



LA FORMACIÓN DE INGENIEROS:
UN COMPROMISO PARA EL
DESARROLLO Y LA SOSTENIBILIDAD

15 al 18
DE SEPTIEMBRE

20
20

www.acofi.edu.co/eiei2020

SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL CONTROL DE UN BRAZO ROBÓTICO UTILIZANDO UNA BANDA DE CONTROL POR GESTOS Y TÉCNICAS DE APRENDIZAJE DE MÁQUINA

Angie Paola Molina Tique, Maria Fernanda Villoria Posso, Hernan Felipe García Arias

**Universidad del Quindío
Armenia, Colombia**

Resumen

En el campo de los sistemas automáticos, existe un área de investigación importante basada en las interfaces hombre-computadora(HCI), las cuales permiten por medio de bioseñales como EEG o EMG manipular artefactos. Asimismo, se logra evidenciar de acuerdo al estado del arte numerosas aplicaciones de este campo y diversos métodos de desarrollo. Sin embargo, se han detectado falencias en los algoritmos contruidos, ya que la mayoría de sistemas HCI y específicamente en aplicaciones de brazos robóticos están enfocados en aspectos característicos, es decir, gran parte de los sistemas existentes están orientados al acceso de las variables de estado con el fin de realizar una tarea de control. En este sentido, se detecta la importancia de alternativas enfocadas a sistemas de reconocimiento, teniendo en cuenta que esto afectaría la complejidad del modelo a construir.

En el presente trabajo se propone el desarrollo de un sistema interactivo, con el propósito de implementar una comunicación humano-computadora mediante clasificación de señales EMG, siendo así un sistema automático para el control de un brazo robótico utilizando una banda de control por gestos (MYO) y técnicas de aprendizaje de máquina. Por lo tanto, se hace necesario desarrollar técnicas que logren crear un modelo predictivo donde se realice un correcto aprendizaje de máquina. Con ello, se construye un algoritmo que permite obtener un modelo basado en técnicas de aprendizaje de máquina, el cual clasifica las señales EMG identificando sus características para realizar el reconocimiento de gestos. Este modelo, es probado y entrenado inicialmente a partir de bases de datos de señales bioeléctricas almacenadas en repositorios; eventualmente se incorpora la banda de control por gestos MYO al proceso, la cual permite utilizar la actividad eléctrica del brazo de un individuo y así construir una base de datos propia; finalmente se envía la acción de

control a partir del gesto reconocido y es visualizado en un brazo robótico simulado en un entorno de desarrollo integrado.

Palabras clave: control autónomo; interfaz hombre máquina; inteligencia artificial

Abstract

In the field of automatic systems, there is an important area of research based on human-computer interfaces (HCI), which allow by means of biosignals such as EEG or EMG to manipulate artifacts. Likewise, numerous applications in this field and diverse methods of development have been demonstrated according to the state of the art. However, shortcomings have been detected in the algorithms built, since most HCI systems and specifically in applications of robotic arms are focused on characteristic aspects, ie much of the existing systems are oriented to access the state variables in order to perform a control task. In this sense, the importance of alternatives focused on recognition systems is detected, taking into account that this would affect the complexity of the model to be built.

In the present work we propose the development of an interactive system, with the purpose of implementing a human-computer communication by means of EMG signal classification, being thus an automatic system for the control of a robotic arm using a gesture control band (MYO) and machine learning techniques. Therefore, it is necessary to develop techniques to create a predictive model where a correct machine learning is performed. With this, an algorithm is built to obtain a model based on machine learning techniques, which classifies EMG signals identifying their characteristics to perform gesture recognition. This model is initially tested and trained from databases of bioelectric signals stored in repositories; eventually the MYO gesture control band is incorporated to the process, which allows using the electrical activity of an individual's arm and thus building a database of its own; finally the control action is sent from the recognized gesture and is visualized in a simulated robotic arm in an integrated development environment.

