



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v5i2.1074>

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de investigación

Interfaz de control para un sistema de entrenamiento para prótesis de mano

Control interface for a training system for hand prostheses

Interface de controle para um sistema de treinamento de próteses manuais

Luís Alberto Zabala-Aguilar ^I
luisin6989@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3858-0621>

Javier José Gavilanes-Carrión ^{II}
javier_gavilanes22@yahoo.com
<https://orcid.org/0000-0001-6499-3433>

Patricio Germán Encalada-Ruiz ^{III}
encaladarp@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5461-9787>

***Recibido:** 17 de octubre de 2019 ***Aceptado:** 17 de noviembre de 2019 * **Publicado:** 10 de diciembre de 2019

^I Magíster en Sistemas de Telecomunicaciones, Ingeniero en Electrónica Control y Redes Industriales, Docente de la Facultad de Mecánica en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

^{II} Máster Universitario en Automática y Robótica, Ingeniero en Electrónica Control y Redes Industriales, Docente de la Facultad de Mecánica en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

^{III} Máster Universitario en Automática y Robótica, Ingeniero en Electrónica e Instrumentación, Docente de la Facultad de Mecánica en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Resumen

Esta investigación es una revisión de los tipos de prótesis de manos que se han desarrollado con diferentes tecnologías, incluidas las ventajas y desventajas de su uso. Presentamos la evolución tecnológica de las manos protésicas en los últimos años. Además, se hace referencia al mecanismo de cada mano, el uso de material para fabricar las manos protésicas, sensores que simulan el movimiento real de la mano humana. Finalmente, puedo recomendar una forma de diseñar una prótesis de mano.

Palabras claves: Prótesis de mano; grados de libertad; materiales; mecanismos; sensores; actuadores mecánicos.

Abstract

This research is a review of the types of prosthetic hands have been developed with different technologies, including, advantages and disadvantages of their use. We present the technological evolution of prosthetic hands in recent years. In addition, reference is made to mechanism of each hand, use of material for manufacturing the prosthetics hands, sensors which simulate the real movement of human hand. Finally, I can recommend a way to design a prosthesis of hand.

Keywords: Hand prosthesis; freedom degrees; materials; mechanisms; sensors; mechanical actuators.

Resumo

Esta pesquisa é uma revisão dos tipos de próteses de mão que foram desenvolvidas com diferentes tecnologias, incluindo as vantagens e desvantagens de seu uso. Apresentamos a evolução tecnológica das mãos protéticas nos últimos anos. Além disso, é feita referência ao mecanismo de cada mão, ao uso de material para fabricar as mãos protéticas, sensores que simulam o movimento real da mão humana. Finalmente, posso recomendar uma maneira de projetar uma prótese de mão.

Palavras chaves: Próteses de mão; graus de liberdade; materiais; mecanismos; sensores; atuadores mecânicos.

Introducción

En la investigación se presenta una revisión sobre las diversas técnicas aplicadas para entrenar a una persona que carece de una parte de su extremidad superior, un análisis del tiempo empleado en la adaptación a una nueva prótesis. Además, se establece una primera aproximación a una unidad de control para una prótesis modelada en CAD y mediante la adquisición de señales por parte de sensores electro musculares realizar diversas tareas de agarre básicas. Así también la realización del experimento con ayuda de un voluntario que presenta dicha patología lo que permite establecer un punto de partida para el desarrollo de un entrenador considerando la estrategia más idónea que permita realizar el entrenador para reducir los tiempos de adaptación a una prótesis mioeléctrica.

Sistemas de entrenamiento

Los sistemas de entrenamiento basados en señales electromiográficas requieren el adecuado pre procesamiento en varias etapas como son adquisición, amplificación, filtrado y normalización.

La adquisición de señales es un proceso mediante el cual se miden valores del cuerpo humano través de sensores o transductores que permiten su lectura en un computador [6].

Figura 1. Adquisición de señales electromiográficas[22].



Un conjunto de señales de entrenamiento puede compararse con un conjunto de señales de entrada lo cual permite que se pueda determinar a qué grupo pertenece. Para esto se define un vector de características las cuales contienen la información suficiente para representar una señal. Esto se usa debido a que es imposible contener todos los valores de la señal en un vector que prácticamente resultaría de tamaño infinito, y así se ahorra procesamiento de CPU.

