

Capítulo 7.

Revisión del uso de interfaces cerebro-computador con el paradigma de Potenciales Evocados Visuales en Estado Estable en el control de robots manipuladores

Diego Andrés Carvajal Solano¹

Nayibe Chio Cho²

Johann Barragán Gómez³

Cítese como: Carvajal-Solano, D. A., Chio-Cho, N. y Barragán-Gómez, J. (2023). Revisión del uso de interfaces cerebro-computador con el paradigma de Potenciales Evocados Visuales en Estado Estable en el control de robots manipuladores. En F. C. Gómez-Meneses, E. M. Moncayo-Torres y T. M. Piamba (comps.), *Aplicaciones tecnológicas de la Ingeniería Mecatrónica y sus impactos al desarrollo socioeconómico* (pp. 98-112). Editorial UNIMAR. <https://doi.org/10.31948/editorialunimar.214.c369>

Resumen

El uso de interfaces cerebro-computador en actividades de rehabilitación y asistencia es un campo con amplia investigación, existiendo para ello diversidad de paradigmas, métodos y aplicaciones; entre ellas, el control de robots manipuladores que permiten a usuarios con algún tipo de parálisis, desarrollar actividades cotidianas como, servirse un vaso de agua o mover objetos de forma independiente. En este artículo se realiza una revisión de la literatura, para conocer cómo han sido implementados estos sistemas entre los años 2012 y 2022 con el paradigma de Potenciales Evocados Visuales en Estado Estable, qué métodos de adquisición se utiliza y, cómo se realiza el procesamiento de las señales. Se encontró que los electrodos más utilizados son aquellos ubicados en la zona occipital y parietal del cráneo, que los estímulos son presentados con frecuencias bajas que no superan los 20 Hz y que hay algunas técnicas más utilizadas que otras para el procesamiento, como la Transformada Rápida de Fourier para extracción de características y el Análisis de Correlación Canónica en la clasificación.

Palabras clave: interfaz cerebro-computador BCI; robot manipulador; Potenciales Evocados Visuales en Estado Estable SSVEP.

¹ Programa de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Autónoma de Bucaramanga. Correo: dcarvajal275@unab.edu.co

² Programa de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Autónoma de Bucaramanga. Correo: nchio@unab.edu.co

³ Programa de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Autónoma de Bucaramanga. Correo: jbarragan262@unab.edu.co

Review of the use of brain-computer interfaces with the Steady State Visual Evoked Potentials paradigm in the control of manipulators robots

Abstract

The use of brain-computer interfaces in rehabilitation and assistance activities is a field with extensive research, with a diversity of paradigms, methods, and applications; among them, the control of manipulator robots that allow users with some type of paralysis to perform daily activities such as pouring a glass of water or moving objects independently. In this article, a literature review is carried out to know how these systems have been implemented between 2012 and 2022 with the paradigm of Steady State Visual Evoked Potentials, which acquisition methods are used, and how the signal processing is performed. It was found that the most used electrodes are those located in the occipital and parietal area of the skull, that the stimuli are presented with low frequencies that do not exceed 20 Hz, and that there are some techniques more used than others for processing, such as Fast Fourier Transform for feature extraction and Canonical Correlation Analysis in classification.

Keywords: brain-computer interface BCI; robot manipulator; Steady State Visual Evoked Potentials SSVEP.

Revisão do uso de interfaces cérebro-computador com o paradigma de Potenciais evocados visuais em estado estável no controle de robôs manipuladores

Resumo

O uso de interfaces cérebro-computador em atividades de reabilitação e assistência é um campo de extensa pesquisa, com uma diversidade de paradigmas, métodos e aplicações; entre eles, o controle de robôs manipuladores que permitem que usuários com algum tipo de paralisia realizem atividades diárias, como servir um copo de água ou mover objetos de forma independente. Neste artigo, é feita uma revisão da literatura para saber como esses sistemas foram implementados entre 2012 e 2022 com o paradigma dos Steady State Visual Evoked Potentials, quais métodos de aquisição são usados e como é feito o processamento do sinal. Verificou-se que os eletrodos mais utilizados são os localizados na área occipital e parietal do crânio, que os estímulos são apresentados com baixas frequências que não ultrapassam 20 Hz e que há algumas técnicas mais utilizadas do que outras para o processamento, como a Transformada Rápida de Fourier para extração de características e a Análise de Correlação Canônica na classificação.