Keywords: autonomous control; man-machine interface; artificial intelligence

1. Introducción

La necesidad de adaptar socialmente personas que carezcan de alguna extremidad superior o degeneración del sistema neuromuscular ha sido un tema vanguardista, el cual busca mejorar la calidad de vida de personas en estas condiciones. En este sentido es importante emplear aquellas alternativas en las cuales la acción de control pueda estar orientada a un sistema de reconocimiento y el uso del control predictivo el cual tiene mayor ventaja sobre otras estrategias de control, ya que cuenta con la capacidad de considerar las restricciones que se imponen en un sistema tanto en la entrada como en la salida.

El proyecto está enfocado en el desarrollo de un control autónomo para un brazo robótico simulado, en el cual se construyen modelos basados en técnicas de aprendizaje de máquina y procesamiento de señales bioeléctricas; pertenecientes al movimiento de los músculos del antebrazo y tomadas

con una banda de control por gestos llamada Myo. Los modelos son obtenidos por medio de entrenamientos, en los cuales se detectan patrones generados por algoritmos de aprendizaje, que permiten evaluar los resultados y reconocer el modelo; obteniendo el que mejor se adapte a los datos matemáticamente o por medio de observaciones de aciertos y desaciertos de las pruebas aplicadas al robot.

2. Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un sistema automático para el control de un brazo robótico, utilizando una banda de control por gestos y técnicas de aprendizaje de máquina.

Objetivos Específicos

- Desarrollar una metodología para el reconocimiento de gestos provenientes de una banda de electromiografía utilizando aprendizaje automático.
- Diseñar una estrategia de control automática que permita operar un brazo robótico de manera asistida aplicando técnicas predictivas de control.
- Evaluar el rendimiento del sistema desarrollado frente a las acciones de control implementadas para el brazo robótico mediante métodos comúnmente usados en el estado del arte.

3. Referente Teórico

Dados los enfoques de control y médicos con los cuales se pretende desarrollar el proyecto y el cual se plasma en este documento, es importante comprender conceptos de temas que se consideran centrales para los autores y que, a su vez, conllevan a desarrollar una lectura comprensiva para los lectores.

Señales mioeléctricas

Las señales mioeléctricas son impulsos eléctricos producidos bioeléctricamente por las motoneuronas, donde este potencial viaja por sus ramificaciones y son distribuidas hacia las fibras musculares. El movimiento muscular es llamado unidad motora y es el producto de la interacción de la motoneurona con las fibras musculares y constituye la unidad anatómica y funcional del músculo.

Estas señales contienen gran cantidad de información la cual puede ser usada para identificar la intención del movimiento de un sujeto. El control mioeléctrico utiliza reconocimiento de patrones en señales mioeléctricas o señales de electromiografía (EMG) generados por los músculos para obtener información útil y posteriormente utilizarla en un sistema de control (Flórez et al, 2014), en la siguiente gura se presenta una motoneurona.

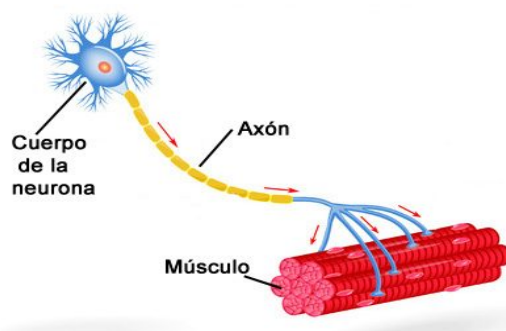


Figura 1: Motoneurona (Saenz , 2020).

Myo Arm Band

Es un dispositivo usado para captar las señales eléctricas producidas por los músculos con el objetivo de usarlas en diferentes líneas de investigación para mejorar la calidad de vida de las personas ya sea que tengan algún tipo de discapacidad o sufran de alguna enfermedad neuromuscular, este artefacto ha sido una evolución para la tecnología ya que con sus características se pueden controlar diferentes aparatos electrónicos como drones, prótesis electrónicas, videojuegos, etc.

