

EMG-Space Shooter: Integración de Sensor MindRove para Desarrollo de Serious Games Controlados por Activación Electromiográfica del Brazo

Oña, E.D.^{a,*}, Bandini, A.^b, Micera, S.^{b,c}, Balaguer, C.^a, Jardón, A.^a

^aRobotics Lab, Universidad Carlos III de Madrid, Avda. de la Universidad, 30, 28911 Leganés, Madrid, España.

^bHealth Science Interdisciplinary Center, Scuola Superiore Sant'Anna, Viale Rinaldo Piaggio 34, Pontedera, Pisa, Italy

^cSwiss Federal Institute of Technology Lausanne (EPFL), Rte Cantonale, 1015 Lausanne, Suiza

To cite this article: Oña, E.D., Bandini, A., Micera, S., Balaguer, C., Jardón, A. 2023. EMG-Space Shooter: MindRove Bracelet Integration for Development of Serious Games Controlled by Electromyographic Arm Activation. XLIV Jornadas de Automática, 83-88. <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497498609.083>

Resumen

Los trastornos neurológicos como la enfermedad de Parkinson (PD), esclerosis múltiple, ictus, entre otros, son la causa más común de problemas sensorio-motores en adultos jóvenes, con una alta prevalencia en todo el mundo. Para ayudar en el tratamiento de este tipo de afectaciones, el uso de herramientas basadas en “serious games” y realidad virtual (RV) en el proceso de rehabilitación cognitiva y motora ha ido creciendo progresivamente en los últimos años. Este artículo presenta la integración de un dispositivo comercial tipo brazalete, para la detección de la actividad muscular electromiográfica (EMG) en la extremidad superior, en un entorno de videojuego que fomenta la actividad motora. El dispositivo utilizado es el sensor MindRove. El artículo también presenta el desarrollo de un *serious game* con una temática arcade, denominado EMG-Space Shooter, donde las acciones del juego (mover una nave o disparar) se comandan por medio de gestos que son detectados por medio del sensor MindRove. Para reconocer los gestos se utiliza un clasificador tipo Support Vector Machine (SVM) implementado en Python. Trabajos previos sobre el uso de *serious games* controlados por señales EMG del brazo han mostrado resultados prometedores en la recuperación funcional motora usando el brazalete MYO Armband, que ya no se encuentra comercialmente disponible. Así, este trabajo busca dar continuidad a dicha línea de investigación, haciendo uso de un nuevo sensor que permita potenciar las lecciones aprendidas en trabajos previos.

Palabras clave: Electromiografía, Extremidad superior, Rehabilitación, Control motor, Serious games.

EMG-Space Shooter: MindRove Bracelet Integration for Development of Serious Games Controlled by Electromyographic Arm Activation

Abstract

Neurological disorders such as Parkinson’s disease (PD), multiple sclerosis, and stroke, among others, are the most common cause of sensorimotor problems in young adults, with a high prevalence worldwide. The use of tools based on serious games and virtual reality (VR) has been growing progressively in recent years to help in the treatment of cognitive and motor impairments. This article presents the integration of a commercial bracelet-type device, which detects electromyographic (EMG) muscle activity on the upper extremity (UE), into a video game environment that encourages motor activity. The device used is the MindRove sensor. The article also presents the development of a serious game with an arcade fashion where gestures detected by the MindRove bracelet command the game’s actions (moving a ship or shooting). A Support Vector Machine (SVM) classifier implemented in Python recognizes the gestures performed by the user and sends the gesture ID to the videogame. Previous work on using EMG-controlled serious games has shown promising results in the UE motor function recovery using the MYO bracelet, which is no longer commercially available. Thus, this work seeks to continue this line of research, employing a new sensor that allows us to enhance the lessons learned in previous work.

Keywords: Electromyographic, Upper extremity, Rehabilitation, Motor control, Serious games.

* Autor para correspondencia: eona@ing.uc3m.es
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)

1. Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Banco Mundial, en el Informe Mundial sobre la Discapacidad, define la rehabilitación como: “un conjunto de medidas que ayudan a las personas que tienen o probablemente tendrán una discapacidad a conseguir y mantener el funcionamiento óptimo en interacción con su ambiente” (World Health Organization, 2011). Las poblaciones que requieren de servicios de rehabilitación son muy variadas, siendo las afectadas por patologías neurológicas una de las más demandantes.