Palavras-chave: interface cérebro-computador BCI; robô manipulador; Steady State Visual Evoked Potentials SSVEP.



Introducción

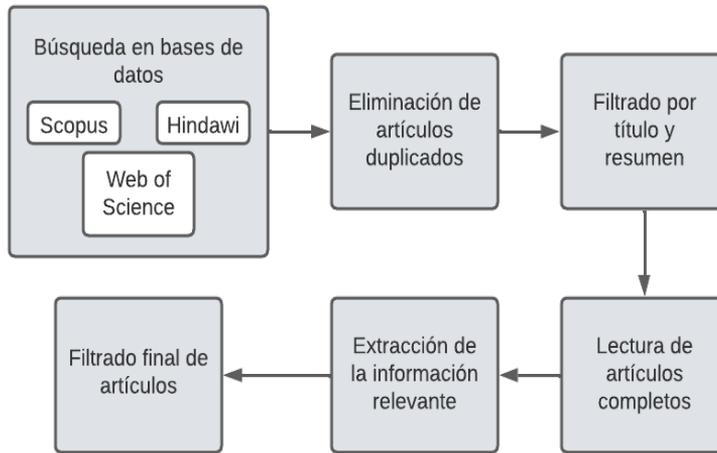
Una interfaz cerebro-computador (BCI) es un sistema que permite la comunicación directa entre el cerebro y una máquina, por lo que también se llama interfaz cerebro-máquina (BMI, por sus siglas en inglés). Esta comunicación permite determinar la intención de un usuario para interactuar con un elemento de su entorno, por lo que puede ser utilizada para diversas aplicaciones como, por ejemplo, el control de drones (Dumitrescu et al., 2021), robots móviles (Liu et al., 2020), exoesqueletos (Gordleeva et al., 2017) o brazos robóticos (Achic et al., 2016; Chen et al., 2020; Du et al., 2021; Ha et al., 2021; Kubacki, 2021; Postelnicu et al., 2019; Rakshit et al., 2016; Yang et al., 2018; Zhang et al., 2017), usados principalmente en tareas de asistencia, permitiendo que personas con parálisis puedan manipular objetos y realizar diferentes tareas de forma independiente.

El objetivo de este artículo es conocer cómo se realiza la implementación de interfaces BCI para el control de robots manipuladores con el paradigma SSVEP, desde el hardware y software de adquisición, las localizaciones de los electrodos, los paradigmas utilizados, las frecuencias de los estímulos, hasta los diferentes métodos de procesamiento que permiten determinar la intención del usuario. Para esto se presenta la metodología utilizada para realizar la búsqueda y selección de los artículos consultados; posteriormente, la información extraída de los artículos y, finalmente, las conclusiones obtenidas.

Metodología

Como se observa en la Figura 1, para la revisión bibliográfica se realizó inicialmente la búsqueda de los artículos relacionados con BCI, robots manipuladores, robótica de asistencia y el paradigma SSVEP en tres bases de datos: Scopus, Web of Science y Hindawi. El resultado de estas búsquedas arrojó un listado de 800 artículos relacionados con los temas de estudio, de los cuales fueron eliminados 201 artículos duplicados, utilizando Microsoft Excel, filtrando por título y resumen.



Figura 1*Metodología de la revisión bibliográfica*

Sobre los 699 artículos restantes se hizo la lectura de título, resumen y palabras clave, con el fin de identificar el tipo de señal cerebral utilizada: Electroencefalografía (EEG), Magneto encefalografía, Electroencefalografía, etc., el paradigma implementado (i.e. SSVEP, Imaginación motora, P300, etc.) y la aplicación desarrollada (control de drones, exoesqueletos, robots humanoides, robots manipuladores, etc.). Posterior a esto, se seleccionó 43 artículos que utilizan señales EEG, el paradigma SSVEP que realiza aplicaciones de control de robots manipuladores y, también, los artículos que no mencionan una o más de estas características, para realizar la lectura completa de los artículos.

