

Champs neuronaux sur circuits neuromorphiques

Proposé par : Bernard Girau (contact : Bernard.Girau@loria.fr), Horacio Rostro-Gonzalez

Motivations

Parmi les différentes alternatives aux architectures de Von Neumann, les approches neuromorphiques bénéficient actuellement des récents succès applicatifs des méthodes d'apprentissage profond (deep learning), et de l'implication des principaux fabricants de semi-conducteurs à travers la conception de puces neuromorphiques impressionnantes telles que l'IBM TrueNorth et l'Intel Loihi. De tels substrats matériels offrent une certaine flexibilité dans leur connectivité, voire une certaine adaptabilité grâce à une plasticité synaptique intégrée.

Dans l'équipe Biscuit, nous considérons qu'un moyen possible de promouvoir ces technologies neuromorphiques et d'élargir leur champ d'application potentiel est de pouvoir étendre cette flexibilité en plaquant les principes bio-inspirés de l'auto-organisation et de l'émergence de calcul au niveau des ressources matérielles neuromorphiques. Plus précisément, nous mettons en avant l'utilisation de deux familles de modèles neuronaux bio-inspirés, les champs neuronaux dynamiques et les cartes auto-organisatrices.

Sujet

Les champs neuronaux dynamiques (dynamic neural fields, DNF) sont des modèles bio-inspirés de populations neuronales (généralement 2D) modélisés à une échelle mésoscopique, où les unités neuronales interagissent en continu via des connexions excitatrices et inhibitrices. Les DNF ont été appliqués avec succès à l'attention visuelle [4], à la détection de nouveautés, à la reconnaissance faciale, au contrôle de robots, etc. Dans le contexte de la mise en œuvre numérique matérielle de DNF sur FPGA (field programmable gate arrays, circuits numériques reconfigurables), des versions impulsionnelles (spiking) de DNF ont été définies [3], montrant des propriétés comportementales similaires avec une robustesse améliorée par rapport au bruit et aux distracteurs.

Ce sujet de Master vise à étudier comment les versions impulsionnelles des champs neuronaux dynamiques peuvent être implantées sur des circuits neuromorphiques qui ont émergé récemment, tels que l'architecture Intel Loihi [1], en termes de calcul et de communication. La principale application illustrative consistera à suivre des cibles dans une scène visuelle capturée par une caméra impulsionnelle DVS.

Après une étape de familiarisation avec les modèles neuronaux visés et le circuit Loihi d'Intel, le travail qui sera réalisé se décomposera en trois phases.

1. implantation de DNF impulsionnels sur circuit neuromorphique
2. couplage avec une caméra impulsionnelle pour le suivi de cible
3. étude de différents modes de communication des impulsions entre neurones (cf [2, 5])

Cadre du travail

Ce travail nécessite une connaissance de la conception logicielle et des notions de calcul neuronal bio-inspiré. Il s'appuiera sur des logiciels existants permettant la simulation de champs neuronaux dynamiques ainsi que sur les plateformes logicielles développées par Intel pour la simulation des implantations sur le circuit Loihi (le projet RV2.133.Girau a été approuvé par l'INRC, Intel Neuromorphic Research Community, et permet l'accès à ces logiciels confidentiels).

Bibliographie

- [1] A. Lines, P. Joshi, R. Liu, S. McCoy, J. Tse, Y. Weng, and M. Davies. *Loihi asynchronous neuromorphic research chip*. In 2018 24th IEEE International Symposium on Asynchronous Circuits and Systems (ASYNC), 2018.
- [2] B. Chappet De Vangel, C. Torres-Huitzil, and B. Girau. *Randomly spiking dynamic neural fields*. Journal of Emerging Technologies in Computing Systems, 2014.
- [3] R. Vazquez, B. Girau and J.-C. Quinton. *Visual attention using spiking neural maps*. International Joint Conference on Neural Networks IJCNN, San José, United States, 2011.
- [4] J. Vitay, N. Rougier, F. Alexandre. *A Distributed Model of Spatial Visual Attention*. In : Wermter S., Palm G., Elshaw M. (eds) Biomimetic Neural Learning for Intelligent Robots. Lecture Notes in Computer Science, vol 3575. Springer, Berlin, Heidelberg, 2005.
- [5] B. Chappet De Vangel and B. Girau. *Stochastic and asynchronous spiking dynamic neural fields*. In *International Joint Conference on Neural Networks*, 2015.