

Implementación de una Interfaz Cerebro-Computadora basada en P300 para el Control e Interacción de Robots

15 de Agosto de 2024

1 Investigador principal

Nombre	Javier Mauricio Antelis Ortíz
Cargo	Profesor - Investigador
Institución de adscripción	Tecnológico de Monterrey
División a la cual pertenece	Departamento de Computación Escuela de Ingeniería y Ciencias
Dirección electrónica	mauricio.antelis@itesm.mx
Grado máximo de estudio	Doctorado
Disciplina	Ingeniería Biomédica y Computación
Especialidad	Neurotecnología e Interfaces Cerebro- Computador

Nombre	Omar Mendoza Montoya
Cargo	Profesor - Investigador
Institución de adscripción	Tecnológico de Monterrey
División a la cual pertenece	Departamento de Computación Escuela de Ingeniería y Ciencias
Dirección electrónica	omendoza83@tec.mx
Grado máximo de estudio	Doctorado
Disciplina	Ingeniería Biomédica y Computación
Especialidad	Neurotecnología e Interfaces Cerebro- Computador

2 Investigadores asociados

Eleazar Olivas Gaspar	A01731405@tec.mx
Janet Meza Hernández	A01747907@tec.mx
Allan Hernández López	A01351947@tec.mx
Manuel Alejandro Ramos Valdez	A00227837@tec.mx
José Oswaldo Sobrevilla Vázquez	A01412742@tec.mx
Hector Silverio Ceron Soto	A01638843@tec.mx

3 Duración del protocolo

Inicio	5 de Agosto de 2024
Fin	26 de Noviembre de 2024

4 Tipo de experimentación

Experimental y aplicativa.

5 Línea de investigación

Neurociencias, Tecnologías de la Computación, Robótica.

6 Lugar de la investigación

Laboratorio de Neurotecnología e Interfaces Cerebro-Computador (NTLab), Edificio del Ecosistema de Ingeniería, Arquitectura y Diseño (EIAD), Tecnológico de Monterrey, Guadalajara.

7 Resumen

7.1 Introducción y Justificación

La electroencefalografía (EEG) es una técnica no invasiva ampliamente utilizada para registrar la actividad eléctrica del cerebro. Esta tecnología ha permitido avances significativos en la creación de interfaces cerebro-computadora (BCI), que utilizan señales cerebrales para controlar dispositivos externos. Uno de los enfoques emergentes es la integración de BCI con otras tecnologías, como sistemas de seguimiento ocular (eye tracking), para crear interfaces híbridas que ofrecen nuevas posibilidades en la interacción humano-robot.

7.2 Objetivo de la Investigación

Este protocolo de investigación tiene como objetivo desarrollar y evaluar dos tipos de interfaces híbridas para el control de brazos robóticos (Dobots) en un entorno de competencia. En el primer experimento, se combinará un sistema de eye tracking con la detección de potenciales relacionados a errores (ErrP) obtenidos por EEG para controlar un brazo robótico en tareas de escritura y dibujo. En el segundo experimento, se compararán los tiempos de respuesta y la eficiencia entre una BCI basada en P300 y un sistema de eye tracking en la tarea de controlar dos Dobots jugando tic-tac-toe. Un brazo robótico será controlado por la BCI, mientras que el otro será gestionado mediante el eye tracker.

7.3 Metodología

Los participantes, todos mayores de edad, serán seleccionados para utilizar estas tecnologías en el control de los Dobots. Se registrarán tanto las señales EEG como los datos de seguimiento ocular durante las tareas. El desempeño de los sistemas se evaluará en términos de precisión, tiempo de respuesta y eficiencia en la ejecución de las tareas asignadas.

7.4 Impacto y Aplicaciones Futuras

Los resultados de este estudio proporcionarán una visión clara sobre la viabilidad y eficacia de las interfaces híbridas en el control de dispositivos robóticos. Este conocimiento es crucial para el desarrollo de soluciones tecnológicas que pueden restaurar la autonomía de individuos con discapacidades motoras, abriendo nuevas posibilidades para aplicaciones en rehabilitación y asistencia robótica. Además, este proyecto sentará las bases para futuras investigaciones y desarrollos en el campo de las interfaces cerebro-computadora y su integración con tecnologías de seguimiento ocular.

8 Objetivo

El objetivo principal de este estudio es desarrollar y evaluar la eficacia de interfaces híbridas para el control de brazos robóticos utilizando tecnologías de seguimiento ocular y electroencefalografía (EEG). Específicamente, el estudio se centrará en los siguientes objetivos:

- **Desarrollar un sistema híbrido de control:** Integrar un sistema de eye tracking con la detección de potenciales relacionados a errores (ErrP) obtenidos a partir de señales EEG para controlar un brazo robótico en tareas de escritura y dibujo.
- **Comparar la eficacia de las interfaces:** Evaluar y comparar el rendimiento de una interfaz cerebro-computadora (BCI) basada en el paradigma P300 frente a un sistema de eye tracking en la tarea de controlar dos brazos robóticos en un juego de tic-tac-toe.
- **Medir la precisión y eficiencia:** Analizar la precisión, tiempo de respuesta y eficiencia de los sistemas de control en la ejecución de las tareas asignadas, con el fin de determinar cuál de las tecnologías ofrece un control más rápido y eficiente de los brazos robóticos.
- **Explorar aplicaciones futuras:** Identificar posibles aplicaciones y mejoras de las interfaces híbridas en el contexto de rehabilitación robótica y asistencia tecnológica, así como su potencial impacto en la restauración de la autonomía en individuos con discapacidades motoras.