De la lectura de los 43 artículos se identificó las características restantes y se eliminó aquellos que no trataban los temas de interés, arrojando como resultado un listado de 22 (Tabla 1), de los cuales se extrajo información como métodos de pre-procesamiento, extracción de características, clasificación, electrodos, hardware, software y frecuencias utilizadas.

Tabla 1*Artículos revisados*

Autor(es)	Título	Referencia
Achic F., Montero J., Peñaloza C., Cuellar F.	Hybrid BCI System to operate an electric wheelchair and a robotic arm for navigation and manipulation tasks.	Achic et al. (2016)

Autor(es)	Título	Referencia
Boboc R., Voinea G., Postelnicu C., Girbacia F.	Usability assessment of a multimodal hybrid interface for robotic arm command	Boboc et al. (2019)
Cao L., Li G., Xu Y., Zhang H., Shu X., Zhang D.	A brain-actuated robotic arm system using a non-invasive hybrid brain-computer interface and shared control strategy	Cao et al. (2021)
Chen X., Zhao B., Gao X.	Noninvasive brain-computer interface based high-level control of a robotic arm for pick and place tasks	Chen et al. (2018)
Chen X., Huang X., Wang Y., Gao X.	Combination of augmented reality based brain-computer interface and computer vision for high-level control of a robotic arm	Chen et al. (2020)
Du S., Wang F., Zhou G., Li J., Yang L., Wang D.	Vision-based robotic manipulation of intelligent wheelchair with human-computer shared control	Du et al. (2021)
Gao Q., Dou L., Belkacem A., Chen C.	Noninvasive electroencephalogram based control of a robotic arm for writing task using hybrid BCI System	Gao et al. (2017)
Ha J., Park S., Im C., Kim L.	A hybrid brain-computer interface for real-life meal-assist robot control	Ha et al. (2021)
Han X., Lin K., Gao S., Gao X.	A novel system of SSVEP-based human-robot coordination	Han et al. (2019)
Kubacki A.	Use of force feedback device in a hybrid brain-computer interface based on SSVEP, EOG, and eye tracking for sorting items	Kubacki (2021)
Li Z., Yuan W., Zhao S., Yu Z., Kang Y., Chen C.	Brain-actuated control of dual-arm robot manipulation with relative motion	Li et al. (2019)
Lin C., Deng X., Yu Z., Gu Z.	A SSVEP-based BCI for controlling a 4-DOF robotic manipulator	Lin et al. (2019)
Peng F., Li M., Zhao S., Xu Q., Xu J., Wu H.	Control of a robotic arm with an optimized common template-based CCA method for SSVEP-based BCI	Peng et al. (2022)
Postelnicu C., Girbacia F., Voinea G., Boboc R.	Towards hybrid multimodal brain computer interface for robotic arm command	Postelnicu et al. (2019)
Rakshit A., Lahiri R., Ghosal S., Sarkar A., Ghosh S., Konar A.	Robotic link position control using brain computer interface	Rakshit et al. (2016)
Rakshit A., Ghosh S., Konar A., Pal M.	A novel hybrid brain-computer interface for robot arm manipulation using visual evoked potential	Rakshit et al. (2017)
Vargas G., Takeda R., Leite H., Costa T., Attux R., Carvalho S.	Online control of a robotic manipulator by a brain-computer interface based on SSVEP	Vargas et al. (2019)

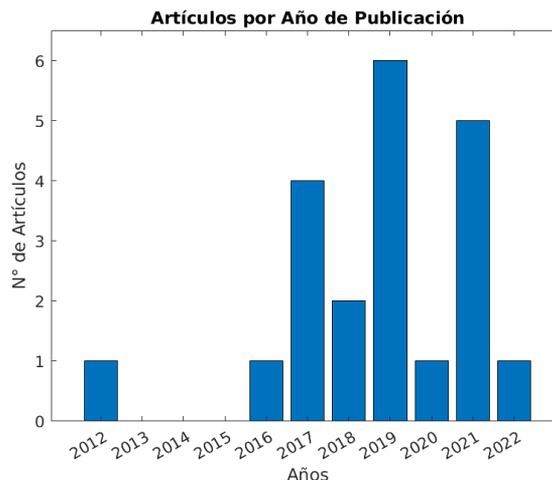
Autor(es)	Título	Referencia
Yang C., Wu H., Li Z., He W., Wang N., Su C.	Mind control of a robotic arm with visual fusion technology	Yang et al. (2018)
Yin D., Dai F., Yin M., Yuan Y., Zhu Y.	Research on recognition and application of EEG signal based on SSVEP-BCI	Yin et al. (2021)
Zhang W., Sun F., Liu C., Su W., Tan C., Liu S.	A hybrid EEG-based BCI for robot grasp controlling	Zhang et al. (2017)

