

MYOARM: PRÓTESIS ROBÓTICA CON SENSADO EMG Y ENTRENAMIENTO CON REDES NEURONALES

Pérez-Rodríguez, Alfonso; Domínguez-Morales, Manuel*; Jiménez-Fernández, Ángel; Linares-Barranco, Alejandro

Grupo de Robótica y Tecnología de Computadores.

Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores. Escuela
Politécnica Superior. Universidad de Sevilla.

*E-mail: mjdominguez@us.es

RESUMEN

El proyecto consiste en la creación de un brazo robótico controlado remotamente a través de un brazalete desarrollado por Thalmic Labs, el cual es capaz de leer los biopotenciales de los músculos residentes del muñón de los usuarios. Este proyecto, tiene como propósito la creación de una alternativa económica a las prótesis activas no invasivas que existen en la actualidad. Nuestra prótesis es capaz de realizar las mismas funciones, pero a un precio mucho más asequible. Para poder realizar todas las funciones que una articulación normal, el brazo cuenta con varios elementos: Cuerdas que simulan tendones y permiten el movimiento de los dedos, engranajes que permiten el giro de la muñeca y motores, los cuales son capaces de generar el movimiento en función de los datos extraídos del brazalete. El brazalete es el encargado de transmitir la información de la mano al brazo robótico a través de un módulo inalámbrico que lo conecta con el ordenador, donde la señal que extrae el brazalete pasa por un proceso de filtrado para quedarnos con la información que nos interesa y transmitirla mediante el puerto USB a un microcontrolador, el cual será el encargado de mover los motores según las señales que reciba. Para evitar errores en la medida de los sensores, la información recibida por el pc proveniente del brazalete pasa un proceso de entrenamiento mediante redes neuronales antes de ser enviada al brazo robótico.

PALABRAS CLAVE

Redes neuronales, Exoesqueleto, Protésica, EMG.

ABSTRACT

The project consists of the creation of a robotic arm controlled remotely through a brace developed by Thalmic Labs, which can read the biopotentials of the muscles of the limb of the users. This project aims to create an economic alternative to non-invasive active prostheses that exist today. Our prosthesis can perform the same functions but at a so much affordable price. To perform all the functions of a normal joint, the arm has several elements. Strings that simulate tendons and allow the movement of the fingers, gears that allow the rotation of the wrist and motors, which can generate movement based on the data extracted from the bracelet. The bracelet is responsible for transmitting information from the hand to the robotic arm through a wireless module that connects it with the computer, where the signal that extracts the bracelet goes through a filtering process to keep the information that interests us and Transmit it through the USB port to a microcontroller, which will be in charge of moving the engines according to the signals received. To avoid errors in the measurement of the sensors, the information received from the bracelet is trained in the computer using a Neural Network architecture before sending the information to the robotic arm.

KEYWORDS

Neural Network, Exoskeleton, Prosthesis, EMG.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La evolución de la protésica es larga y está plagada de historias, desde sus comienzos primitivos, pasando por el sofisticado presente, hasta las increíbles visiones del futuro. Al igual que sucede en el desarrollo de cualquier otro campo, algunas ideas e invenciones han funcionado y se han explorado más detalladamente, como el pie de posición fija, mientras que otras se han dejado de lado o se han vuelto obsoletas, como el uso de hierro en las prótesis. El largo y complejo camino hacia el brazo computarizado comenzó alrededor del año 1500 a. C. y, desde entonces, ha estado en constante evolución. Ha habido muchos perfeccionamientos desde las primeras patas de palo y los primeros ganchos de mano, y el resultado ha sido la fijación y el moldeado altamente personalizados que se encuentran en los dispositivos actuales.

Actualmente la biónica es la aplicación de soluciones biológicas a la técnica de los sistemas de arquitectura, diseño, ingeniería y tecnología moderna. Asimismo, existe la ingeniería biónica que abarca varias disciplinas con el objetivo de concatenar (hacer trabajar juntos) sistemas biológicos y electrónicos, por ejemplo, para crear prótesis activadas por los robots controlados por una señal biológica o también crear modelos artificiales de cosas que solo existen en la naturaleza, por ejemplo, la visión artificial y la inteligencia artificial también llamada cibernética. Se podría decir, la biónica es aquella rama de la cibernética que trata de simular el comportamiento de los seres vivos haciéndolos mejores en casi todas las ramas por medio de instrumentos mecánicos.