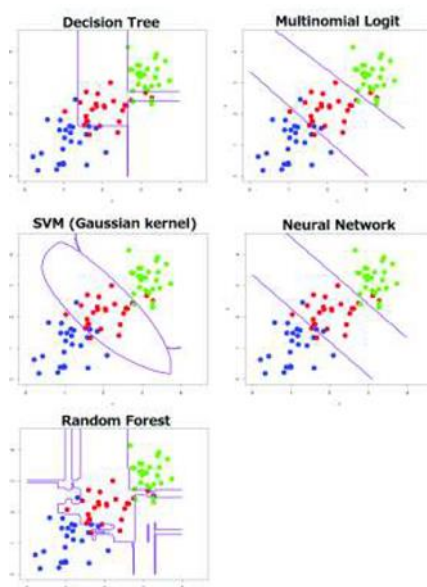
Interfaz de control para un sistema de entrenamiento para prótesis de mano

Los sistemas de entrenamiento pueden utilizar un sin número de métodos de clasificación de señales, entre los cuales se distinguen dos tipos de entrenamiento supervisado y no supervisado [7][8][9].

La clasificación de señales se determina a través de aprendizaje supervisado debido a que se conoce el objetivo a llegar [10].

Los clasificadores más utilizados son kNN o los k vecinos más cercanos, Maquinas de soporte vectorial SVM, Modelos ocultos de Markov HMM, redes Neuronales Artificiales ANN, y los arboles de decisión. En la siguiente figura se observa las fronteras de decisión para cada uno de ellos [7][11].

Figura 2. Fronteras de decisión con un problema de 3 clases [11].



Adquisición y procesamiento de señales mioeléctricas

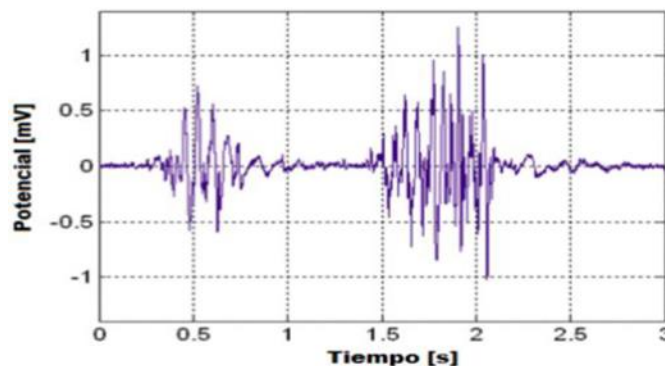
Las señales mioeléctricas son aquellas señales producidas por los diferentes músculos del cuerpo humano al contraerse o estirarse, y la técnica empleada para su captación es llamada electromiografía. Los electrodos tienen un papel importante y crucial en dicha técnica, ya que son los dispositivos encargados de percibir la señal eléctrica del músculo; logran captar dicha señal debido a estar en contacto directo con la piel y ubicados lo más cercano posible al músculo de interés. Al realizar alguna actividad muscular, ya sea contracción o extensión de algún músculo, se

Interfaz de control para un sistema de entrenamiento para prótesis de mano

genera un pequeño diferencial de voltaje debido a la excitación de las fibras musculares producto del movimiento.

Dicho diferencial es casi imperceptible por una persona, debido a que su amplitud oscila entre los $10\mu\text{V}$ hasta los 10 mV como se puede observar en la figura 1. [1] [2]

Figura 1. Señal mioeléctrica del músculo bíceps durante 2 contracciones leves. [2]



Dispositivo Myo

El brazalete myo es un dispositivo de control de movimientos portátil ubicado en el antebrazo, el cual permite controlar diferentes dispositivos ya sean celulares, computadores, drones y otros dispositivos que manejen tecnología bluetooth (figura 4). [3].

El brazalete cuenta con una serie de sensores que hacen posible el control a partir de gestos, los sensores de myo son: 8 sensores de acero inoxidable de EMG a nivel médico, giroscopio, acelerómetro y magnetómetro de tres ejes. Cuenta con un módulo bluetooth de nueva generación llamada Bluetooth Low energy (BLE) o bluetooth 4.0, el cual es proporcionado por el fabricante de la pulsera; se resalta que el módulo BLE es el encargado en comunicar el brazalete con el computador para múltiples aplicaciones, una de ellas es la adquisición de los datos EMG. Por otro lado, Contiene un procesador ARM Cortex M4 y se carga por medio del cable micro USB. [3] [4] Este dispositivo logra detectar las señales mioeléctricas de los diferentes músculos del antebrazo gracias a los sensores EMG, cabe resaltar que el brazalete contiene en su estructura las etapas de amplificación y filtrado para poder adquirir dichas señales. Una vez adquiridas las señales mioeléctricas del antebrazo son transferidas mediante tecnología bluetooth 4.0 al dispositivo de destino; un dato a resaltar es que los datos arrojados por la manilla son tipo int_8 sin unidad, es

Interfaz de control para un sistema de entrenamiento para prótesis de mano

decir, cada canal arroja un numero entero entre -128 hasta 127 describiendo la activación del músculo, pero sin unidad de voltios (V) ni milivoltios (mV) [5].