Para su funcionamiento MYO usa sensores EMG patentados, por medio de la actividad eléctrica de los músculos detecta cinco gestos realizados con las manos. Usando una IMU de 9 ejes detecta el movimiento, la orientación y la rotación del antebrazo. "El brazalete Myo transmite esta información a través de una conexión Bluetooth Smart para comunicarse con dispositivos compatibles"(North, 2020). Además, Myo transmite datos brutos de EMG e IMU para que desarrolladores los utilicen en proyectos. En la figura 2 se muestran el brazalete Myo y sus respectivos accesorios.



Figura 2: Accesorios de la banda Myo (North, 2020).

Perceptrón

Las redes neuronales fueron originadas en los intentos por encontrar representaciones matemáticas de la información de sistemas biológicos. El modelo más simple es llamado perceptrón el cual hace referencia al funcionamiento de una sola neurona creada por Frank Rosenblatt en el año 1959(Bishop, 2018); su representación gráfica se muestra en la figura 4. La neurona artificial tiene como función recibir los datos de entrada y combinarlos para formar una entrada total x , luego los datos pasan a través del umbral lineal y se obtiene la señal de salida y , la cual se transfiere a la neurona vecina o al entorno. El fuego neuronal se produce cuando x supera el umbral límite llamado sesgo b ; la entrada de la red es calculada como el producto escalar del conjunto de señales de

entrada $\mathbf{x}$ independientemente de la neurona y su peso o fuerza $\mathbf{w}$. El funcionamiento del perceptrón se expresa de la siguiente manera (Cain, 2016):

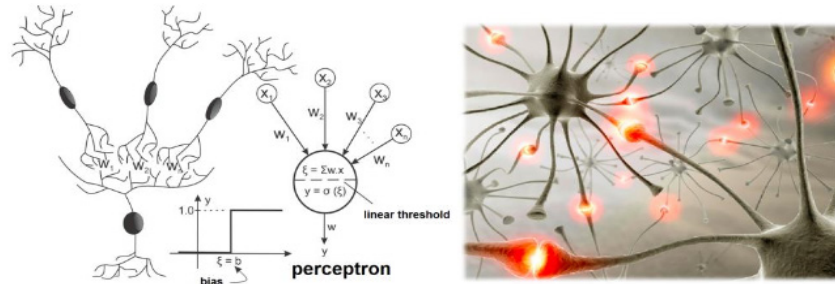


Figura 3. Perceptron(Cain, 2016)

Las redes neuronales son conocidas como perceptrón multicapa ya que hace referencia al conjunto de perceptrones interconectados y divididos por grupos los cuales se denominan capas ocultas presentes en una red neuronal profunda como se muestra en la figura 4. En la figura anterior se muestra el diagrama de red para la doble capa de red neuronal donde las variables de entrada denominadas vector $\mathbf{x}$ tiene D características, la capa oculta contiene M unidades ocultas con un término de activación o bias con el propósito de obtener una salida con dimensión K y las salidas donde todas las anteriormente mencionadas están representadas por nodos; los parámetros de sesgo se denotan por enlaces que preceden a variables adicionales de entrada y ocultas X_0 y Z_0 , las flechas denotan la dirección del flujo de la información a través de la red. La salida y_K puede calcularse de manera que la capa oculta (capa z) se tratara de las entradas, con M cantidad de perceptrones mas el término de bias(Bishop, 2018).