Resultados

En la Figura 2 se observa los años de publicación de los 22 artículos seleccionados; se puede apreciar la evolución de la investigación en el uso de interfaces BCI con el paradigma SSVEP para el control de robots manipuladores.

Figura 2

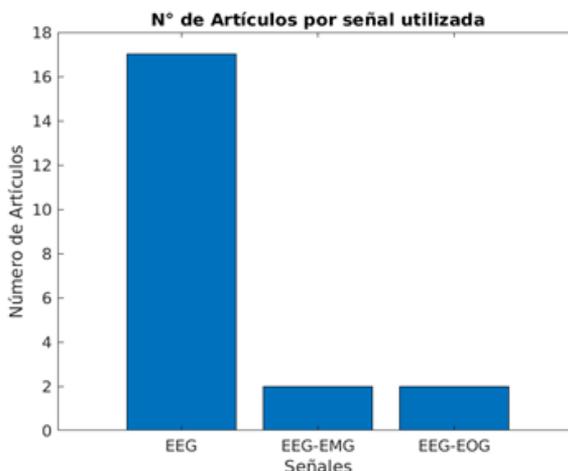
Cantidad de artículos publicados por año



Si bien el foco de esta revisión bibliográfica es el uso de señales EEG, la Figura 3 permite evidenciar cómo, en algunos casos, se hace combinaciones con otras señales, como por ejemplo, EMG o de electrooculografías (EOG), con el fin de aumentar la cantidad de comandos disponibles que tiene el usuario, como en el sistema desarrollado por Zhang et al. (2017), en el cual las señales EEG son usadas para el control del robot, mientras que las señales EOG son usadas para el control de la pinza.

Figura 3

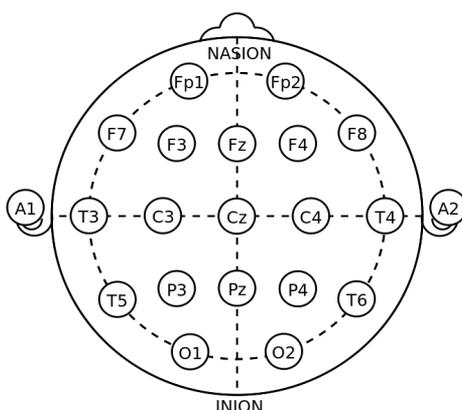
Señales utilizadas por los artículos



Para la obtención de estas señales es necesario utilizar dispositivos capaces de medirlas, amplificarlas y digitalizarlas, para que puedan ser interpretadas por las computadoras en las que se hace el análisis. Algunos ejemplos de estos dispositivos son los amplificadores Neuroscan o USBamp, o cascos como el Active Two o el Emotiv EPOC. Los cascos, a su vez, utilizan electrodos que se ubican en localizaciones específicas del cráneo. La Figura 4 muestra las diferentes localizaciones y nombres dados a los electrodos, según el sistema internacional 10-20, uno de los más utilizados.

Figura 4

Ubicación de los electrodos en el sistema internacional 10-20

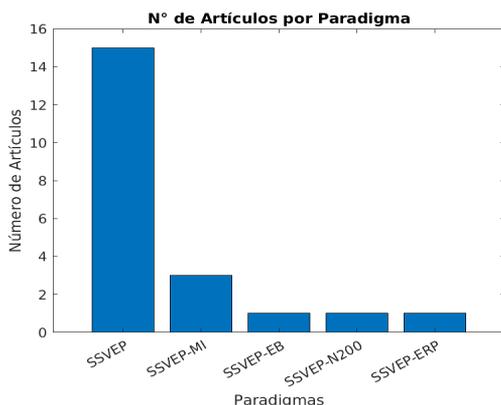


Dependiendo de la ubicación del electrodo en el cráneo, se puede obtener diferentes tipos de información, ya que se ubican sobre los diferentes lóbulos del cerebro: frontal, temporal, parietal y occipital. La Figura 5 muestra los

paradigmas para brindarle una mayor cantidad de comandos al usuario, como hacen Cao et al. (2021), quienes utilizaron el paradigma SSVEP para realizar el movimiento del efector final de un robot manipulador sobre un plano horizontal, mientras que, para ejecutar el movimiento vertical del efector final, usaron el paradigma de Imaginación Motora (MI, por sus siglas en inglés).

