INTERACCION
Revista Digital de AIPO
Asociación Interacción Persona-Ordenador
Vol. 2, No 2 (2021)
ISSN 2695-6578

Grupo de investigación: Laboratorio interuniversitario para el procesado de señales biomédicas y de fijación de la mirada

Research Group: Interuniversity Laboratory for the Biomedical Signal Processing and Gaze Fixation

Gonzalo Joya Caparrós
Dpto. Tecnología Electrónica
Instituto Universitario de Investigación en Telecomunicación (TELMA)
Universidad de Málaga
Málaga, España
gjoya@uma.es

Rafael M. Ávila Ávila
Dpto. de Licenciatura en Matemática
Universidad de Holguín
Holguín, Cuba
ravilaa62@gmail.com

Rodolfo V. García Bermúdez
Dpto. de Informática y Electrónica
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo, Ecuador
rodgarberm@gmail.com

Jacqueline Medrano Montero
Dpto. de Informática y Electrónica
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo, Ecuador
rodgarberm@gmail.com

Recibido: 28.10.2021 | Aceptado: 16.12.2021

Palabras Clave

Electrooculografía
Inteligencia computacional
Seguimiento de la mirada
Señales biomédicas

Resumen

El grupo Laboratorio Interuniversitario para el Procesado de Señales Biomédicas y de Fijación de la Mirada está formado por el Laboratorio de Procesamiento de Datos Biomédicos (GPDB) de la Universidad de Holguín (Cuba), el Laboratorio de Investigación en Inteligencia Artificial y sus Aplicaciones de la Universidad Técnica de Manabí (Ecuador), y el Laboratorio de Computación Neuronal y Señales Biomédicas (Grupo ISIS) de la Universidad de Málaga (España). Cuenta, como institución colaboradora y de referencia, con el Centro para la Investigación y Rehabilitación de las Ataxias Hereditarias (CIRAH) de Cuba. El objetivo principal del grupo es la investigación y docencia orientada al desarrollo de herramientas hardware y software para la detección temprana y evaluación de enfermedades neurodegenerativas (especialmente de la Ataxia Espinocerebelosa tipo 2) y la detección de problemas en la atención y el aprendizaje en línea, y su monitorización, mediante el uso de técnicas estadísticas y de aprendizaje automático. Este objetivo se concreta tanto en el desarrollo de hardware portable y de bajo coste para la captación y procesado de señales, como en el desarrollo de modelos computacionales de aprendizaje automático para la clasificación de los patrones obtenidos.

Keywords

Electrooculography
Computational intelligence
Eye tracking
Biomedical signals

Abstract

The Interuniversity Laboratory for the Processing of Biomedical Signals and Gaze Fixation group is made up of the Biomedical Data Processing Laboratory (GPDB) of the University of Holguín (Cuba), the Laboratory for Research in Artificial Intelligence and its Applications of the Technical University of Manabí (Ecuador), and the Laboratory of Neural Computing and Biomedical Signals (ISIS Group) of the University of Malaga (Spain). We have the Center for Research and Rehabilitation of Hereditary Ataxias (CIRAH) of Cuba as a collaborating and reference institution. The main objective

of the group is research and teaching for the development of hardware and software tools for the early detection and evaluation of neurodegenerative diseases (especially Spinocerebellar Ataxia type 2) as well as the monitoring of online learning by using statistical and machine learning techniques. This objective includes both the development of portable and low-cost hardware for the capture and processing of signals as well as the development of machine learning models for the classification of the patterns obtained.

1. Introducción

El grupo *Laboratorio Interuniversitario para el Procesado de Señales biomédicas y de Fijación de la Mirada* está formado por el Laboratorio de Procesamiento de Datos Biomédicos (GPDB) de la Universidad de Holguín (UHo, Cuba), el Laboratorio de Investigación en Inteligencia Artificial y sus Aplicaciones de la Universidad Técnica de Manabí (UTM, Ecuador), y el Laboratorio de Computación Neuronal y Señales Biomédicas (Grupo ISIS) de la Universidad de Málaga (UMA, España). Cuenta, como institución colaboradora y de referencia, con el Centro para la Investigación y Rehabilitación en Ataxias Hereditarias (CIRAH) de Cuba.

El objetivo principal del grupo es la investigación y docencia orientada al desarrollo de herramientas hardware y software para la detección temprana y evaluación de enfermedades neurodegenerativas, especialmente de la Ataxia Espinocerebelosa tipo 2 (SCA2), y a la detección de problemas en la atención y el aprendizaje en línea, y su monitorización, mediante el uso de técnicas estadísticas y de aprendizaje automático. Este objetivo se concreta tanto en el desarrollo de *hardware* portable y de bajo coste para la captación y procesado de señales, como en el desarrollo de modelos computacionales de aprendizaje automático para la clasificación de los patrones obtenidos.