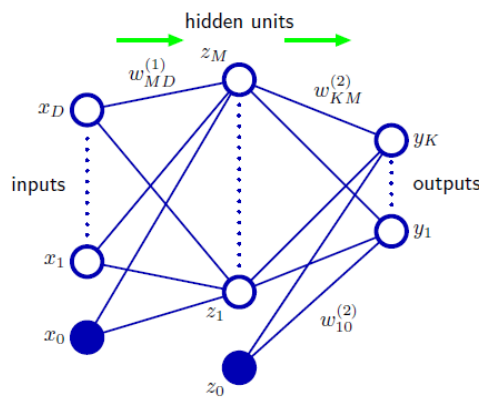


Figura 4. Red neuronal (Bishop, 2018).

4. Planteamiento del Problema

La necesidad de adaptar socialmente personas que carezcan de alguna extremidad superior o degeneración del sistema neuromuscular ha sido un tema vanguardista, el cual busca mejorar la calidad de vida de personas en estas condiciones. Las intervenciones electromiográficas usadas para estudios de estas patologías que ayudan en el desarrollo de alternativas para la construcción de soluciones se caracterizan en su mayoría por ser invasivas y dolorosas (Garc, 2011) (Palomares

et al, 2012), haciendo que el paciente se vea afectado no solo físicamente sino emocionalmente (Florez et al, 2014). Por ende, se hacen necesarias las intervenciones de electromiografía no invasivas, la diferencia de este método con respecto a la EMG de aguja es que la EMG no invasiva informa sobre la función muscular, mientras que los estudios con agujas aportan información estructurada o el daño muscular (Garcia, 2017). Debido a esto, se vuelve cada vez más importante el uso de dispositivos que permitan ser usados con gran versatilidad, cumpliendo con diferentes tareas las cuales cubren necesidades cotidianas de cualquier individuo; es allí donde aparece el brazalete MYO, el cual permite medir señales electromiográficas (EMG) de un brazo humano. Asimismo, en el campo de la medicina el abordar temas desde la ingeniería cada vez es más común y es de vital importancia usar técnicas de aprendizaje de máquina que permitan perfeccionar las intervenciones quirúrgicas y de rehabilitación (Cheng et al, 2017); por ello, se encuentra la necesidad de brindar un soporte tecnológico no invasivo y a su vez, se adapte fácilmente a aquellas personas que requieren sistemas HCI, para así mejorar su estilo de vida.

El campo de estudio enfocado a clasificación de señales EMG es amplio y se han propuesto una gran variedad de aplicaciones y métodos de desarrollo (Shimada et al, 2016) (Navallas et al, 2009). Inicialmente el control estaba orientado a la tecnología de fabricación y control de procesos industriales; pero debido al desarrollo tecnológico y la obligación de suplir las necesidades del ser humano, el control clásico ha sido reemplazado por diversos métodos de control como técnicas de control avanzado y autónomo. El control clásico tiene problemas a la hora de resolver sistemas no lineales, cuenta con limitaciones en los rangos de operación y es complejo manejar las perturbaciones. Por ello, es importante el uso del control predictivo el cual tiene mayor ventaja sobre otras estrategias de control, ya que cuenta con la capacidad de considerar las restricciones que se imponen en el sistema tanto en la entrada como en la salida, es aplicable a cualquier tipo de sistema y se pueden obtener formulaciones multivariadas proporcionando gran acogida a nivel industrial (Marruedo, 2002). En diversos documentos se encuentran falencias en los resultados obtenidos de algoritmos desarrollados, ya que la mayoría de los sistemas están orientados a el acceso de las variables de estado con el fin de realizar una tarea de control (Cáceres, 2011), en este sentido es importante emplear aquellas alternativas en las cuales la acción de control pueda estar orientado a un sistema de reconocimiento, sin embargo estos sistemas generalmente utilizados son lineales y no verifica la incertidumbre que varía en la señal de los brazos. Realizar estudios de señales EMG no deterministas requieren mayores esfuerzos en el procesamiento y en la etapa de clasificación, afectando el reconocimiento de gestos y extendiendo la complejidad del modelo a construir (Betancourt, 2005) (Flórez et al, 2014) (Navallas et al, 2009). Por eso, se hace necesario contar con una metodología que permita reconocer gestos provenientes de una banda de electromiografía y desarrollar una estrategia de control automática para operar un brazo robótico por medio de técnicas de control predictivo. Por ello se plantea, ¿Es posible desarrollar un sistema automático para el control de un brazo robótico usando una banda de control por gestos Myo y técnicas de aprendizaje de máquina?