En los últimos años, el desarrollo de sistemas de asistencia a la rehabilitación se ha centrado en este proceso como intervención (repetición de ejercicios), y donde la realidad virtual ha mostrado un gran potencial para fomentar la actividad motora debido a su natural componente motivacional (Oña-Simbaña et al., 2019). El uso de entornos en realidad virtual (parcial o completamente inmersiva) en procesos de rehabilitación, va de la mano del uso de sensores para capturar el movimiento del paciente, y reflejarlo en acciones dentro del entorno virtual (Oña et al., 2018).

Los sensores utilizados han ido cambiando con el tiempo, desde los primeros desarrollos con sensores enfocados a una interacción de cuerpo entero (i.e.: la Kinect, Xbox), hasta los que se enfocan en detectar movimientos o gestos de la mano (i.e.: Ultraleap, MYO armband). Este último, el sensor MYO Armband, implementa tecnología basada en la detección de las señales electromiográficas producidas por los músculos para identificar gestos de la mano. Actualmente, las técnicas basadas en electromiografía (EMG) revelan un valor clínico potencial en el cuidado de la salud con un enfoque específico en la neurorrehabilitación (Campanini et al., 2020; Pilkar et al., 2020).

Sin embargo, el trabajar con señales EMGs conlleva una gran complejidad. Las señales EMG están formadas por las variaciones en los estados de los músculos esqueléticos, que son desencadenadas por la intención humana transferida desde las neuronas a las extremidades correspondientes. Estas señales se pueden adquirir por métodos invasivos o no invasivos. Aunque los métodos invasivos proporcionan una mejor calidad de señal y más precisión, este enfoque implica procedimientos quirúrgicos para la implantación de electrodos, que presentan algunos inconvenientes como: el riesgo de contagiosidad, reacción de rechazo contingente, molestias y otras preocupaciones médicas.

Por otro lado, los enfoques no invasivos presentan una menor calidad de señal pero son fáciles de usar, y en términos comerciales existen diferentes modelos dependiendo de las aplicaciones finales. Los dispositivos capaces de adquirir las señales de electromiografía superficial (sEMG) pueden encontrarse comercialmente en diferentes formas, como bandas para medir la actividad muscular en los brazos o dispositivos con electrodos separados, con diferentes protocolos de comunicación como inalámbrico, Bluetooth o cable, y con diferente calidad de señales dependiendo del filtrado de bajo nivel y la calidad del material del electrodo. Todas estas características justifican el interés científico en el desarrollo y uso este tipo de sensores, siendo uno de los más destacados el MYO armband.

1.1. Trabajos relacionados

El sistema integrado de fábrica del MYO Armband se limita al reconocimiento de 5 gestos. Además, cuando el MYO Armband se utiliza en un escenario independiente del usuario, lo que significa que puede ser utilizado por nuevos usuarios sin formación previa, su precisión de reconocimiento cae del 83,1 % (dependiente del usuario) al 53,7 % (independiente del usuario) (Colli-Alfaro et al., 2019). Así, se han realizado desarrollos a medida en varios campos.

Hasta donde sabemos, se han realizado pocos estudios con brazaletes MYO para tratar las disfunciones de la destreza en personas con trastornos neurológicos. Macintosh *et al.* reclutó a 19 personas con parálisis cerebral, durante una intervención en el hogar de 4 semanas con videojuegos controlados por movimiento con MYO (MacIntosh et al., 2020). Lyu *et al.* probó MYO en 2 pacientes con accidente cerebrovascular crónico para distinguir entre la estrategia de movimiento deseada y las alternativas no deseadas, previamente probado en seis participantes sanos que practicaron la tarea durante una sesión con un total de 144 ensayos (Lyu et al., 2017). Esfahlani *et al.* determinó con precisión el rango de movimiento y la capacidad cinemática combinando la tecnología Kinect, el sensor MYO y un FootPedal con un entorno virtual semi-inmersivo llamado ReHabGame en 10 participantes sanos y 2 post-pacientes con accidente cerebrovascular, 2 pacientes con lesión cerebral traumática y 9 con esclerosis múltiple, como una herramienta de evaluación económica y basada en el hogar a través de un juego serio que constaba de cuatro escenarios (Esfahlani et al., 2018).