Figura 7

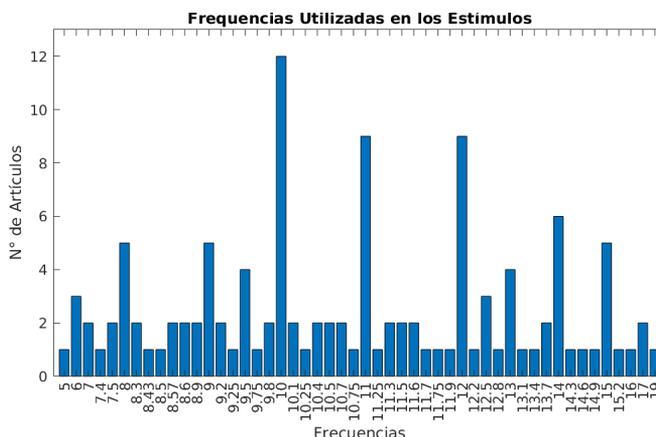
Paradigmas y combinaciones utilizados



El paradigma SSVEP consiste en mostrar al usuario un conjunto de estímulos visuales que destellan a diferentes frecuencias; cada uno de estos estímulos está asociado a un comando específico. Cuando el usuario decide realizar un comando, concentra su vista en el estímulo correspondiente, lo que ocasiona que las señales cerebrales se sincronicen a la frecuencia del estímulo y, posteriormente, al realizar el procesamiento de las señales y detectar su frecuencia, se puede determinar cuál es el comando que quiere ejecutar el usuario. En la Figura 8 se evidencia las diferentes frecuencias utilizadas en los estímulos de los artículos revisados.

Figura 8

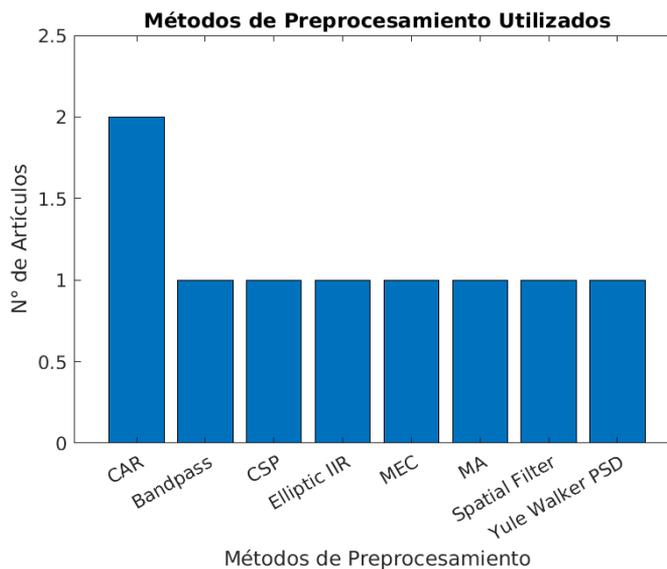
Frecuencias de estímulo y cantidad de artículos que las usan