Figura 2. Brazalete MYO. [6]

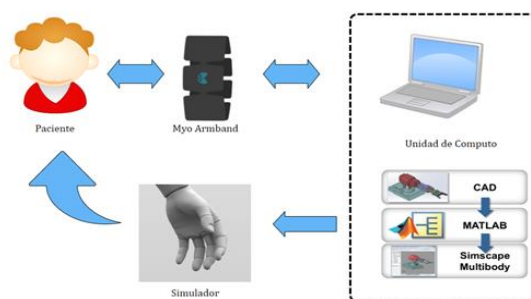


Arquitectura del Sistema

El sistema propone la utilización de un dispositivo que permita recoger la señal muscular existente en diversos tipos de sensores, pero para esta prueba se utiliza una Myo-armband la misma que permite una comunicación bidireccional entre el usuario y el computador, dado que puede enviar señales de confirmación de comandos mediante vibraciones producidas por actuadores dentro del dispositivo. En el presente trabajo no se plantea el uso de estas señales para brindarle al paciente confirmación cuando finalice la tarea y produzca el movimiento, dicha confirmación se la realiza únicamente mediante la monitorización de la interfaz de simulación en donde la persona controla la intensidad del impulso generado.

Estos impulsos musculares traducidos en eléctricos por la Myo armband se envían al computador que con las librerías adecuadas puede realizar una conexión con el software Matlab y su herramienta Simscape Multibody que permite un enlace directo con la mano realizada en un software CAD. La percepción del paciente es que este realiza un estímulo muscular y la mano dentro del computador reproduce dicho estímulo mediante un movimiento de agarre.

Fig. 3. Arquitectura del sistema de comunicación



Protocolo de pruebas

Para el desarrollo de las pruebas se establece una serie de comandos específicos que permiten a la activación o desactivación de un determinado comando.

No existe un protocolo de pruebas determinado, ya que varía entre cada paciente, en las dos pruebas realizadas existen notables diferencias sobre cómo pueden generar contracción en los músculos los pacientes, y en su capacidad para lograr la receptibilidad una vez conseguido lograr la activación, todo esto en la fase inicial de calibración. Una vez determinado el comando, el paciente intentar repetir el movimiento una y otra vez hasta conseguir que este se haga parte de conocimiento base para la activación o desactivación de un comando dentro de la prótesis mioeléctrica.

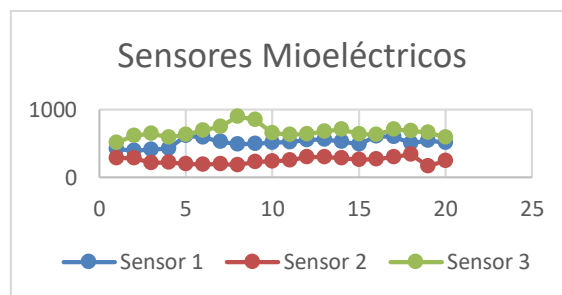
El simulador ayuda a que el paciente se vea motivado debido que consigue la realización de los objetivos y él es consciente del movimiento que lo genera y que es parte de su cuerpo, así se consigue que las medidas tomadas puedan ser utilizadas a futuro en una prótesis real.

Metodología

El sistema requiere que se realice una calibración previa esto para asegurar la lectura de los sensores por parte del dispositivo, una vez realizada la conexión nos permite hacer la lectura de las distintas señales para asignarlas a movimientos determinados que son generados desde las librerías propias del sdk del dispositivo Myo armband.

El hecho de usar un dispositivo comercial limita mucho la capacidad de trabajar con la manipulación de las señales, de los ocho sensores mioeléctricos que posee el brazalete se han tomado 3 de ellos que presentaba mayor separación en la dispersión de los datos al momento de que el paciente realice la prueba.

Fig. 4. Datos obtenidos de los sensores mioeléctricos.



En la Fig. 4 se puede apreciar los datos de 3 de los 8 sensores del dispositivo los mismos que se escogieron al ser una primera aproximación del proyecto.

Discusión

En el presente trabajo de investigación se ha desarrollado la validación de una estrategia para la toma de señales de un paciente carente de una extremidad superior utilizando un brazalete de control de gestos con sensores mioeléctricos para la toma de datos y su posterior procesamiento para la simulación de movimientos de una mano en un entorno simulado.

El dispositivo comercial presenta ciertas ventajas para el desarrollo de este trabajo al venir todo incorporado garantiza la conexión con el dispositivo y al proveer librerías para su programación facilita la utilización de las señales captadas por el dispositivo para que puedan ser aplicada en un entorno simulado que permitirá a los pacientes entrenar los movimiento generados por el mismo para su posterior uso en un prótesis real en donde dichas señales en vez de ser traducidas a los movimiento del entorno simulado serán llevadas mediante un microprocesador a los diversos actuadores que pueden conformar una prótesis funcional.

