

Proposition de sujet de stage

Sémantique temporisée des réseaux de neurones à impulsion

Laure Gonnord, and Philippe Devienne, University of Lille

2013

Contexte Le stage prend place au sein du groupe Émeraude de l'équipe DART du Laboratoire d'informatique fondamentale de Lille. Le sujet de recherche "architectures neuro-inspirées" est une des deux thématiques principales de l'équipe.

La recherche sur les réseaux de neurones, très active dans le milieu des années 1980, se retrouve au coeur des problématiques actuelles pour principalement deux raisons :

- La découverte dans les Laboratoires d'HP en 2008 d'un nouveau type de composants électronique, le *memristor*, rend possible l'implémentation à grande échelle des réseaux qui pour l'instant étaient essentiellement logiciels. Grâce à sa taille nanométrique, et sa très faible consommation énergétique, il devient envisageable de reconstruire la structure physique du cortex¹, ou plus pragmatiquement de grands réseaux de neurones, ce qui ouvre potentiellement la voie vers des champs d'applications plus étendus.
- Les architectures actuelles montrent leurs limites en terme de miniaturisation (la loi de Moore ne sera plus vérifiée à moyen terme), et donc les recherches actuelles semblent aller en direction d'architectures matérielles hétérogènes, dont chaque composant spécialisé pourra effectuer des tâches spécialisées. Il ne s'agit donc plus d'exécuter des programmes entiers, mais des sous-programmes ("accélérateurs matériels"), sur ces réseaux de neurones.

Nous étudions donc plus particulièrement les réseaux de neurones à impulsion (STDP = Spike-timing-dependent plasticity) [1], et nous désirons caractériser les problèmes et algorithmes pour lesquels nous pourrions écrire des accélérateurs matériels à base de tels réseaux, ce qui a été initié dans [2].

Sujet de Stage Le but de ce stage est d'exprimer la sémantique de comportement des réseaux de neurones à impulsion, comme cela a déjà été fait pour les réseaux de neurones classiques², et de poser les bases à une caractérisation du comportement macroscopique de ces systèmes (apprentissage, classification).

Le candidat explorera en priorité les deux voies suivantes :

- les automates hybrides [3], avec leur sémantique "continue" et l'usage d'équations différentielles pour spécifier le comportement des points de contrôle ;
- les réseaux bayésiens [4], qui sont des modèles probabilistes graphiques permettant d'apprendre, de modéliser et classifier des connaissances³.

Compétences du candidat Le candidat devra avoir de sérieuses bases en méthodes formelles, notamment en sémantique et en automates, et ne pas être allergique aux méthodes numériques de résolution d'équations différentielles.

Mots-clefs réseaux de neurones à impulsion, sémantique, automates hybrides.

1. Human Brain Project, <http://www.humanbrainproject.eu/>

2. http://fr.wikipedia.org/wiki/Réseau_de_neurones_artificiel

3. voir aussi <http://www.grappa.univ-lille3.fr/polys/apprentissage/index.html>

Références

- [1] Guo-qiang Bi and Mu-ming Poo. Synaptic modification by correlated activity : Hebb's postulate revisited. *Annual Review of Neuroscience*, 24(1) :139–166, 2001. PMID : 11283308.
- [2] Olivier Bichler. *Contribution à la conception d'architecture de calcul auto-adaptative intégrant des nano-composants neuromorphiques et applications potentielles*. PhD thesis, Université Paris Sud, October 2012.
- [3] R. Alur, C. Courcoubetis, T. A. Henzinger, and Pei-Hsin Ho. Hybrid automata : an algorithmic approach to the specification and analysis of hybrid systems. In *Workshop on Theory of Hybrid Systems*, Lyngby, Denmark, October 1993. LNCS 736, Springer Verlag.
- [4] Richard E. Neapolitan. *Learning Bayesian Networks*. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA, 2003.