistema que le permita estudiar los movimientos de los dedos de la mano humana, lo cual ha representado un retraso en el inicio del diseño de sistemas de medición para prótesis. Al mismo tiempo, hasta donde se ha investigado en el estado de la técnica, no se cuentan con dispositivos disponibles comercialmente que permitan llevar a cabo este tipo de estudios dada la alta complejidad cinemática y dinámica de la mano humana. La carencia de esta tecnología ha retrasado el inicio del estudio de los movimientos de la mano.

4 Propuesta de solución

Mediante el uso de un controlador y motores de corriente directa, se pretende diseñar un robot que permita estudiar y analizar variables mecánicas tales como la posición, velocidad y aceleración de cada uno de los dedos mediante la información que arroje cada uno de los motores al momento de ser activados. Tales motores se activarán mediante el pulso eléctrico que manden los músculos del antebrazo de un operador mediante la técnica de la electromiografía. Así, cada vez que algunos de los dedos del operador se encuentren en una posición, esta será detectada mediante el controlador, el cual proporcionará las variables físicas de dichos dedos en ese momento. A parte de conocer los valores de tales medidas, se podrá tener una idea visual mediante la fabricación de una estructura electromecánica que asemeje la forma de la mano humana y que reproduzca los movimientos de esta. Dicho diseño se hará basado en las restricciones anatómicas de la mano humana con el fin de que las relaciones de los movimientos en cada dedo sea lo más cercano posible al de una mano humana.

En el Diagrama 1 se puede observar la secuencia en la cual se estará desarrollando la propuesta de solución.

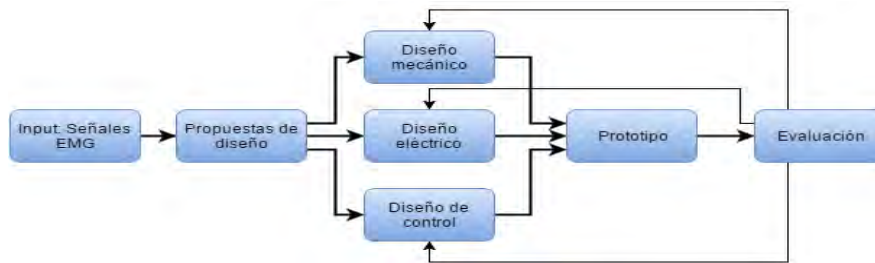


Diagrama 1: Secuencia para la propuesta de solución

4.1 Input: Señales EMG

Por su parte en [2] se menciona que la técnica de la electromiografía se trata de un procedimiento sin molestias, que se puede utilizar para determinar el tiempo y la cantidad de activación muscular a través de un movimiento dado, además de ser una herramienta esencial en las investigaciones biomecánicas y biomédicas.

En esta propuesta de solución se pretende utilizar señales EMG como las señales de entrada. La lectura y el procesamiento de estas señales serán parte de otro trabajo, en el cual se está desarrollando un sistema que cuente con la capacidad de detectar las señales y filtrarlas para posteriormente hacer uso de ellas como señal de entrada.

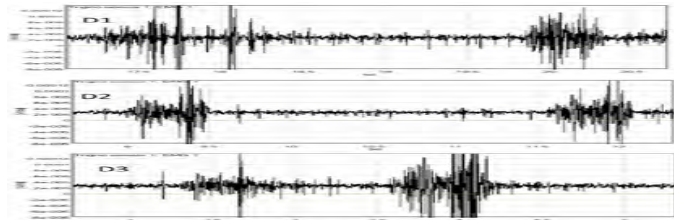


Fig. 1 Señal EMG resultado de un estudio realizado en [8] consistente de sujetar esferas con distinto diámetro (D1,D2,D3).

4.2 Propuesta de diseño

La propuesta de diseño está compuesta por tres áreas de trabajo: diseño mecánico, diseño eléctrico y diseño de control.

115 Diseño de un robot prototipo para el estudio del movimiento de la mano humana.

El diseño mecánico se realizará basado en el estudio del estado del arte; de manera conjunta, se utilizarán softwares tales como Solidworks para el desarrollo del diseño y software de simulación como el caso de V-REP como apoyo para realizar el estudio de la cinemática de las articulaciones.