La Biónica ha tenido un gran desarrollo en países como Alemania que cuenta con cursos titulados de ese mismo modo en distintas escuelas, Japón que tiene un gran desarrollo en Bio robots, Estados Unidos y Reino Unido. En Latinoamérica y España se cuenta también con desarrollos de este tipo. Tenemos que en México se fundó la carrera de Ingeniería Biónica en la UPIITA (Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas) del IPN (Instituto Politécnico Nacional) en 1996 la cual ha rendido frutos en la creación de artefactos biónicos. Tal como se dio con el ingeniero Luis Armando Bravo Castillo, graduado del IPN, al realizar su prótesis de brazo. La cual funciona por medio de señales eléctricas que emite la piel después de realizar contracciones musculares. Así el paciente crea un código que le permite poder mover su brazo.

En Estados Unidos, el 82% de las amputaciones se deben a enfermedades vasculares, el 22% a traumatismos, el 4% son congénitas y otro 4% tienen origen tumoral. Aproximadamente, 1,6 millones de personas en Estados Unidos conviven con una

amputación. 1,5 amputados por 1.000 habitantes en E.E.U.U. y Canadá. Según la Agencia para la Investigación y la Calidad del Cuidado de la Salud (Agency for Healthcare Research and Quality, AHRQ), cada año se hacen alrededor de 113.000 amputaciones de extremidades inferiores.

Existe una proporción de 3:1 entre hombres y mujeres (73.6% vs 26.4%). Las amputaciones ocurren predominantemente en miembros inferiores con un 84%, respecto a los miembros superiores con un 16%.

En miembros superiores la causa predominantemente es traumática con un 70,4% le sigue la causa congénita con un 18%.

En miembros inferiores la causa predominante es vascular con un 69,5% seguido de las traumáticas con un 22,5%.

Por lo tanto, vamos a intentar poner solución a un gran problema que afecta a millones de personas en el mundo (extrapolando las cifras antes vistas solamente en E.E.U.U. y Canadá).

El objetivo principal de este trabajo es la creación de prótesis activas no invasivas económicas. El usuario de esta prótesis la podrá manejar mediante un brazalete, el cual lleva integrado varios sensores (giróscopo, acelerómetro y electromiograma). Dicho brazalete, se colocará en el brazo del usuario y leerá los parámetros de las terminaciones musculares residentes del muñón del usuario, transmitiéndoselas a un microprocesador que moverá una serie de motores de la prótesis.

Para lograr este propósito, se ha seguido la técnica de “Divide y Vencerás”. Es decir, se ha separado el objetivo final del proyecto en unos más pequeños, los cuales se pueden realizar de manera individual, para finalmente juntarlos y obtener el objetivo principal.

METODOLOGÍA

El sistema está dividido en tres partes: el brazalete Myo (color verde), el ordenador (color azul) y el microcontrolador y el brazo (color rojo). La primera comunicación (entre el brazalete y el ordenador) se realiza mediante una conexión inalámbrica y la segunda comunicación (entre el ordenador y el microcontrolador) se realiza mediante una comunicación por puerto USB.

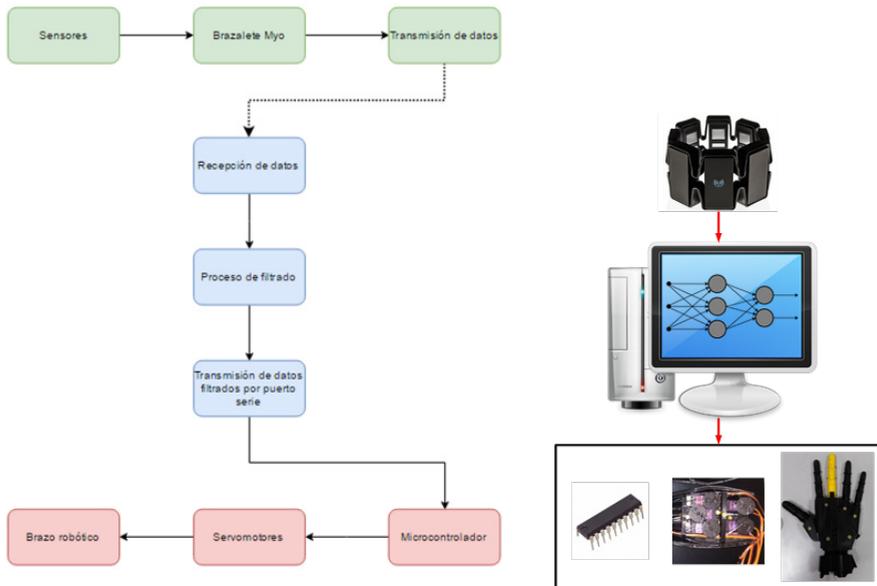


Figura 1. Arquitectura del sistema.