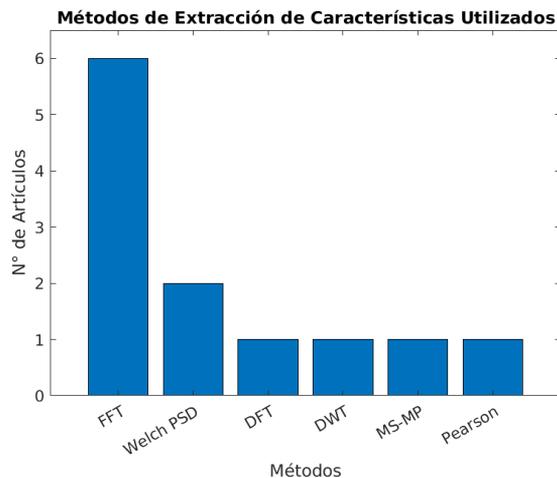
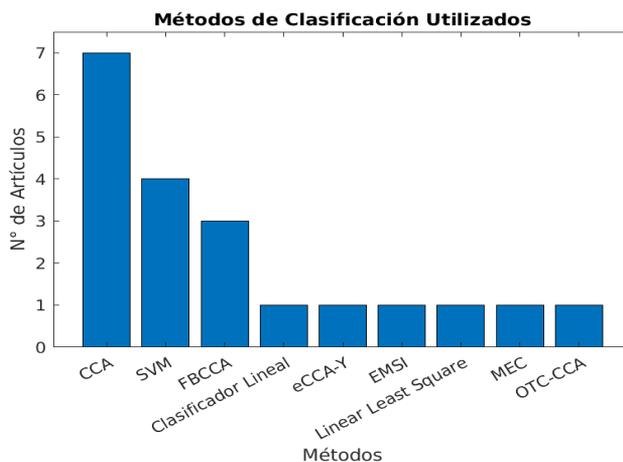
Una vez se toma las señales EEG, para poder determinar el comando deseado por el usuario, se realiza el procesamiento que consiste principalmente en tres etapas: pre-procesamiento, extracción de características y clasificación. La primera consiste en eliminar de la señal todos aquellos componentes no deseados para el análisis; estos pueden ser ambientales como el ruido producido por el mal contacto de los electrodos y la interferencia ocasionada por la red eléctrica o, componentes biológicos ocasionados por movimientos musculares del usuario. Algunos métodos de pre-procesamiento son la referencia promedio común (CAR) (Cao et al., 2021; Vargas et al., 2019), el método de patrones espaciales comunes (CSP) (Rakshit et al., 2017), media móvil (MA) (Rakshit et al., 2017), combinación de mínima energía (MEC) (Grigorescu et al., 2012) o, la densidad del espectro de potencia de Yule Walker (Rakshit et al., 2016). En la Figura 9 se muestra los métodos de pre-procesamiento implementados en los artículos revisados y la cantidad de artículos que los implementan.

Figura 9

Métodos de pre-procesamiento



El siguiente paso en el procesamiento de las señales es la extracción de características; en esta etapa se busca representar las señales en una alternativa que permita reconocer más fácilmente las características de la señal. La Figura 10 presenta los diferentes métodos de extracción de características utilizados en los artículos revisados; estos métodos incluyen la transformada discreta de Fourier (Vargas et al., 2019), la transformada rápida de Fourier (Achic et al., 2016; Cao et al., 2021; Chen et al., 2020; Du et al., 2021; Li et al., 2019; Yang et al., 2018), la densidad del espectro de potencia de Welch (Rakshit et al., 2017; Vargas et al., 2019), entre otros.

Figura 10*Métodos para extracción de características***Figura 11***Métodos de clasificación*

Después de realizar la extracción de características, el último paso en el procesamiento de las señales es la clasificación; en este paso se busca identificar por medio de ellas, el comando que el usuario desea ejecutar. Para hacer la clasificación existen diferentes tipos de metodologías. En la Figura 11 se presenta las metodologías utilizadas por los diferentes autores; una de ellas es el análisis de correlación canónica (CCA) (Boboc et al., 2019; Du et al., 2021; Gao et al., 2017; Lin et al., 2019; Yang et al., 2018; Zhang et al., 2017; Zhang et al., 2018) o, variaciones de este método, como el análisis de correlación canónica de banco de filtros (FBCCA) (Cao et al., 2021; Chen et al., 2018; Chen et al., 2020), el método eCCA-Y, desarrollado e implementado por Yin et al. (2021) o, el método de análisis canónico de correlación basado en plantillas comunes optimizadas (OCT-CCA) (Peng et al., 2022). Entre

otras metodologías, están las máquinas de vector soporte (SVM) (Han et al., 2019; Kubacki, 2021; Li et al., 2019; Rakshit et al., 2017), una de las más utilizadas, clasificadores lineales o clasificadores como la extensión al índice de sincronización multivariable empleado por Ha et al. (2021)

Conclusiones

En este documento se ha revisado diferentes artículos publicados entre los años 2012 y 2022, con el propósito de conocer los métodos y técnicas implementados para realizar el control de robots manipuladores por medio de interfaces BCI utilizando el paradigma SSVEP. Encontramos que, si bien aún predomina el uso único de señales EEG utilizando solo el paradigma SSVEP, hay una tendencia a investigar la combinación de señales y paradigmas con el fin de ampliar la cantidad de comandos que puede utilizar un usuario y, de esta forma, aumentar la cantidad de tareas que puede ejecutar.

