

Optimisation d'un réseau de neurones impulsionnels sur circuit FPGA pour le tri de potentiels d'action neuronaux

Laboratoire IMS – Groupe Bioélectronique – Equipe AS2N

Dans un contexte de développement de l'IoT (Internet Of Things), des solutions à basse consommation d'énergie sont nécessaires. Les systèmes embarqués de type IoT intégrant de l'IA doivent notamment évoluer pour réduire leur consommation d'énergie. Les réseaux de neurones impulsionnels sont une technologie prometteuse bien que leur mise en œuvre matérielle dépende encore grandement de la maturité des technologies de nano-composants analogiques généralement impliqués. C'est pourquoi, il est intéressant, au moins à court et moyen termes, de développer des implantations à base de circuit numériques reprogrammables (FPGA) permettant d'émuler les comportements

L'applicatif choisi pour le réseau de neurones, à réaliser dans le cadre de mes travaux de thèse, est la discrimination de l'origine de potentiels d'action neuronaux. A terme, il est prévu de pouvoir appliquer les méthodes d'analyses développées à d'autres types de signaux tels que des signaux audios ou vidéos. Le point de départ consiste à déterminer s'il existe une méthode optimale pour convertir une série temporelle (tel qu'un enregistrement d'électrode) en une série d'événements exploitable par un réseau de neurones impulsionnels.

Durant les premiers mois de ma thèse, un état de l'art sur les réseaux de neurones impulsionnels a été mené. Il a permis d'identifier 2 méthodes d'encodage prometteuses :

- Méthode de Werner¹ : encodage par une banque de filtres passe-bandes et neurones LIF (Leaky Integrate and Fire)
- Méthode de Bernert² : encodage par une couche de neurones sensitifs

L'objectif est donc d'étudier ces réseaux pour évaluer leur complexité et d'identifier les leviers à disposition pour optimiser leur implantation sur une cible FPGA.

Depuis, mes efforts ont porté sur l'étude et l'optimisation de l'encodage de la méthode de Werner sur un circuit FPGA. L'outil de synthèse de haut niveau Vitis HLS a été utilisé pour générer différentes architectures avec différents niveaux d'optimisation, cela dans le but de comparer les solutions en termes de ressources matérielles, de consommation énergétique et de performances. Afin d'évaluer les performances de l'encodage en conditions réelles, c'est-à-dire intégré à un réseau de neurones impulsionnels effectuant du tri de potentiels d'action, il est prévu d'utiliser le simulateur de haut niveau SpikeTorch (écrit en Python). Cet outil permet de simuler les couches du réseau situées en aval de l'étage d'encodage impulsif pour comparer les performances en termes de reconnaissance de potentiels d'action.

Enfin, un travail relatif aux règles d'apprentissages, permettant d'aboutir à un réseau capable de traiter des signaux à une dimension, est entrepris.

[1] Thilo Werner. Spiking neural networks based on resistive memory technologies for neural data analysis. Human health and pathology. Université Grenoble Alpes, 2017. English.

[2] Marie Bernert. Development of an STDP neural network for unsupervised online spike-sorting. Neuroscience. Université Grenoble Alpes, 2019. English.