Desde el brazalete se envía la información obtenida de los sensores al ordenador. En el ordenador se ejecuta una aplicación de filtrado de la señal para quedarnos con los datos que nos interesan para el movimiento del brazo. Una vez la señal ha sido filtrada y tenemos los datos que queremos, transmitimos la señal de control al microcontrolador, el cual se encarga del movimiento de los servomotores y por tanto del movimiento del brazo robótico.

Los sensores del brazalete engloban las tecnologías utilizadas para medir los diferentes valores del brazo:

- Sensores de electromiografía: Son los sensores colocados en cada módulo del brazalete, se encargan de medir los biopotenciales de los músculos del brazo.
- Acelerómetro: Es el sensor encargado de tomar las medidas de las aceleraciones del brazo y muñeca.
- Giróscopo: Es el sensor encargado de tomar las medidas de los cambios de posición y giro de la muñeca y el brazo.

En la transmisión de datos de los valores leídos, se utiliza un módulo USB que proporciona el brazalete. El dispositivo permite enviar los datos a través de él de forma inalámbrica. En nuestro caso, está conectado al ordenador y el brazalete le envía los datos mediante *Bluetooth*.

En el ordenador se ejecuta una aplicación creada en Visual Estudio en idioma de programación C#, en la cual se reciben los datos del brazaletes y se realiza un entrenamiento mediante una red neuronal para ser capaz de discretizar la información a aportar al brazo; de esta forma el sistema requiere un proceso previo de entrenamiento, así como una gran cantidad de datos que entrenar antes de comenzar a dar una salida del sistema.

El resultado de la red neuronal se transforma en movimientos programados que se envían al microcontrolador para controlar la recepción de datos. En la placa, la cual se encarga de controlar el brazo completo, se encuentran las conexiones necesarias para el funcionamiento de los distintos dispositivos.

El brazo robótico se encarga de imitar los movimientos que ejercemos nosotros en el brazo que tenemos colocado el brazaletes. En la parte de los motores del brazo, se utilizan servomotores. Este tipo de motor es la mejor alternativa para la aplicación que desempeñara el brazo ya que podemos controlar el movimiento de los dedos y el giro de la mano. Los servomotores se encuentran conectados al microcontrolador a través de los pines de PWM de la placa. En este caso, los dispositivos no se alimentan desde el microcontrolador. Para la alimentación de los servomotores se usa una fuente de alimentación externa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, podemos ver el diagrama de bloques del funcionamiento del electromiograma:

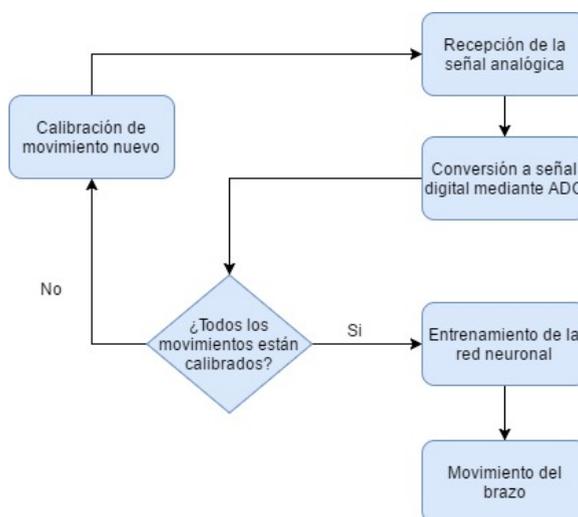


Figura 2. Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema.

Se recibe la señal analógica de los electrodos colocados en el brazalete, seguidamente, el conversor analógico digital de 8 bits que posee el brazalete, convierte la señal analógica en un rango digital de 0 a 255 bits, si los movimientos no están calibrados, se calibran todos los movimientos primeramente, después de tener todos los sensores perfectamente calibrados, hacemos que las muestras de calibración las entrene el sistema de red neuronal que hemos puesto en el código para que el programa sea capaz de distinguir bien los movimientos automáticamente. Por último, una vez que el sistema está entrenado, las señales se mandan al brazo para que se mueva de la forma que nosotros le mandamos a través de los biopotenciales eléctricos de los músculos.

