



La tesi doctoral de Vicenç Canals desenvolupa nous mètodes de computació massiva de molt alta eficiència

L'estudi *Implementación en hardware de sistemas de alta fiabilidad basados en metodologías estocásticas*, defensat a la Universitat de les Illes Balears, estudia la computació probabilística com una via alternativa a la computació determinista en el camp del reconeixement de patrons

Palma. Desembre de 2012

La tesi doctoral de Vicenç Canals, defensada a la Universitat de les Illes Balears, proposa diverses metodologies alternatives per afrontar alguns problemes de computació massiva de manera molt més eficient que els mètodes clàssics. Concretament, estudia la computació probabilística com una alternativa a la computació determinista actual i es focalitza en el camp del reconeixement de patrons, tant en el supòsit estadístic com mitjançant xarxes neuronals de segona i tercera generació. La tesi l'ha dirigida el doctor Josep Lluís Rosselló Sanz, professor del Departament de Física i investigador del Grup d'Enginyeria Electrònica.



Vicenç Canals, autor de la tesi doctoral. Foto: UIB

La recerca de Vicenç Canals ha consistit a modelar i implementar un conjunt d'elements de hardware primaris orientats a permetre la implementació de sistemes d'intel·ligència computacional basats en l'ús de sistemes probabilístics. En el marc del camp de la ciència del reconeixement de patrons, la tesi doctoral aporta un mecanisme hardware per a la implementació de les funcions distribució de probabilitat a partir de dades experimentals, així com un mecanisme de classificació que és ordres de magnitud més ràpid que el seu equivalent en software. A la vegada el treball aborda la implementació de mecanismes de reconeixement de patrons mitjançant la implementació hardware de xarxes neuronals de segona i tercera generació.

La computació probabilística

La primera part de la tesi aborda la situació de la computació determinista (o clàssica) en el marc actual, en el qual les aplicacions que demana el mercat estan enfocades a la creació de sistemes que implementin metodologies pròpies del camp de la intel·ligència computacional. Aquestes metodologies poden ser des de sistemes de reconeixement de formes a sistemes de presa de decisions o de prospectiva intel·ligents. L'estudi d'aquests sistemes computacionals no deterministes s'avança a les tendències del futur en les quals la fiabilitat dels components computacionals elementals serà molt inferior als actuals pel procés de miniaturització dels sistemes electrònics. Aquesta incertesa del comportament elèctric dels futurs sistemes imposarà la necessitat d'usar una computació probabilística (i per tant, no determinista).

Una de les conclusions del treball de Vicenç Canals és que per a determinats processos cognitius d'ordre superior (com ara el reconeixement de formes), en els quals s'han de gestionar ingents quantitats d'informació, no són necessaris sistemes computacionals de gran precisió com els actuals (incapaços de gestionar aquestes tasques en temps raonables) i, per tant, l'ús de sistemes probabilístics es fa imprescindible. Aquest fet imita la manera com es pensa que funciona el cervell humà, basada en la manipulació de senyals polsants aparentment estocàstiques (transmeses per les neurones) i que són la base d'una computació no determinista.



En aquest sentit, els sistemes no deterministes es varen desenvolupar durant les primeres etapes de la computació els anys 50 i 60. Durant els anys 70, aquests sistemes varen caure en desús per la demanda de sistemes precisos (deterministes) per a l'automatització de les activitats economicofinanceres tant a l'àmbit domèstic com empresarial. No ha estat fins a la segona dècada del segle XXI quan, forçats per la demanda de sistemes que gestionin grans quantitats d'informació per a la presa de decisions, els sistemes no deterministes han tornat a agafar protagonisme.

El reconeixement de patrons estadístic

A la segona part de la tesi s'estudia la forma d'aprofitar la naturalesa probabilística de la computació estocàstica per tal d'afrontar els problemes de reconeixement de patrons en el supòsit estadístic. En el marc del reconeixement de patrons estadístic s'ha presentat un conjunt de blocs hardware mitjançant elements probabilístics que permeten la implementació de mecanismes de classificació de dades a partir de distribucions de probabilitat conegudes. També s'ha abordat la problemàtica de la gestió de dades experimentals de les quals es desconex la funció de distribució mitjançant la implementació estocàstica de la tècnica de les finestres de Parzen. Finalment es presenta una metodologia de classificació basada en el principi computacional Winner-Take-All, que ha demostrat ser uns ordres de magnitud més ràpid que el seu equivalent implementat mitjançant sistemes microprogramats.