Finalmente, Totty *et al.* investigó con 10 personas sin discapacidades el monitoreo remoto de la actividad física utilizando MYO para evaluar la viabilidad de clasificar categorías de actividades de la vida diaria a partir de la Observación del comportamiento de la actividad del brazo funcional Escala del sistema (FAABOS) que utiliza datos de movimiento y activación muscular (Totty and Wade, 2017). Finally, previous work of the authors support the use of EMG-commanded video games as a rehabilitative tool in patients with MS, obtaining favorable outcomes related to upper limb functionality and satisfaction (Oña et al., 2022).

Sin embargo, el sensor MYO ya no se encuentra disponible comercialmente siendo necesario encontrar alternativas que igualen o mejoren sus prestaciones. En la actualidad, la alternativa más cercana al MYO es el sensor MindRove, cuyo sistema integra 8 canales EMG con una configuración tipo brazalete con un precio asequible. Dada su reciente entrada en el mercado, para el conocimiento de los autores, no existen estudios de aplicación realizados con este nuevo sensor.

El objetivo de este artículo es presentar la integración del sensor MindRove en una aplicación de rehabilitación motora con el uso de serious games. Para ello, se ha implementado un serious game con una temática arcade que fomente la adherencia. Por medio del brazalete Mindrove se detectarán las señales EMG cuando el usuario realice una serie de gestos predefinidos, y estos serán transferidos al vídeo juego para comandar diferentes acciones dentro de la dinámica del juego.

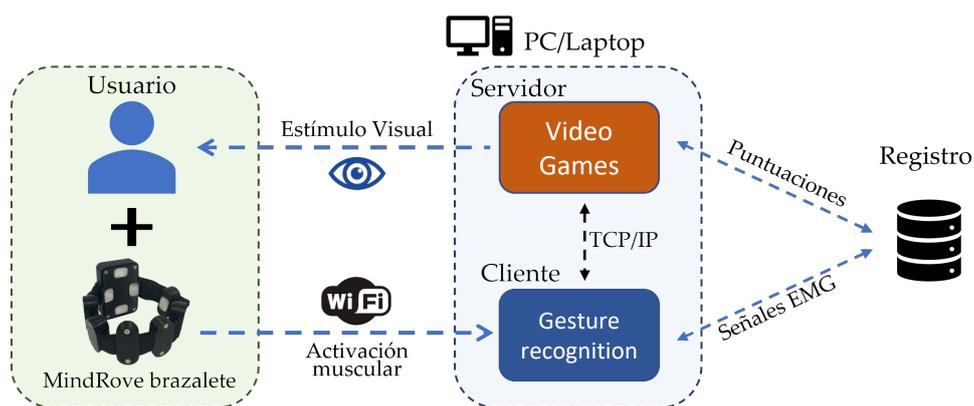


Figura 1: Proposed framework for EMG-based upper limb rehabilitation

2. Arquitectura del Sistema

La Figura 1 muestra los componentes del sistema propuesto. El sistema implementado en este trabajo busca promover la activación de los músculos del brazo comandando las acciones del videojuego por medio de gestos que son detectados con sensores EMG. Así, el sistema propuesto está compuesto por dos módulos: (1) el módulo de videojuegos, y (2) el módulo de reconocimiento de gestos. Ambos subsistemas fueron implementados en diferentes plataformas de desarrollo debido a las características particulares de las mismas. En consecuencia, se necesita un método para la transferencia de información. En este caso, se implementó un método servidor-cliente para comunicar los videojuegos y el bloque de reconocimiento de gestos usando sockets TCP/IP, quedando el videojuego del lado del servidor y el clasificador de gestos del lado del cliente.

Por un lado, el módulo de videojuegos pretende fomentar la repetición de movimientos incluidos en la fisioterapia convencional, como la pronación, la supinación, el agarre y las desviaciones de la muñeca, pero añadiendo los efectos motivacionales de la tecnología “*gaming*”. Así, el paciente puede interactuar con el videojuego mediante los gestos del brazo, que son detectados por sensores EMG. Así, cuando el usuario realiza un gesto con la mano, se repercute en una acción en el videojuego.

Por otro lado, el sistema de reconocimiento de gestos se basa en un clasificador pre-entrenado que identifica la activación muscular EMG cuando se realiza un gesto. La activación del músculo es detectada por un sensor tipo brazalete ubicado en el antebrazo del usuario, y se envía un vector al videojuego cuando se identifica con éxito un gesto. Así, el usuario puede interactuar con el videojuego de forma natural ya que el sensor no interfiere a la hora de realizar gestos.