La estructura de la red neuronal del sistema se compone por una capa de entrada, una de salida y una capa oculta. A continuación, puede observarse la estructura completa:

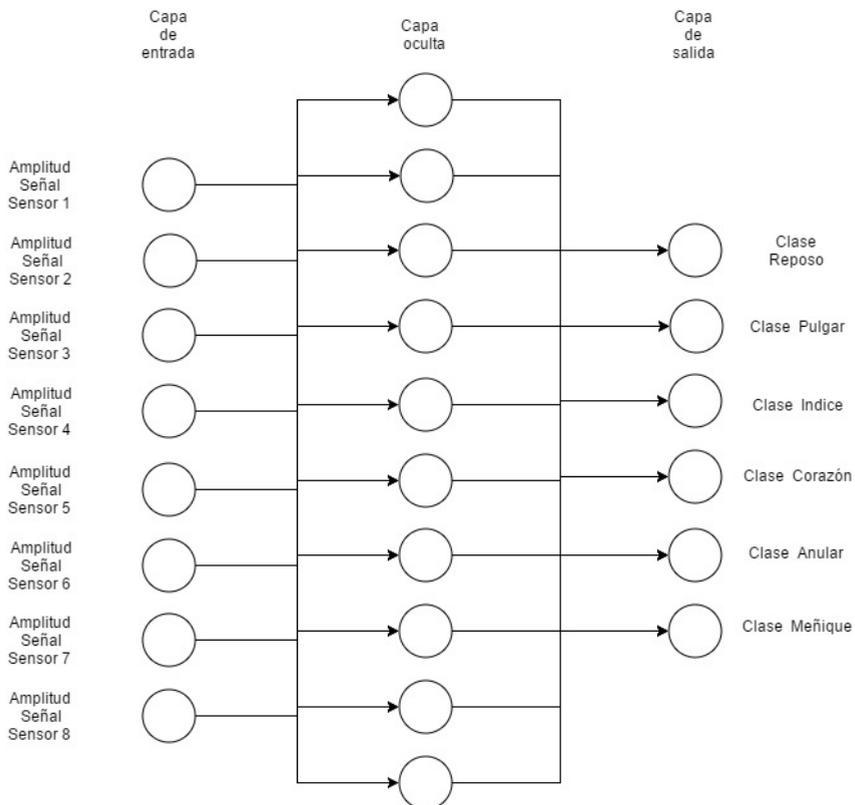


Figura 3. Estructura de la red neuronal.

Por otro lado, la aplicación desarrollada, encargada de la comunicación y el entrenamiento, puede observarse a continuación:

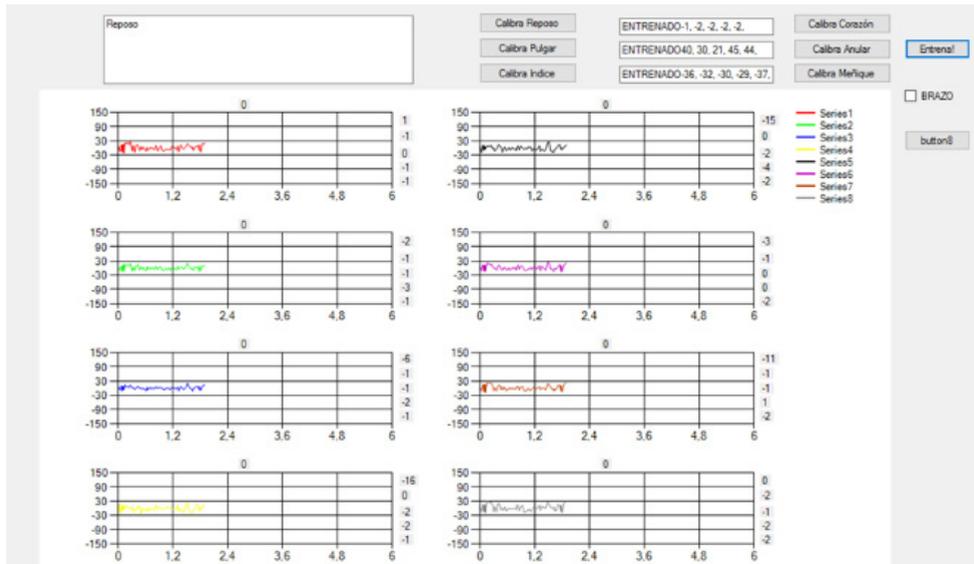


Figura 4. Aplicación de usuario.