A su vez la presente investigación también permite encontrar falencias en el uso de un dispositivo comercial, la principal de ellas es que el dispositivo ha sido desarrollado para el control por medio de gestos, mismos de los cuales no pueden ser replicados por una persona carente de su extremidad superior, debido a esto la etapa de conexión que exige una calibración de valores se vuelve muy extenuante para el paciente al no poder conseguirlo de manera directa.

Otra limitante es que el tamaño del brazalete esta ya determinado para un diámetro concreto por lo que su aplicación en infantes es inviable. Respecto al uso del software las librerías que brinda el proveedor del dispositivo restringen el uso a ciertos movimientos ya determinado y basado en ciertas combinaciones ya definidas por el fabricante.

Referencias

1. Grupo de investigación biomédica, Conceptos y características básicas de las señales mioeléctricas, DALCAME.
2. J. Brazeiro, S. Petracicia y M. Valdés, "Mano controlada por señales musculares", Tesis pregrado, Dirigida por: Gabriel. Eirea, Universidad de la república, Montevideo, Sep. 2015.
3. Thalmic Labs Inc., «Gesture Control Has Arrived,» Thalmic Labs, 2013. .
4. C. Yang, J. Chen and F. Chen, "Neural learning enhanced teleoperation control of Baxter robot using IMU based Motion Capture," 2016 22nd International Conference on Automation and Computing (ICAC), Colchester, 2016, pp. 389-394.
5. Y. Ploengpit and T. Phienthrakul, "Rock-paper-scissors with Myo Armband pose detection," 2016 International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC), Chiang Mai, 2016, pp. 1-5.
6. National Instruments Corporation, Que es Adquisición de Datos?, [en línea] Disponible: <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>.
7. Universidad Autónoma de Barcelona, "Clasificación de imágenes: Como reconocer el contenido de una imagen?", Coursera, 2017.[en línea]. <https://www.coursera.org/learn/clasificacion-imagenes/home/welcome>.
8. Encyclopedia Britannica Inc., "Pattern Recognition",[En línea]. <https://britannica.com/technology/pattern-recognition-computer-science>.
9. J. Brownlee, "A Tour of Machine Learning Algorithms", Machine Learning Algorithms, November 2015.
10. Universidad de Stanford, "Aprendizaje Automático", Coursera 2017. [En línea]. <https://coursera.org/learn/machine-learning/home/info>.
11. R. Scherer y R. Rao, "Non-manual Control Devices: Direct Brain-Computer Interaction", de Handbook of Research on personal Autonomy Technologies and Disability Informatics, IGI Global, 2011, pp. 233-250.

References

1. Biomedical research group, Concepts and basic characteristics of myoelectric signals, DALCAME.

Interfaz de control para un sistema de entrenamiento para prótesis de mano

2. J. Brazeiro, S. Petracicia and M. Valdés, "Hand controlled by muscle signals", Undergraduate thesis, Directed by: Gabriel. Eirea, University of the Republic, Montevideo, Sep. 2015.
3. Thalmic Labs Inc., "Gesture Control Has Arrived," Thalmic Labs, 2013..
4. C. Yang, J. Chen and F. Chen, "Neural learning enhanced teleoperation control of Baxter robot using IMU based Motion Capture," 2016 22nd International Conference on Automation and Computing (ICAC), Colchester, 2016, pp. 389-394.
5. Y. Ploengpit and T. Phienthrakul, "Rock-paper-scissors with Myo Armband pose detection," 2016 International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC), Chiang Mai, 2016, pp. 1-5.
6. National Instruments Corporation, What is Data Acquisition ?, [online] Available: <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>.
7. Autonomous University of Barcelona, "Classification of images: How to recognize the content of an image?", Coursera, 2017. [online]. <https://www.coursera.org/learn/clasficacion-imagenes/home/welcome>.
8. Encyclopedia Britannica Inc., "Pattern Recognition", [Online]. <https://britannica.com/technology/pattern-recognition-computer-science>.
9. J. Brownlee, "A Tour of Machine Learning Algorithms", Machine Learning Algorithms, November 2015.
10. Stanford University, "Machine Learning", Coursera 2017. [Online]. <https://coursera.org/learn/machine-learning/home/info>.
11. R. Scherer and R. Rao, "Non-manual Control Devices: Direct Brain-Computer Interaction", by Handbook of Research on personal Autonomy Technologies and Disability Informatics, IGI Global, 2011, pp. 233-250.

Interfaz de control para un sistema de entrenamiento para prótesis de mano
