

3. Resumen de las aportaciones y el grado de innovación de la tesis (máximo una página)

La presente Tesis se centra en interfaces cerebrales basadas en señales electroencefalográficas (EEG) e interfaces oculares basadas en señales electrooculográficas (EOG) con el fin de controlar un brazo robot.

El trabajo ha estado enmarcada en un proyecto nacional del Ministerio de Ciencia e Innovación: Control de sistemas telerobóticos mediante interfaces avanzadas para personas discapacitadas (Referencia: DPI2008-06875-C03-03/DPI) dirigido por el Investigador José María Azorín y realizado desde el 01/01/2009 hasta el 31/12/2011. Además, del trabajo de Tesis doctoral han resultado numerosas publicaciones tanto en revistas de reconocida valía (con JCR) como contribuciones a congresos nacionales e internacionales.

Para el diseño de las interfaces EOG se han desarrollado tres algoritmos de procesamiento que permiten obtener la dirección de la mirada, el parpadeo y, en uno de ellos, cuánto ha mirado la persona en una dirección para aplicarlo a un control en velocidad. Los tres algoritmos han sido testeados con interfaces gráficas, que han permitido el entrenamiento de los usuarios, y con un brazo robot real.

Para el diseño de la interfaz cerebro-robot EEG se ha desarrollado un sistema no invasivo y espontáneo. Se han diseñado diversos algoritmos de procesamiento y clasificadores capaces de diferenciar entre tres tareas mentales. Para evaluar esta interfaz los usuarios han entrenado en una interfaz gráfica y, posteriormente, han realizado trayectorias con un brazo robot.

Puesto que la interfaz cerebral sólo es capaz de diferenciar entre tres tareas mentales, es muy complicada la realización de tareas complejas con un brazo robot. Por ello, se ha diseñado una arquitectura de control compartido que combina tecnología de Identificación de Radiofrecuencia (RFID) con la interfaz cerebral. Esta arquitectura se ha evaluado realizando tareas de agarre y desplazamiento de objetos con un brazo robot real.

Otra alternativa diseñada para la realización de tareas complejas ha sido el desarrollo de una interfaz multimodal que combina las interfaces cerebral y ocular desarrolladas. De esta forma puede emplearse el movimiento de los ojos para realizar movimientos en el plano, mientras que la interfaz cerebral controla la altura, permitiendo realizar movimientos en un entorno tridimensional. La interfaz multimodal se ha evaluado primero en una interfaz gráfica y, a continuación, con un brazo robot real trasladando objetos en diferentes alturas.

Las principales aportaciones obtenidas en el desarrollo de la presente Tesis son:

- Una interfaz ocular basada en señales EOG que permite obtener la dirección de la mirada del usuario así como el parpadeo.
- Una interfaz ocular basada en señales EOG que permite detectar, no sólo la dirección de la mirada, sino el ángulo de la mirada.
- Un estudio mediante imagen por resonancia magnética funcional (IRMf).
- Una interfaz cerebral no invasiva espontánea capaz de diferenciar entre tres tareas mentales.
- Una arquitectura de control compartido que combina la tecnología RFID con un BCI no invasivo espontáneo.
- Una interfaz multimodal que combina una interfaz EOG con un BCI no invasivo espontáneo mediante un control no simultáneo.
- Un análisis empírico de la interfaz multimodal en las pruebas realizadas con el brazo robot.