En cuanto a las pruebas, se realizaron de tres tipos diferentes: en primera instancia se hicieron pruebas de integración del sistema para comprobar el correcto funcionamiento de todas las partes desarrolladas; seguidamente, para el entrenamiento del sistema se obtuvieron los porcentajes de acierto para varios sujetos y en múltiples ocasiones (los resultados del entrenamiento no bajaron en ningún caso del 85%); y finalmente se realizaron pruebas de usabilidad con los pacientes que habían servido de sujetos de prueba para la red neuronal.

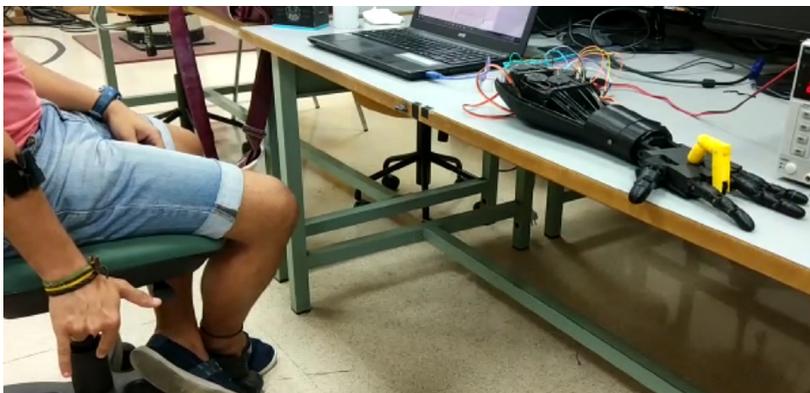


Figura 5. Prueba de funcionamiento.

CONCLUSIONES

Una vez finalizado el proyecto completamente, los objetivos del proyecto se han cumplido completamente. Se ha diseñado, integrado y testado un sistema basado en el movimiento de un brazo robótico a través de la lectura de los sensores EMG de un brazalete y el entrenamiento de la información recibida por el pc mediante redes neuronales.

El porcentaje de éxito tras el entrenamiento y testeo con 8 sujetos no disminuyó en ningún caso del 85%; estando la media por encima del 90% de éxito en la clasificación del sistema neuronal. Los resultados son satisfactorios y los usuarios han mostrado interés en la materia.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido desarrollado y financiado dentro del grupo de investigación TEP-108: Robótica y Tecnología de Computadores de la Universidad de Sevilla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Langevin, G. (2014). *InMoov-Open Source 3D printed life-size robot*. Recuperado de: http://www.amputee-coalition.org/spanish/inmotion/nov_dec_07/history_prosthetics.x96942pdf
- [2] Escribà Montagut, G., *et al.* (2016). *Inmoov robot: building of the first open source 3D printed life-size robot*. Tesis de Licenciatura.
- [3] Ciancio, A. L., *et al.* (2016). Control of prosthetic hands via the peripheral nervous system. *Frontiers in neuroscience*, 10, p. 116.
- [4] Ganiev, A., Shin, H.S., y Lee, K.H. (2016). Study on virtual control of a robotic arm via a myo armband for the selfmanipulation of a hand amputee. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(2), pp. 775-782.
- [5] Shin, H.S., Ganiev, A., y Lee, K.H. (2015). Design of a Virtual Robotic Arm based on the EMG variation. Proc. ASTL.
- [6] Yang, C., *et al.* (2015). Teleoperated robot writing using emg signals. En Information and Automation. *IEEE International Conference. IEEE*, pp. 2264-2269.

- [7] Sathiyarayanan, M., y Rajan, S. (2016). MYO Armband for physiotherapy healthcare: A case study using gesture recognition application. En *Communication Systems and Networks (COMSNETS), 8th International Conference*. IEEE, pp. 1-6.
- [8] Byoyali, A., Hashimoto, N., y Matsumoto, O. (2015). Hand posture and gesture recognition using MYO armband and spectral collaborative representation-based classification. En *Consumer Electronics (GCCE), IEEE 4th Global Conference*. IEEE, pp. 200-201.