Finalmente, el sistema almacena información relacionada con el desempeño del usuario. Durante la ejecución del videojuego se recopilan automáticamente dos tipos de datos: (1) la puntuación del videojuego y la configuración del juego (ajustes de usuario), y (2) los datos sin procesar de la activación muscular EMG. Esta información se puede utilizar en análisis posteriores para comprender mejor el rendimiento del paciente y la relación con las condiciones del juego (dificultad, tipo, repeticiones, etc.).

2.1. Herramientas utilizadas

Herramientas Hardware: Se empleó un dispositivo tipo brazalete sEMG desarrollado por MindRove Ltd. (MindRove, 2023), una empresa con sede en Budapest que se especializa en biodetección e interfaces cerebro-computadora. El brazalete MindRove cuenta con 8 electrodos de registro monopoles semisecos dispuestos en un patrón radial alrededor del antebrazo (Figura 2). Tiene una frecuencia de muestreo de 500 muestras por segundo. Además, el brazalete incorpora una unidad inercial de medida (IMU) de 9 grados de libertad (un acelerómetro de tres ejes y un giroscopio de tres ejes), cada uno muestreado a una frecuencia de 50 Hz. El sensor MindRove emplea un protocolo de comunicación inalámbrico WiFi.



Figura 2: Sensor MindRove

Herramientas Software: Para el desarrollo del módulo de videojuegos se ha utilizado el motor de juego Unity 3D y el lenguaje de programación C# para los scripts del juego. Unity es un motor de video juegos de código abierto, lo que permite que las aplicaciones creadas sean accesibles y gratuitas (Unity Tech., 2023).

Adicionalmente, se utilizó el software Visual Studio Code para implementar el sistema de reconocimiento de gestos basado en una aplicación en lenguaje Python. Para la recepción de las señales EMG se ha utilizado las librerías de BrainFlow (Parfenov, 2023). La aplicación captura y clasifica las señales EMG recibidas del MindRove, y envía a Unity un vector con el identificador del gesto detectado.

3. Sistema Implementado

En esta sección se describe el desarrollo de los módulos que componen el sistema propuesto. En primer lugar se describe el serious game implementado, así como sus funcionalidades y forma de uso. En segundo lugar se describe la integración del sensor Mindrove en la aplicación implementada para reconocer los gestos de la mano. La Figura 3 describe el modo de uso del sistema, donde el usuario debe colocarse el sensor Mindrove en el antebrazo para controlar el movimiento de un elemento del juego y obtener los máximos puntos posibles.



Figura 3: Modo de uso del sistema

A continuación se describen los detalles de implementación y funcionalidad de los dos módulos. Nótese que aunque en este trabajo solo se describe un serious game, el sistema de reconocimiento de gestos se podrá extrapolar a cualquier otro juego que implemente comunicación TCP/IP con sockets.

3.1. EMG-Space Shooter

El juego EMG-Space Shooter (ver Figura 4) adopta la mecánica de un videojuego arcade, en el que el jugador tiene el control del movimiento de una nave espacial. Los otros elementos del juego son obstáculos y naves enemigas. En la parte superior del juego, se muestran los puntos conseguidos así como el tiempo que dura la partida.

Al inicio de la partida, la nave espacial se encuentra en la parte inferior de la pantalla y en una posición central. Cuando empieza la partida, la nave comienza a moverse hacia delante a una velocidad constante. En el camino comienzan a aparecer obstáculos en forma de asteroides, y enemigos en forma de nave espacial alienígena. El usuario puede mover la nave espacial de forma lateral, con dos objetivos: esquivar obstáculos o destruir naves enemigas. Para destruir enemigos u obstáculos la nave controlada por el usuario puede disparar rayos láser.

En esta mecánica de juego, el usuario tiene la posibilidad de usar tres gestos: uno para el desplazamiento a la derecha, otro para desplazarse a la izquierda, y otro para disparar. Cada elemento destruido por el usuario suman 5 puntos si se trata de un asteroide, y 10 puntos si se destruye una nave enemiga. El juego termina cuando el tiempo de partida se acaba o el jugador

pierde todas las vidas. De forma predeterminada, el jugador tiene tres vidas y pierde una cuando es golpeado por un asteroide o una de los disparos de la nave enemiga.