En cuanto a los electrodos utilizados por los autores, se puede notar el mayor uso de electrodos ubicados sobre los lóbulos occipital y parietal (i.e. O1, O2, Oz, P3, P4, Pz), dado que esta zona del cerebro se relaciona con los procesos visuales. Se halló también que las frecuencias utilizadas para generar los estímulos se encuentran en el rango de 5-19 Hz.

Para el tratamiento de las señales se puede notar la predominancia de Matlab como software de procesamiento acompañado, en ocasiones, con herramientas como EEGLab u OpenVibe. No se ubicó un método de pre-procesamiento cuyo uso fuera predominante sobre los demás; sin embargo, en extracción de características predomina la transformada rápida de Fourier como el método más utilizado y, para la clasificación, los métodos más utilizados son los de análisis de correlación canónica y máquinas de vector soporte.

Referencias

- Achic, F., Montero, J., Penaloza, C., Cuellar, F., & IEEE. (2016). Hybrid BCI System to operate an electric wheelchair and a robotic arm for navigation and manipulation tasks. *Issue IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO)*, 249-254.
- Boboc, R., Voinea, G. D., Postelnicu, C. C., & Girbacia, F. (2019). Usability assessment of a multimodal hybrid interface for robotic arm command. En M. Vlada, G. Albeanu, O. Istrate, & A. Adascalitei (eds.), *Proceedings of the 14th International Conference on Virtual Learning, ICVL*, pp. 395-400.
- Cao, L., Li, G., Xu, Y., Zhang, H., Shu, X., & Zhang, D. (2021). A brain-actuated robotic arm system using a non-invasive hybrid brain-computer interface and shared control strategy. *Journal of Neural Engineering*, 18(4), 046045. <https://doi.org/10.1088/1741-2552/abf8cb>.

- Chen, X., Zhao, B., & Gao, X. (2018). Noninvasive brain-computer interface based high-level control of a robotic arm for pick and place tasks. En *14th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, ICNC-FSKD 2018* (pp. 1193-1197). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2018.8686979>
- Chen, X., Huang, X., Wang, Y., & Gao, X. (2020). Combination of augmented reality based brain-computer interface and computer vision for high-level control of a robotic arm. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, *28*(12), 3140-3147. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2020.3038209>.
- Du, S., Wang, F., Zhou, G., Li, J., Yang, L., & Wang, D. (2021). Vision-based robotic manipulation of intelligent wheelchair with human-computer shared control. *33rd Chinese Control and Decision Conference, CCDC 2021*, 3252-3257. <https://doi.org/10.1109/CCDC52312.2021.9601850>
- Dumitrescu, C., Costea, I.-M., & Semenescu, A. (2021). Using brain-computer interface to control a virtual drone using non-invasive motor imagery and machine learning. *Applied Sciences*, *11*(24). <https://doi.org/10.3390/app112411876>
- Gao, Q., Dou, L. X., Belkacem, A. N., & Chen, C. (2017). Noninvasive electroencephalogram-based control of a robotic arm for writing task using hybrid BCI System. *Biomed Research International*. <https://doi.org/10.1155/2017/8316485>.
- Gordleeva, S. Y., Lukoyanov, M., Mineev, S. A., Khoruzhko, M. A., Mironov, V. I., Kaplan, A. Y., & Kazantsev, V. B. (2017). Exoskeleton control system based on motor-imaginary brain-computer interface. *Sovremennye Tehnologii v Medicine*, *9*(3), 31-36. <https://doi.org/10.17691/STM2017.9.3.04>
- Grigorescu, S. M., Luth, T., Fragkopoulos, C., Cyriacks, M., & Graser, A. (2012). A BCI-controlled robotic assistant for quadriplegic people in domestic and professional life. *Robótica*, *30*, 419-431. <https://doi.org/10.1017/S0263574711000737>.
- Ha, J., Park, S., Im, C. H., & Kim, L. (2021). A hybrid brain-computer interface for real-life meal-assist robot control. *SENSORS*, *21*(13). <https://doi.org/10.3390/s21134578>.
- Han, X., Lin, K., Gao, S. K., & Gao, X. R. (2019). A novel system of SSVEP-based human-robot coordination. *Journal of Neural Engineering*, *16*(1). <https://doi.org/10.1088/1741-2552/aae1ba>.
- Kubacki, A. (2021). Use of force feedback device in a hybrid brain-computer interface based on SSVEP, EOG, and eye tracking for sorting items. *Sensors*, *21*(21). <https://doi.org/10.3390/s21217244>.