Estos objetivos buscan proporcionar una comprensión detallada de la viabilidad y las ventajas de integrar tecnologías de seguimiento ocular y EEG para el control de dispositivos robóticos, lo cual podría representar un avance significativo en la interacción humano-robot y en el desarrollo de soluciones tecnológicas para la asistencia en la vida diaria.

9 Hipótesis

En el presente estudio, se propone la integración de una interfaz cerebro-computadora (BCI) para el control de dos brazos robóticos. Se evaluará si el uso de un BCI basado en el paradigma P300 puede proporcionar un control más rápido y eficiente en comparación con el seguimiento ocular a través de eye trackers. Dado que ambos métodos permiten la interacción con los brazos robóticos, se espera que el BCI basado en P300 ofrezca un tiempo de respuesta inferior, debido a su capacidad de captar directamente las señales neuronales relacionadas con la intención de movimiento, en contraposición al seguimiento ocular, que depende de movimientos físicos y tiempo de procesamiento adicional.

10 Participantes

10.1 Criterios de inclusión y exclusión

Los participantes en este estudio deben ser adultos de edad legal, con pleno uso de sus capacidades físicas y mentales. Se excluyen individuos con antecedentes de enfermedades neurodegenerativas o que presenten condiciones que puedan introducir ruido en los datos EEG, como el Parkinson o la epilepsia.

11 Material y equipo

El equipo necesario para la investigación incluye:

- Dispositivos de EEG para la captura de señales cerebrales.
- Sistemas de seguimiento ocular (eye trackers) para registrar movimientos oculares.
- tres brazos robóticos Dobots para las tareas experimentales.
- Computadoras con software de análisis de datos y control de robots.
- Espacio adecuado para la instalación de los equipos y realización de los experimentos.



Figure 1: Amplificador G-Tec para la obtención de señales EEG.



Figure 2: G-Tec gorro GAMMA para colocación de electrodos.



Figure 3: G-Tec electrodos Ladybird para la obtención de señales EEG.



Figure 4: Tobii Fusion Pro eye tracker.



Figure 5: Brazo robótico Dobot Magician.

12 Descripción del procedimiento experimental

Durante el experimento, los participantes serán instruidos sobre el uso de los sistemas de eye tracking y BCI. Se realizarán pruebas en las que deberán controlar los brazos robóticos para realizar tareas específicas, como escribir, dibujar o jugar tic-tac-toe. Se registrarán las señales EEG y los datos de seguimiento ocular, y se evaluará la precisión, tiempo de respuesta y eficiencia de ambos métodos.

12.1 Preparación del equipo

Previo a la realización del experimento se deberá hacer la preparación adecuada del equipo que se estará usando durante el mismo.

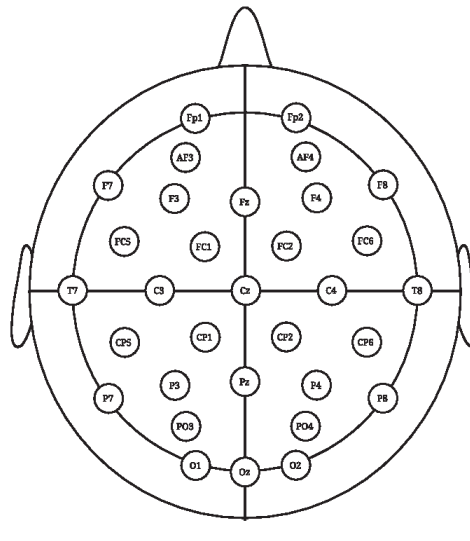


Figure 6: Configuración 10/20 para colocación de electrodos.

Para la colocación de electrodos a la hora de llevar a cabo la ejecución del experimento se deberá de elegir una configuración específica dentro de la configuración 10/20, por lo que se deberán de colocar 8 electrodos dentro de las 32 posibles ubicaciones mostradas en la figura anterior.

13 Aspectos Éticos y de Bioseguridad

El estudio será realizado siguiendo los principios éticos de investigación, incluyendo el consentimiento informado de los participantes y la protección de su privacidad. Se tomarán medidas para asegurar que los datos recolectados sean confidenciales y se almacenarán de manera segura. Además, se garantizará que el uso de los equipos no suponga ningún riesgo para la salud de los participantes.

14 Documentos complementarios

Se adjuntarán los siguientes documentos complementarios:

- Consentimiento informado.
- Protocolos de seguridad.
- Formularios de recolección de datos.
- Procedimientos de análisis de datos.