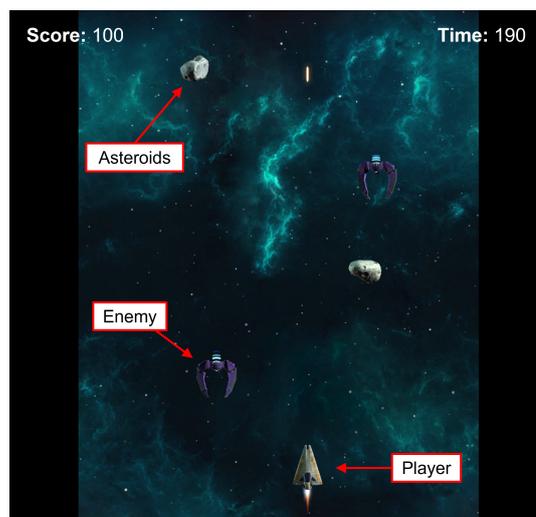


Figura 4: EMG-Space Shooter

Para este juego, se incluyeron las siguientes opciones para personalizar el nivel de dificultad: velocidad de movimiento de la nave (movimientos laterales), velocidad de avance de la nave (lo que requiere una mayor capacidad de reacción), frecuencia en la que aparecen los enemigos, hostilidad de las naves enemigas (pudiendo hacer que disparen o sigan el movimiento de la nave del usuario).

3.2. Integración del MindRove

Los sistemas de detección de gestos presentan tanto una estructura relativamente fija. En general, el proceso se suele llevar a cabo en dos etapas. Primero, se lleva a cabo el entrenamiento de un clasificador, que será el encargado de determinar posteriormente el gesto realizado. En una segunda etapa, con el clasificador ya entrenado, se adquiere la señal y se clasifica en tiempo real. Previamente, se tienen que recibir las señales EMG en tiempo real, con las que se alimentará el clasificador. Esta estructura se ha seguido en el presente trabajo, y se su implementación se describe a continuación.

3.3. Adquisición de la señal

La primera etapa involucra la adquisición de las señales EMG detectadas por el brazalete MindRove. El fabricante del sensor provee una API de desarrollo que utiliza por debajo BrainFlow (Parfenov, 2023), que es una librería destinada a obtener, depurar y analizar señales EEG, EMG, ECG y otros tipos de datos de biosensores.

Se ha desarrollado una aplicación en Python (v3.11.2) para recibir las lecturas del sensor. Esta aplicación requiere instalar manualmente la librería de BrainFlow para Python disponible en el repositorio de GitHub MindRove SDK Public 2.0¹. Usando PyP se usa el comando `pip install 'src\SDK_Public-2.0.0\win64\python'`.

¹https://github.com/MindRove/SDK_Public/releases/tag/v2.0.0

²<https://github.com/MindRove/MindRoveSDK>

La segunda alternativa es utilizar el MindRoveSDK 3.0² e instalar la librería *mindrove* para Python con el comando `pip install mindrove`. En este trabajo se han probado ambas alternativas y se han obtenido resultados similares.

Para empezar a usar el sensor, es necesario que el PC esté conectado al brazalete MindRove por medio de conexión Wi-Fi. Para ello, hay que buscar “MindRove_ARB_xx” en la lista de redes inalámbricas, conectarse y, si se le solicita, ingrese la contraseña “#mindrove”. Es recomendable usar el adaptador WiFi provisto para poder continuar usando el WiFi interno del PC para acceder a Internet, y elegir la opción “Conectar automáticamente”. Tras el primer inicio, Windows pregunta sobre los permisos de comunicación de la aplicación. Permita la comunicación en redes públicas y privadas. Una vez conectado el dispositivo, se lanza la aplicación de Python que recibe los datos con la estructura mostrada en la Tabla 1.

Tabla 1: Estructura de datos BrainFlow y MindRove.