- Li, Z., Yuan, W., Zhao, S., Yu, Z., Kang, Y., Chen, C. (2019). Brain-actuated control of dual-arm robot manipulation with relative motion. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8096991>
- Lin, C. G., Deng, X. Y., Yu, Z. L., Gu, Z. H., & IEEE. (2019). A SSVEP-based BCI for controlling a 4-DOF robotic manipulator. *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, pp. 2174-2179.
- Liu, Y., Li, Z., Zhang, T., & Zhao, S. (2020). Brain-robot interface-based navigation control of a mobile robot in corridor environments. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 50(8), 3047-3058. <https://doi.org/10.1109/TSMC.2018.2833857>
- Peng, F., Li, M., Zhao, S. N., Xu, Q. Y., Xu, J. J., & Wu, H. Z. (2022). Control of a robotic arm with an optimized common template-based CCA method for SSVEP-based BCI. *Frontiers in Neurobotics*, 16. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2022.855825>.
- Postelnicu, C. C., Girbacia, F., Voinea, G. D., & Boboc, R. (2019). Towards hybrid multimodal brain computer interface for robotic arm command. En D. D. Schmorow & C. M. Fidopiastis (eds.), *Augmented Cognition, AC, 11580. Issues 13th International Conference on Augmented Cognition (AC)*, pp. 461-470. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22419-6_33
- Rakshit, A., Lahiri, R., Ghosal, S., Sarkar, A., Ghosh, S., & Konar, A. (2016). Robotic link position control using brain-computer interface. *2016 International Conference on Microelectronics, Computing, and Communications (MicroCom)* <https://ieeexplore.ieee.org/document/752256>
- Rakshit, A., Ghosh, S., Konar, A., & Pal, M. (2017). A novel hybrid brain-computer interface for robot arm manipulation using visual evoked potential. *Ninth International Conference on Advances in Pattern Recognition (ICAPR)*, pp. 404-409.
- Vargas, G., Takeda, R. Y., Leite, M. A., Costa, B. S., Attux, R., & Carvalho, S. N. (2019). Online control of a robotic manipulator by a brain-computer interface based on SSVEP. *4th Brazilian Technology Symposium, BTSym*, 140, 191-199. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16053-1_18
- Yang, C. G., Wu, H. W., Li, Z. J., He, W., Wang, N., & Su, C. Y. (2018). Mind control of a robotic arm with visual fusion technology. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(9), 3822-3830. <https://doi.org/10.1109/TII.2017.2785415>.
- Yin, D., Dai, F. Z., Yin, M. Q., Yuan, Y. S., & Zhu, Y. X. (2021). Research on recognition and application of EEG signal based on SSVEP-BCI. *Proceedings of the 2021 International Conference on Artificial Life and Robotics (ICAROB)*, pp. 626-629.

Zhang, W. C., Sun, F. C., Liu, C. F., Su, W. H., Tan, C. Q., Liu, S. B., & IEEE. (2017). A hybrid EEG-based BCI for robot grasps controlling. *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 3278-3283.

Zhang, Z., Wang, W., Song, P., Sheng, S., Xie, L., Duan, F., Guansoo, Y., & Odagaki, M. (2018). Design of an SSVEP-based BCI System with vision assisted navigation module for the cooperative control of multiple robots. *7th IEEE Annual International Conference on CYBER Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems, CYBER*, 558-563. <https://doi.org/10.1109/CYBER.2017.8446149>