5. Metodología

Para el desarrollo del proyecto se tendrán en cuenta el brazo robótico interactivo simulado PUMA de seis grados de libertad que reposa en el aplicativo Matlab y las aplicaciones desarrolladas para interfaces con el brazalete Myo.

La metodología de este proyecto de aplicación es desarrollada para el exitoso cumplimiento del objetivo general, donde se plantean los pasos considerados relevantes para el desarrollo de los objetivos específicos.

Para el objetivo específico 1 denominado "Desarrollar una metodología para el reconocimiento de gestos provenientes de una banda de electromiografía utilizando aprendizaje automático."

- Se definirá los movimientos a realizar con el brazo para identificar las señales electromiográficas a usar por medio del brazalete Myo (Flórez et al, 2014).
- Se extraerán las características esenciales de las señales bioeléctricas producidas por movimientos musculares y censados a través del brazalete Myo (Flórez et al, 2014).
- Se realizará la división del conjunto de datos para realizar el entrenamiento con el fin de estimar los parámetros del modelo usando técnicas de control autónomo (Flórez et al, 2014).
- Se aplicarán modelos para la clasificación de las señales electromiográficas las cuales son obtenidas realizando movimientos musculares en el antebrazo como flexión, extensión, supinación, pronación, flexión y extensión de la muñeca; usando el algoritmo del perceptrón y entrenando con el conjunto de datos reservados para ello.

Para el objetivo específico 2 denominado "Diseñar una estrategia de control automática que permita operar un brazo robótico de manera asistida aplicando técnicas de machine learning para el desarrollo de modelos."

- Se definirán los movimientos en el brazo robótico con posiciones angulares y correspondientes a cada gesto realizado con el brazo humano, donde el control relacionarán cada grupo de datos con una acción del brazo robótico (Ciencia and D. E. L. A ingeniería, 2018).
- Se diseñarán controles automáticos utilizando modelos predictivos, evaluando la viabilidad según la tipología de los datos obtenidos para el desarrollo de modelos que se ajusten a los mismos (Ciencia and D. E. L. A ingeniería, 2018).
- Se desarrollará la comunicación entre el brazalete Myo y el brazo robótico simulado para comprobar el funcionamiento del control desarrollado por medio del conjunto de datos test asignados desde el inicio del proceso (Ciencia and D. E. L. A ingeniería, 2018).

Para el objetivo específico 3 denominado "Validar el rendimiento del sistema desarrollado frente a las acciones de control implementadas para el brazo robótico mediante métodos mencionados en el estado del arte."

- Se calculará el error de las posiciones angulares del robot con respecto a las entradas del sistema o sEMG con un conjunto de datos que no haga parte del conjunto de entrenamiento, con el propósito de verificar el rendimiento del modelo construido (Bishop, 2018).
- Se realizarán comparaciones de las técnicas de control implementadas para el análisis de los resultados obtenidos y resultados mencionados en el estado del arte (Bishop, 2018).