Parámetro	Canales	Descripción
EMGs	0 - 7	Lectura de activación muscular
Resistencia	8 - 17	No aplica en este sensor
Batería	18	Nivel de la batería
Trigger	19	Valores de Beep o Boop si se usan
Acelerómetro	20 - 22	Lectura 3 ejes acelerómetro
Giróscopo	23 - 25	Lectura 3 ejes giróscopo
Paquetes	26	Contador de paquetes en cola
Time stamp	27	Marca de tiempo
Marcadores	28	No aplica en este sensor
Versión	29	Número de versión

Se puede observar que se reciben un total de 30 canales, donde 8 canales corresponden a la lectura EMG, y los demás a información adicional. En esta aplicación se han usado los canales de 0 a 7 correspondientes a las lecturas EMGs. A la hora de trabajar con señales EMG superficiales (a nivel de piel) se deben considerar diferentes aspectos adicionales. Por ejemplo, los factores de la piel como el sudor o el cabello, la ubicación de los electrodos sobre el músculo, la fatiga muscular, el ruido producido por el movimiento de los músculos, y los armónicos inducidos por la línea eléctrica de 50 Hz o 60 Hz. Además, la amplitud de la señal es del orden de mV, y necesita ser amplificada antes de su uso. Por ello, es necesario aplicar un procesamiento que consiste en la rectificación, el filtrado y la normalización de la señal.

En la Figura 5 se presenta el resultado del procesamiento de señal usado en este trabajo. Se puede apreciar las lecturas de los 8 canales EMG durante la ejecución de tres movimientos de flexión de muñeca. En este caso, se han aplicado un filtro paso banda de 56Hz entorno a la frecuencia de 30Hz, y dos filtros de segundo orden para eliminar los armónicos de red a 50 Hz y 60 Hz.

3.4. Clasificador de gestos

Para el reconocimiento de gestos, se ha utilizado un dataset generado a partir de 6 sujetos diestros sin discapacidad utilizando un dispositivo MindRove Armband (Márton and Nikomidisz, 2022). Las grabaciones contienen 7 gestos diferentes: flexión del pulgar, índice, medio, anular, meñique, flexión de muñeca (hacia dentro), extensión de muñeca (hacia fuera).

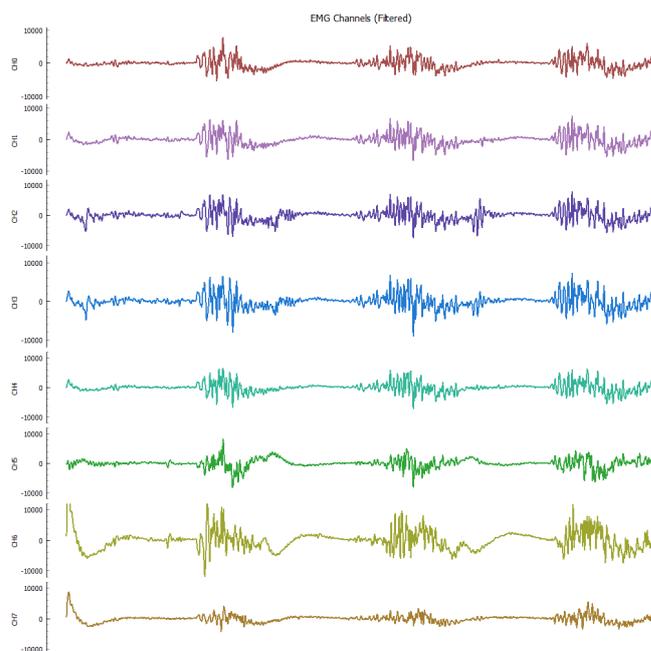


Figura 5: Lectura de señales EMG con BrainFlow (Flexión de muñeca)

En base a dicho dataset se ha entrenado un clasificador tipo Máquina de Soporte Vectorial (siglas en inglés SVM), que tendrá por labor determinar en el sistema final qué gesto se estará realizando. Este algoritmo de aprendizaje automático tiene como objetivo buscar un hiperplano que divida de manera óptima diferentes clases, en función de las estadísticas. Para ello, SVM determina las mayores distancias entre dos clases, es decir, el mayor margen que separa los hiperplanos.

Las características del dominio del tiempo son las que se emplean con más frecuencia para el reconocimiento de patrones EMG, ya que no es necesario transformarlas, lo que las hace sencillas y rápidas de calcular. Se basan en la amplitud de las señales de entrada. Para esta clasificación en particular, se utilizarán el valor absoluto medio (siglas en inglés MAV) y la integral cuadrática simple (siglas en inglés SSI). El MAV permite evaluar la intensidad de las contracciones musculares, mientras que el SSI es útil para representar la energía de la señal. Más detalles sobre la implementación del clasificador se pueden encontrar en otro trabajo (Hernandez Perez et al., 2023).

