
***Brain-Computer Interface* basada en el procesamiento de EEG *on the edge* para reconocimiento de tareas de imaginación motora**

Daniel Enériz, Ana Caren Hernández-Ruiz, Nicolás Medrano, Belén Calvo

Dpto. Ing. Electrónica y Comunicaciones, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna, 12, 50009, Zaragoza. {eneriz, anaacaren, nmedrano, becalvo}@unizar.es

El objetivo de las interfaces cerebro-computador (BCIs, por sus siglas en inglés) es permitir la comunicación entre los humanos y las máquinas mediante la lectura y reconocimiento de las señales cerebrales. Uno de los paradigmas más populares de este campo es el uso de señales de electroencefalograma (EEG) para el reconocimiento de tareas de imaginación motora (MI), es decir, movimientos simulados mentalmente, cuya detección podría permitir ejecutar diferentes acciones. Trabajos recientes basados en redes neuronales convolucionales (CNNs) [1-3] permiten conseguir resultados similares a métodos más tradicionales con una menor cantidad de recursos de computacionales. Esta última característica resulta una ventaja para crear dispositivos portátiles, como las soluciones hardware *on the edge*, que permiten ahorrar energía en comparación con las que usan la nube para realizar el procesamiento de datos, además de mantener la privacidad del usuario.

Este trabajo presenta una adaptación de la EEGNet [2] que mejora los resultados del estado del arte en su aplicación a la base de datos *Physionet EEG Motor Movement/Imagery* [4]. La arquitectura desarrollada se ha implementado en una *Field-Programmable Gate Array* (FPGA), con una representación numérica de los datos en punto fijo, optimizando el uso de recursos del hardware y usando técnicas para reducir el tamaño de los datos de entrada de la red neuronal [3], parametrizando el dataset y controlando el tamaño de la red. Al finalizar el entrenamiento llevado a cabo en Keras, el modelo se implementa en la FPGA usando la herramienta *High-Level Synthesis* (HLS), que permite su configuración a partir de una descripción algorítmica del modelo. Mediante esta herramienta se puede seleccionar el tipo de dato para representar los valores de la red neuronal. Tras un estudio del impacto de la resolución de los tipos de dato de punto fijo en el rendimiento de la red, se escoge una representación en 16 bits, con 8 para la parte entera, lo que permite implementar la red en la FPGA con una pérdida de exactitud mínima y tiempos de latencia de decenas de milisegundos.

Referencias

- [1] Dose, H.; Møller, J.S.; Iversen, H.K.; Puthusserypady, S. An End-to-End Deep Learning Approach to MI-EEG Signal Classification for BCIs. *Expert Systems with Applications* **2018**, *114*, 532–542, doi:10.1016/j.eswa.2018.08.031.
- [2] Lawhern, V.J.; Solon, A.J.; Waytowich, N.R.; Gordon, S.M.; Hung, C.P.; Lance, B.J. EEGNet: A Compact Convolutional Neural Network for EEG-Based Brain-Computer Interfaces. *J. Neural Eng.* **2018**, *15*, 056013, doi:10.1088/1741-2552/aace8c.
- [3] Wang, X.; Hersche, M.; Tomekce, B.; Kaya, B.; Magno, M.; Benini, L. An Accurate EEGNet-Based Motor-Imagery Brain-Computer Interface for Low-Power Edge Computing. In Proceedings of the 2020 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA); IEEE: Bari, Italy, June 2020; pp. 1–6.
- [4] Goldberger, A.L.; Amaral, L.A.N.; Glass, L.; Hausdorff, J.M.; Ivanov, P.Ch.; Mark, R.G.; Mietus, J.E.; Moody, G.B.; Peng, C.-K.; Stanley, H.E. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals. *Circulation* **2000**, *101*, doi:10.1161/01.CIR.101.23.e215.