6. Referencias

Artículos

- D. L. Marruedo, *Control predictivo de sistemas no lineales con restricciones: estabilidad y robustez*. PhD thesis, Universidad de Sevilla, Sevilla, 2002.
- E. Andres and G. Cáceres, "Controlador basado en variables de estado para un Brazo de dos grados de libertad.," *Ingenio Magno*, vol. 2, no. 1, 2011.
- E. H. El-Shazly, M. M. Abdelwahab, A. Shimada, and R. I. Taniguchi, "Real time algorithm for ecient HCI employing features obtained from MYO sensor," *Midwest Symposium on Circuits and Systems*, vol. 1, no. October, pp. 1-4, 2016.
- F. D. E. Ciencias and D. E. L. A. Ingeniera, "INTERFAZ DE CONTROL DE MOVIMIENTO DEL BRAZO ROBÓTICO MITSUBISHI RV-2AJ MEDIANTE EL SISTEMA DE ADQUISICIÓN," tech. rep., UNIVERSIDAD UTE FACULTAD, Quito, 2018.
- F. Javier and J. Garca, "UTILIDAD DE LA ELECTROMIOGRAFÍA DE SUPERFICIE EN REHABILITACIÓN," *Estructura Organizativa de Gestión Integral del Área de Vigo (EOGI de Vigo)*. *Servizo Galego de Saúde*, vol. 1, no. April, p. 6, 2017.
- G. Betancourt and Gustavo, "Determinación de movimientos a partir de señales electromiográficas utilizando máquinas de soporte vectorial," *Revista Médica de Risaralda*, p. 15, 11 2005.
- J. Manuel, R. Cortes, and R. A. Palomares, *Extracción de Características y Clasificación de Señales Electromiográficas Utilizando la Transformada Hilbert-Huang y Por Ing . Irving Aaron Cifuentes González Tesis Sometida como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en ciencias en la espec.* PhD thesis, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica(INAOE), 2012.
- J. Andrés, G.-p. L. Enrique, M. Elkin, G. Florez, J. A. García-pinzón, L. E. Mendoza, and E. G. Florez, "\Control de brazo electromiográficas electrónico usando señales Electronic control arm using electromyographic signals Controle de braco electrónico usando sinais eletromiografacos," *Universidad de Pamplona*, vol. 24, no. 39, pp. 71-84, 2014.
- L. Gila, A. Malanda, and J. Navallas, "Métodos de procesamiento y análisis de señales electromiográficas Electromyographic signal processing and analysis methods," *Universidad de Navarra*, vol. 1, pp. 27{43, 2009.
- Molina, A; Villoria, M; García, H; SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL CONTROL DE UN BRAZO ROBÓTICO UTILIZANDO UNA BANDA DE CONTROL POR GESTOS Y TÉCNICAS DE APRENDIZAJE DE MÁQUINA, Programa de ingeniería Electrónica, Universidad del Quindío. 2020.

- S. He, C. Yang, M. Wang, L. Cheng, and Z. Hu, "Hand gesture recognition using MYO armband," *Proceedings - 2017 Chinese Automation Congress, CAC 2017*, vol. 2017-January, pp. 4850-4855, 2017.
- T. T. Garc, "Manual de procedimientos en electromiografía y electroneurografía," *Artículo especial*, vol. 1, pp. 11{16, 2011.

Libros

- C. M. Bishop and Pattern, *Pattern Recognition and Machine Learning*. USA: Library of Congress Control Number:, department ed., 2018.
- G. Cain, *Artificial Neural Networks: New Research*. New York, USA: Inc, nova scien ed., 2016.

Fuentes electrónicas

- D. S. Saenz, \Espalda y cuello." <https://espaldaycuello.com/motoneuronas-y-nervios-motores/>, 2018. Accedido: 2020-03-1.
- NORTH, \Welcome to MyoTM Support." <https://support.getmyo.com/hc/en-us/articles/202648103-Myo-Gesture-Control-Armband-tech-specs>, 2018. Accedido: 2020-03-3.

Sobre los autores

- **Angie Paola Molina Tique:** Estudiante de Ingeniería Electrónica Universidad del Quindío. apmolinat@uqvirtual.edu.co
- **María Fernanda Villoria Posso:** Estudiante de Ingeniería Electrónica Universidad del Quindío. mfvilloria@uqvirtual.edu.co
- **Hernán Felipe García Arias.** PhD. Profesor asistente Universidad del Quindío. hfgarcia@uniquindio.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2020 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)