El diseño eléctrico comprende la colocación de las conexiones físicas de los motores y drivers de tal manera que cumplan con las restricciones ergonómicas de la mano humana [3]; así como un diseño que permita el óptimo desempeño de los componentes electromecánicos.

En el diseño de control se busca utilizar una tarjeta y desarrollar un algoritmo proporcional, integral derivativo (PID) que cumpla con especificaciones de respuesta en el tiempo. Se diseñará una estrategia de control que a partir de los datos procesados de las señales EMG se puedan generar las trayectorias para las variables mecánicas tales como posición, velocidad y aceleración; el controlador se encargará de regular el desempeño de estas variables en un sentido entrada salida.

4.3 Prototipo y evaluación

En la fase de prototipo se integrarán las tres etapas de la propuesta de diseño para posteriormente realizar la evaluación del mismo. Dependiendo del funcionamiento del prototipo, se aceptará el diseño o bien, se revisará aquella parte que no cumpla con las características deseadas en el diseño para su evaluación.

5 Resultados y beneficios esperados

Mediante el desarrollo del diseño de un robot prototipo, será posible relacionar la posición, velocidad y aceleración de los movimientos de la mano con la dinámica de motores eléctricos. Estos datos arrojarán información más precisa acerca de las variables físicas mencionadas anteriormente, lo cual impactará en el desarrollo de tecnología para prótesis.

6 Conclusiones

Cabe señalar que una de las variables más importantes a conocer son aquellas que deben ser capturadas por medio de las señales emitidas por los motores. De igual manera, se pretende encontrar la forma más precisa de maquinar cada uno de los componentes diseñados para el prototipo.

Con el desarrollo del diseño del robot prototipo, se podrá realizar el estudio y análisis de variables mecánicas tales como la posición, velocidad y aceleración de cada uno de los dedos de la mano humana, para poder desarrollar estudios que permitan la fabricación de prótesis con movimientos más precisos.

7 Referencias

1. S. Dosen, M. Markovic, K. Somer, B. Graimann, and D. Farina, "EMG Biofeedback for online predictive control of grasping force in a myoelectric prosthesis.," *J. Neuroeng. Rehabil.*, vol. 12, no. 1, p. 55, 2015.
2. Z. Taha, A. Deboucha, N. U. Ahamed, N. Ahmed, R. Ariffin, R. Ghazilla, A. Pp, A. Majeed, and Y. Wong, "IIR Filter Order and Cut-off Frequency Influences on EMG Signal," *Biomed. Res.*, vol. 26, no. 4, pp. 616–620, 2015.
3. F. C. Chen, S. Appendino, A. Battezzato, A. Favetto, M. Mousavi, and F. Pescarmona, "Constraint Study for a Hand Exoskeleton : Human Hand Kinematics and Dynamics," *J. Robot.*, vol. 2013, p. 17, 2013.
4. E. Nathalia, G. Melo, O. Fernando, A. Sánchez, and D. A. Hurtado, "Anthropomorphic robotic hands : a review Manos robóticas antropomórficas : una revisión," *Ing. y Desarro.*, vol. 32, pp. 279–313, 2014.
5. G. C. Matrone, C. Cipriani, E. L. Secco, G. Magenes, and M. C. Carrozza, "Principal components analysis based control of a multi-dof underactuated prosthetic hand," *NeuroEngineering Rehabil.*, p. 14, 2010.
6. H. Liu, K. Wu, P. Meusel, N. Seitz, G. Hirzinger, and W. Germany, "Multisensory Five-Finger Dexterous Hand: The DLR/HIT Hand II," *Int. Conf. Intell. Robot. Syst.*, p. 6, 2008.
7. H. H. Ehrsson and C. Antfolk, "Referral of sensation to an advanced humanoid robotic hand prosthesis," *Inf. Healthc.*, no. April, pp. 260–266, 2009.
8. V. H. Benitez; A. G. Torres, "Clasificación de Movimientos de la Mano a partir de Señales Mioeléctricas Superficiales usando Características del Dominio del Tiempo .," *Octavo Congr. Nac. mecatrónica, Tecnol. la Inf. energías Renov. e innovación agrícola. CONAMTI Huichapan Hidalgo del 7 al 9 septiembre*, 2016.