El clasificador devuelve como resultado un vector con 8 bits, cada uno correspondiente a un gesto. Es decir, el vector tendrá solo un bit activo a nivel alto correspondiente al gesto detectado, manteniéndose los demás a nivel bajo. Este vector se envía al videojuego por medio de un socket TCP/IP. En el lado del *serious game*, se lee en cada ciclo de ejecución los valores de dicho vector para ejecutar una acción en el juego. Para este primer prototipo, se han utilizado los gestos de flexión/extensión de muñeca para controlar el movimiento lateral de la nave, y con cualquiera de los otros gestos del dataset (puño cerrado, flexión del pulgar, índice, anular, medio, o meñique), se controla el disparo de rayos láser.

Para mejorar la detección, el brazalete MindRove se debe colocar en el antebrazo, tomando como referencia el epicóndilo humeral lateral para situar el electrodo más grande, y a una distancia de 5 cm con respecto del codo.

4. Discusión y Conclusiones

En la actualidad, el uso de la tecnología de videojuegos y realidad virtual (RV) está tomando más protagonismo dentro de los procedimientos de rehabilitación. Sin embargo, la RV no se utiliza por sí sola, sino que se complementa con el uso de sensores que capturen movimiento o alguna característica fisiológica del paciente (activación muscular, actividad neuronal, etc.) para poder interactuar con el sistema virtual. En un trabajo previo (Oña et al., 2022), se comprobó la viabilidad de usar un sensor tipo brazaletes para detectar las señales EMG del brazo, identificar el gesto que se ha realizado, y enviarlo a un entorno de videojuegos que promueve la repetición de dichos gestos. Dicho estudio se realizó con el sensor MYO en una muestra de pacientes con esclerosis múltiple, mostrando buenos resultados en cuanto a la satisfacción de los pacientes, así como mejoras en la funcionalidad de la extremidad superior. Sin embargo, nos encontramos con la discontinuidad del sensor MYO, siendo una limitación para incluir mejoras en el sistema implementado.

En este artículo se ha presentado el proceso de integración del sensor tipo brazaletes MindRove, con el objetivo de ser una alternativa fiable al sensor MYO en aplicaciones destinadas a la rehabilitación motora de la extremidad superior basada en *serious games*. Con el uso del nuevo sensor MindRove se busca igualar, o mejorar si es posible, los resultados obtenidos en trabajos previos (Oña et al., 2022), y abre las puertas a nuevas configuraciones de tratamiento en rehabilitación.

Por un lado, una de las mayores ventajas del sensor MYO armband fue su facilidad de uso con la configuración de brazaletes. Esto permitía que el paciente se coloque el sensor de forma sencilla y confortable. El nuevo sensor MindRove adopta dicha configuración tipo brazaletes lo que sugiere que la aceptación por parte de los usuarios sería similar. Aunque se han hecho comparativas preliminares en el rendimiento del MYO y MindRove (Copaci et al., 2022), es necesario realizar más estudios para evaluar el rendimiento del sensor MindRove en aplicaciones de neurorrehabilitación. Una de las limitaciones de nuestro trabajo previo usando el sensor MYO fue la dependencia de MatLab para la clasificación de gestos (Oña et al., 2022). El sistema propuesto en este artículo, integra un clasificador desarrollado en Python y que se puede integrar con el videojuego fácilmente, reduciendo los requerimientos software.

Por otro lado, con el sensor MindRove y al poder adquirir más de uno, se puede plantear un tratamiento bilateral utilizando ambas manos para realizar tareas de coordinación y sinergias motoras. En nuestro estudio previo (Oña et al., 2022) se utilizó un único sensor MYO, permitiendo únicamente tratar un brazo a la vez. Sin embargo, para poder implementar una estrategia bimanual nos encontramos con la discontinuidad en la fabricación del sensor MYO. El uso de tareas de coordinación que involucren las dos manos es de gran valor en rehabilitación neurológica, ya que se favorece la transferencia de las ganancias motoras de la terapia a la ejecución de actividades de la vida diaria.

Este trabajo es parte de un proyecto en marcha, que desarrolla tecnología multimodal basada en RV, y donde se estudiará la fiabilidad del sensor MindRove en particular, o sensores EMG en general, como herramienta de rehabilitación que complementa tratamientos basados en RV.