La SCA2 constituye una enfermedad hereditaria, con carácter degenerativo del sistema nervioso, presentación clínica progresiva e invalidante y perteneciente a la clase de las ataxias de tipo autosómico dominante (Velázquez, et al. 2020a). Cuba, país en el que está ampliamente diseminada, tiene las mayores tasas de incidencia y prevalencia en el mundo. La provincia de Holguín exhibe la más alta prevalencia con valor de 47,86 por cada 100000 habitantes (Velázquez, et al. 2020b). Dicha región muestra los mayores porcentajes tanto de enfermos como de familias con ataxias pertenecientes a la forma molecular SCA2 (Hersheson et al. 2012).

El análisis de movimientos oculares como las sácadas, obtenidas a partir de electrooculogramas, ha sido relacionado con el comportamiento evolutivo y las manifestaciones de la SCA2 (Stoean et al. 2020). Estos estudios han sido motivados por la importancia de establecer procedimientos que permitan detectar síntomas tempranos de dicha enfermedad en aras de propiciar la intervención terapéutica mediante un oportuno proceso rehabilitador.

La detección en fase temprana de la SCA2 constituye un problema en el contexto científico y a la vez una prioridad para el Sistema de Salud Cubano, ejemplarizada en la creación del Centro de Investigación y Rehabilitación de Ataxias Hereditarias (CIRAH). Miembros de nuestro grupo, distribuidos entre todos los equipos que lo conforman, colaboran desde 2011 en la búsqueda de para esta detección temprana a partir de la caracterización electrofisiológica de los movimientos y el análisis de las velocidades y amplitudes de las sácadas. En tal sentido el trabajo de colaboración con el CIRAH y la Academia de Ciencias de Cuba (ACC) ha sido crucial. El objetivo de tal cooperación consiste en desarrollar un sistema de captación y procesado de las señales electrooculográficas que automatice la obtención de los indicadores clínicos, así como desarrollar técnicas de aprendizaje profundo para la clasificación de patrones que posibiliten la identificación precoz de la enfermedad.

Por otra parte, el equipo UTM inició recientemente la línea de investigación basada en Técnicas de seguimiento de la mirada, para la monitorización de distintas actividades, especialmente el entrenamiento de deportistas de alto nivel. La irrupción mundial de la enseñanza on-line, imponiendo como soporte de la información la pantalla electrónica individual, consecuencia de la pandemia de COVID-19, ha reorientado su investigación a detección de problemas de aprendizaje y su monitorización.

Las fortalezas y debilidades en ambas líneas de trabajo, así como la situación actual en relación con recursos materiales y humanos se analizan a continuación.

2. Análisis de las líneas de trabajo: electrooculografía y seguimiento de la mirada

La línea de trabajo "detección temprana y evaluación de la Ataxia Espinocerebelosa tipo 2" se inició hace dos lustros,

tomando como punto de partida la caracterización de los movimientos sacádicos y con ello, la captación y el procesado de señales electrooculográficas. Su desarrollo contó con el financiamiento sucesivo de proyectos PCI de la Agencia Española de Cooperación para el Desarrollo (AECID). Está centrada tanto el diseño hardware para la captación de señales, como el desarrollo de técnicas de inteligencia computacional para su procesado. Durante el tiempo transcurrido, el equipo de trabajo ha adquirido un considerable dominio tanto de los requerimientos del problema médico de fondo y de los recursos hardware y computacionales implicados en su tratamiento, como de las concepciones teóricas implicadas en el diseño del software que se necesita para la utilización de un dispositivo de captación de señales EOG-Eyetracker, utilizando una interfaz cerebro-máquina.

Así, la colaboración inicial entre miembros de UHo, UMA y CIRAH, incluye ahora a miembros de la UTM y de la Universidad de Craiova (UCV, Rumania). Entre los resultados de esta colaboración, se pueden destacar los siguientes: dotación de instrumentación para la puesta en marcha del Laboratorio del Grupo de Procesamiento de Datos Biomédico en UHO; la publicación de al menos 5 trabajos en revistas internacionales de primer nivel (Neurocomputing, Sensor, Plos ONE, o Mathematics entre otras) (Stoean et al. 2020); 6 capítulos en LNCS; numerosos TFG y TFM (Becerra 2014), en las universidades participantes y 1 tesis doctoral codirigida en la UMA en trámite de evaluación (Becerra 2021). Finalmente, gracias a un proyecto del Plan Propio de la Universidad de Málaga, hemos desarrollado un prototipo del equipo de captación y procesado portable y de bajo coste que será testeado por CIRAH, cuyo esquema se describe en la figura 1.

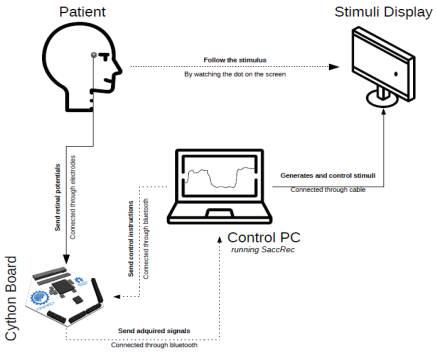

Figura 7: dispositivo y su interacción en el equipo de captación y procesado de registros electrooculográficos.