Les xarxes neuronals hardware

A la tercera part del treball es presenta un altre mecanisme per afrontar els problemes de reconeixement de patrons d'una manera totalment no determinista, com es el cas de l'ús de xarxes neuronals hardware. Aquests sistemes es caracteritzen per la seva gran resiliència i per la capacitat d'adaptar-se a computacions molt diverses. En aquest camp, a la tesi s'han presentat metodologies d'implementació de xarxes neuronals de segona generació mitjançant elements probabilístics, molt més simples i inherentment insensibles a les fonts de renou que puguin ser presents en les dades que s'han de processar.

A la vegada, també s'ha presentat un conjunt de treballs relacionats amb les xarxes neuronals de tercera generació. Aquesta darrera generació de xarxes es caracteritzen per la seva naturalesa inspirada en el comportament de les neurones biològiques. Més concretament, a la tesi es presenta un mecanisme hardware que permet el reconeixement de patrons temporals basat en un mecanisme d'algoritmes genètics implementats en hardware. Finalment es presenta la implementació CMOS d'una neurona mixta (analògica/digital) polsant, a fi de recrear el comportament real d'una neurona biològica.

Propostes de futur

Els principals resultats assolits en el marc de la tesi de Vicenç Canals tindran continuïtat en la recerca de la UIB. Així, les diferents tècniques de reconeixement de patrons basades en la computació probabilística s'aplicaran en el camp de la recerca de nous fàrmacs a través del projecte de recerca nacional *Desarrollo e implementación de sistemas de computación de muy alta velocidad mediante redes pulsantes y su aplicación a la búsqueda de nuevos fármacos* (TEC2011-23113). A més, els resultats assolits posen les bases per implementar mecanismes de predicció del consum energètic de xarxes de districte, en el marc de la recerca que desenvolupa la Càtedra Sampol d'Eficiència i Gestió Energètica de la UIB, sota la direcció dels doctors Andreu Mojà i Víctor Martínez.



Referència de la tesi

Títol: *Implementación en hardware de sistemas de alta fiabilidad basados en metodologías estocásticas*

Autor: Vicenç J. Canals Guinand

Programa de doctorat: Enginyeria Electrònica UPC-UIB

Àrea de coneixement: Tecnologia Electrònica

Departament: Física

Director: Josep Lluís Rosselló Sanz

Membres del tribunal

President

Dr. Eugeni Garcia Moreno
Departament de Física
Universitat de les Illes Balears

Vocals

Dr. Jorge Juan Chico
Departament de Tecnologia Electrònica
Universitat de Sevilla

Secretari

Dr. Miquel Roca Adrover
Departament de Física
Universitat de les Illes Balears

Dr. Josep Pallarès Marzal
Departament d'Enginyeria Electrònica, Elèctrica i
Automàtica
Universitat Rovira i Virgili

Dra. Teresa Serrano Gotarredona
Institut de Microelectrònica de Sevilla
Consell Superior d'Investigacions Científiques

Publicacions relacionades

- J. L. Rosselló, V. Canals, A. Morro. «Probabilistic-based Neural Network Implementation», *IEEE International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN 2012)* (IEEE World Congress on Computational Intelligence), Brisbane (Australia), 10-15 June 2012.
- V. Canals, A. Morro, J. L. Rosselló. «Stochastic-based pattern-recognition analysis», *Pattern Recognition Letters*, Volume 31, Issue 15, pp. 2353-2356, 2010.
- J. L. Rosselló, V. Canals, A. Morro. «Hardware implementation of stochastic-based Neural Networks», *Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks 2010 (IJCNN 2010)*, Article number 5596805, Barcelona (Spain); July 2010.
- J. L. Rosselló, V. Canals, A. Morro, J. Verd. «Chaos-based mixed signal implementation of spiking neurons», *International Journal of Neural Systems*, Volume 19, Issue 6, pp. 465-471, 2009.
- J. L. Rosselló, I. De Paúl, V. Canals, A. Morro. «Spiking neural network self-configuration for temporal pattern recognition analysis», *Lecture Notes in Computer Science* (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), Volume 5768 LNCS, Issue PART 1, pp. 421-428, 2009.
- J. L. Rosselló, V. Canals, A. Morro, et al. «Practical hardware implementation of self-configuring neural networks», *Lecture Notes in Computer Science* (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), Volume 5553 LNCS, Issue PART 3, pp. 1154-1159, 2009.
- J. L. Rosselló, I. De Paúl, V. Canals. «Self-configuring Spiking Neural Networks», *IEICE Electronics Express*, Volume 5, Issue 22, pp. 921-926, 2008.
- J. L. Rosselló, V. Canals, V., et al. «A Simple CMOS Chaotic Integrated Circuit», *IEICE Electronics Express*, Volume 5, pp. 1042-1048, 2008.