Agradecimientos

The research leading to these results has received funding from the the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness as part of the project: ROBOASSET: Intelligent robotic systems for assessment and rehabilitation in upper limb therapies” (PID2020-113508RB-I00), funded by AEI/10.13039/501100011033, and from the RoboCity2030-III-CM project (S2013/MIT-2748) which is supported in part by Programas de Actividades I+D en la Comunidad de Madrid, and in part by Structural Funds of the EU.

This publication is part of the R&D&I project PLEC2021-007819 funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and by the European Union NextGenerationEU/PRTR.

Referencias

- Campanini, I., Disselhorst-Klug, C., Rymer, W. Z., Merletti, R., 2020. Surface emg in clinical assessment and neurorehabilitation: barriers limiting its use. *Frontiers in Neurology* 11, 934.
- Colli-Alfaro, J. G., Ibrahim, A., Trejos, A. L., 2019. Design of user-independent hand gesture recognition using multilayer perceptron networks and sensor fusion techniques. In: 2019 IEEE 16th International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR). IEEE, pp. 1103–1108.
- Copaci, D. S., Arias, J., Moreno, L., Blanco, D., 2022. Evaluación y desempeño de los sensores myo armband y mindrove. In: XLIII Jornadas de Automática. Universidade da Coruña. Servizo de Publicacións, pp. 58–65.
- Esfahlani, S. S., Muresan, B., Sanaei, A., Wilson, G., 2018. Validity of the kinect and myo armband in a serious game for assessing upper limb movement. *Entertainment Computing* 27, 150–156.
- Hernandez Perez, S., Montesino Valle, I., Gonzalez Victores, J., Oña, E. D., Jardón, A., 2023. Ros2 gesture classification pipeline towards gamified neuro-rehabilitation therapy. XLIV Jornadas de Automática 2023.
- Lyu, M., Lambelet, C., Woolley, D., Zhang, X., Chen, W., Ding, X., Gassert, R., Wenderoth, N., 2017. Training wrist extensor function and detecting unwanted movement strategies in an emg-controlled visuomotor task. In: 2017 International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR). IEEE, pp. 1549–1555.
- MacIntosh, A., Desailly, E., Vignais, N., Vigneron, V., Biddiss, E., 2020. A biofeedback-enhanced therapeutic exercise video game intervention for young people with cerebral palsy: A randomized single-case experimental design feasibility study. *PloS one* 15 (6), e0234767.
- MindRove, 2023. Emg-based armband for detecting muscle movements. [Online] <https://mindrove.com/>, Accessed: Jan 21 2023.
- Márton, G., Nikomidisz, E., 2022. MindRove Armband EMG 2021. Tech. rep., CONCORDA, V1.
URL: <https://hdl.handle.net/21.15109/CONCORDA/OTJWWK>
- Oña, E. D., Balaguer, C., Cano-de la Cuerda, R., Collado-Vázquez, S., Jardón, A., 2018. Effectiveness of serious games for leap motion on the functionality of the upper limb in parkinson’s disease: a feasibility study. *Computational intelligence and neuroscience* 2018.
- Oña, E. D., Marcos-Antón, S., Copaci, D.-S., Arias, J., Cano-de-la Cuerda, R., Jardón, A., 2022. Effects of emg-controlled video games on the upper limb functionality in patients with multiple sclerosis: A feasibility study and development description. *Computational Intelligence and Neuroscience* 2022.
- Oña-Simbaña, E. D., Sánchez-Herrera Baeza, P., Jardón Huete, A., Balaguer, C., 2019. Review of automated systems for upper limbs functional assessment in neurorehabilitation. *IEEE Access* 7, 32352–32367.
- Parfenov, A., 2023. BrainFlow library. [Online] <https://brainflow.org/>, Accessed: Jan 21 2023.
- Pilkar, R., Momeni, K., Ramanujam, A., Ravi, M., Garbarini, E., Forrest, G. F., 2020. Use of surface emg in clinical rehabilitation of individuals with sci: barriers and future considerations. *Frontiers in Neurology* 11.
- Totty, M. S., Wade, E., 2017. Muscle activation and inertial motion data for noninvasive classification of activities of daily living. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 65 (5), 1069–1076.
- Unity Tech., 2023. Unity technologies. [Online] <https://unity.com/es>, Accessed: Jan 21 2023.
- World Health Organization, 2011. World report on disability. WHO, http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/report/en/ (Accessed October 2017).