3. Situación actual, recursos y proyecciones futuras

El grupo está llevando a cabo en la actualidad, con financiación de la Agencia Andaluza de Cooperación Internacional para el Desarrollo, una fuerte renovación de equipamiento en sus tres laboratorios (con especial incidencia en los que se encuentran en la UHo y la UTM) y en el centro colaborador CIRAH. Tal renovación afecta por igual tanto a dispositivos de registro de señales electrooculográficas y de seguimiento de la mirada como a los sistemas informáticos para el procesado de datos y la simulación de modelos de inteligencia computacional. Se espera que tales acciones viabilicen un avance en las tareas de investigación y docencia en las tres universidades implicadas, así como en la línea asistencial del CIRAH.

Junto al referido proceso renovador de los laboratorios involucrados, se ha dado apertura a nuevas investigaciones como parte de la realización de dos tesis doctorales codirigidas cuyos doctorandos pertenecen a las universidades de Holguín y Manabí, respectivamente.

La primera de ellas está enfocada en la detección de anomalías en los movimientos oculares como parte de la caracterización electrofisiológica de los pacientes con SCA2, así como en el establecimiento de diferentes clases a partir del análisis de los registros electrooculográficos correspondientes [Autor1, 2021]. Entre las metas que se esperan alcanzar, aparte de la obtención de nuevos registros, están la aplicación de técnicas de clusterización con el fin de buscar patrones de regularidad para la identificación de las distintas fases de la enfermedad, modificar las técnicas de clasificación disponibles de modo que contribuyan al enriquecimiento de los resultados hasta ahora concretados [Autor2, 2020] y la implementación de algoritmos para sistemas inteligentes, útiles en el proceso de toma de decisiones en la institución colaboradora (CIRAH).

La otra tesis doctoral se plantea como objetivo la obtención de un modelo computacional de aprendizaje automático de los movimientos oculares de los estudiantes en actividades relacionadas con la enseñanza en línea, con el fin de predecir los resultados que obtendrán al realizar un examen, así como evaluar su nivel de conocimientos, habilidades y estrategias de resolución. Como resultado de este trabajo se prevé también ofrecer a la comunidad científica conjuntos de datos abiertos de los movimientos oculares captados en los experimentos que se realicen.

La realización exitosa de todos estos proyectos en el marco de la continuidad del trabajo de colaboración que realiza el grupo constituirá una contribución relevante al desarrollo de aspectos clave de las instituciones involucradas, en el desarrollo de capacidades de investigación de profesores y estudiantes, y el impacto de cada uno de estos centros en el ámbito de los objetivos de desarrollo sostenible de las comunidades en las que se encuentran, fomentando sinergias de trabajo conjunto entre las universidades participantes.

4. Reconocimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Agencia Andaluza de Cooperación Internacional para el Desarrollo a través del proyecto "Red universitaria para la investigación y docencia en técnicas de captación y procesado de señales electrooculográficas y de fijación de la mirada orientadas a la detección de enfermedades neurodegenerativas y a la monitorización del aprendizaje", y las Universidades de Málaga – Anadalucía Tech., Holguín (Cuba), Técnica de Manabí (Ecuador), y el Centro para la Investigación y Rehabilitación de Ataxias Hereditarias.

Referencias

Becerra-Garcia, R. (2014). Plataforma de procesamiento electrooculograma. Caso de estudio: pacientes con Ataxia Espinocerebelosa tipo 2. Tesis de Maestría en Informática Matemática aplicada a la Administración. Universidad de Holguín, Cuba.

Becerra-García, R. (2021). Technology for processing saccadic electrooculograms in people suffering with Spinocerebellar Ataxia type 2 (SCA2). Tesis doctoral. Departamento de Tecnología Electrónica. Universidad de Málaga (En proceso de revisión).

Hersheson, J., Haworth, A., Houlden, H. (2012). The inherited ataxias: genetic heterogeneity, mutation databases, and future directions in research and clinical diagnostics. Hum Mutat. 33(9):1324-32.

Mora Batista, C., Gálvez Lio, D., Joya Caparros, G. (2021). Detección de anomalías y clasificación en registros electrooculográficos de pacientes con Ataxia Espinocerebelosa tipo 2 (SCA2). Actas del Congreso Interacción, 2021. Málaga, España.

Stoean, R.; Stoean, C.; Becerra-García,R., García-Bermúdez, R.; Atencia-Ruiz, M. A.; Garcia-Lagos, F.; Velázquez Pérez, L.; Joya-Caparros, G. 2020. A Hybrid Unsupervised - Deep Learning Tandem for Electrooculography Time Series Analysis. PloS One. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236401

Velázquez Pérez, L., Vázquez Mojena, Y., Rodríguez Labrada, R. (2020a). Ataxias hereditarias y COVID-19: posibles implicaciones fisiopatológicas y recomendaciones. Anales de la Academia de Ciencias de Cuba, Volumen 10, Número 2. http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/rt/printerFriendly/801/830

Luis Velázquez-Pérez, Jacqueline Medrano-Montero, et al. ((2020b), Hereditay Ataxias in Cuba: A nationwide epidemiological and clinical study in 1001 patiensThe Cerebellum 19 (2); https://doi.org/10.1007/s12311-020-01107-9