

Implémentation temps réel sur GPU d'une architecture de rétine biologique à base d'automates cellulaires.

F. Devillard¹, B. Heit², et S. Gobron³

¹ Centre de Recherche en Automatique de Nancy UMR CNRS 7039 (CRAN - CNRS)
11 rue de l'Université, F-88100 Saint-Dié des Vosges

`francois.devillard@iutsd.uhp-nancy.fr`

² Centre de Recherche en Automatique de Nancy UMR CNRS 7039 (CRAN - CNRS)
2 rue Jean Lamour, F-54500 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex

`bernard.heit@esstin.uhp-nancy.fr`

³ Laboratoire Mouvement et Perception, Université de Marseille 2
163, avenue de Luminy, 13288 Marseille cedex 9, France

`stephane.gobron@univmed.fr`

Thème

5. Architecture matérielles et logicielles - 5.1 Adéquation Algorithme Architecture

Le problème traité

L'implémentation d'algorithmes modélisant une architecture de rétine biologique nécessite l'optimisation des traitements et des calculateurs adaptés pour atteindre des performances temps réel.

Originalité du travail

Nous présentons l'implémentation d'une modélisation des couches rétinienne à base d'automates cellulaires (AC) sur ordinateur PC. Les processeurs graphiques (GPU) de la carte vidéo sont chargés du calcul des couches cellulaires.

Les résultats nouveaux

Le calcul d'algorithmes par GPU permet d'obtenir des temps de traitement spectaculaires sur PC, solution moins complexe et moins coûteuse comparée aux architectures spécialisées (ASIC, DSP, FPGA...).

Les mots-clés

Rétine artificielle, Automates cellulaires, Processeur graphique, Adéquation algorithme architecture.

Résumé de l'article

1 Introduction

L'objectif de nos travaux est de modéliser une couche rétinienne qui servira à la conception de nouveaux opérateurs en visionique. La rétine est constituée d'un *empilement* de couches de cellules traitant la luminance pour en extraire des indices visuelles. Chaque couche est donc modélisée en traitement du signal pour approcher leur comportement biologique. Elles sont constituées d'un réseau de cellules paramétrables pour modéliser certaines propriétés biologiques. Nous avons donc retenu une solution de réseau à base d'AC [5] pour implémenter les couches de cellules. De plus, leur traitement doit permettre leur intégration dans les systèmes de vision artificielle temps réel.

2 Architecture de la rétine biologique

La perception visuelle photopique de la couche PLE [3] commence avec l'acquisition de la scène observée avec les cellules cônes. La couche des cellules horizontales (couche de régularisation) estime localement les référentiels de luminance. La couche des cellules bipolaires différencie (par triades synaptiques) la réponse des cellules cônes et horizontales pour mettre en évidence les contrastes de luminance. Les axones des cellules bipolaires se terminent à la couche PLI où elles sont en contact avec diverses catégories de cellules amacrines et ganglionnaires. Les cellules amacrines travaillent transversalement comme les horizontales et répondent aux variations temporelles des potentiels des cellules bipolaires. Les cellules ganglionnaires sont le siège du traitement de la couche PLI (dyade synaptique). Elles présentent une grande diversité morphologique créant des canaux spécialisés de perception [2]. Au niveau cellulaire, la réponse est le résultat d'une sommation non linéaire et pondérée des entrées synaptiques. Cette réponse est proche de celle d'un filtre passe-bas spatio-temporel [6]. Ainsi l'utilisation de filtres adaptés travaillant en maillage permet d'élaborer une couche cellulaire aux comportements similaires à ceux d'une couches rétinienne.

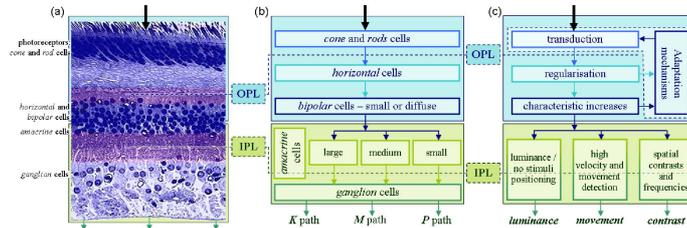


FIG. 1. Architecture fonctionnelle de la rétine biologique photopique (vision diurne).

3 Approche algorithmique d'une couche rétinienne

Notre modélisation est constituée d'un maillage carré de filtres spatio-temporels numériques. Chaque filtre représente une cellule et est paramétré en fonction du rôle de la couche. La fonction de sortie de la cellule s est calculée itérativement par un AC. Chaque cellule est gérée comme une machine d'état passant par quatre phases illustrées figure 2. Les transitions de l'AC sont conditionnées par le numéro de cycle i . Pour simplifier la représentation, la figure 2 donne en fonction de i , le traitement cellulaire dans une dimension spatiale x . A la fin des itérations, le résultat $s_{x,k}$ traduit l'activité cellulaire à la position x et à l'instant k . Les périodes d'échantillonnage sont unitaires pour simplifier la formulation.

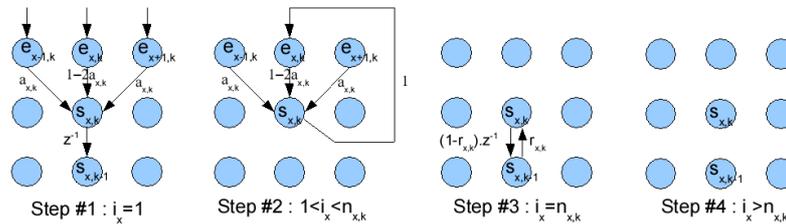


FIG. 2. Graphes de fluence des étapes de filtrage d'une cellule positionnée en x à l'instant k . Seules sont représentées les cellules de voisinage immédiat. L'opérateur z^{-1} représente un retard pur.

Pour notre modélisation, le filtrage cellulaire est linéaire et séparable, il est composé de filtres à réponses impulsionnelle finie et infinie appliqués respectivement dans les domaines spatial et temporel. Cette fonction prend en entrée des stimuli provenant des couches amonts ou des photorécepteurs (cellule cône) et ceux des cellules voisines. Les paramètres influençant la réponse spatiale

de la cellule sont a et n . Les coefficients $a_{x,k}$ et $n_{x,k}$ traduisent l'influence de la cellule x sur ses voisines (ces paramètres fixent le diamètre de l'arborescence dendritique locale à $2n + 1$ cellules). L'intensité de cette influence, fonction de la distance, est obtenue à l'aide d'une fonction binomiale (optimal pour $a = 0.25$) de manière à obtenir une réponse passe-bas pseudo-gaussienne [6]. Le paramètre influençant la réponse temporelle de la cellule est $r_{x,k}$. Il crée un effet intégrateur de la sortie (effets de résistance et capacité membranaire [4]).

4 Implémentation

L'implémentation de notre rétine est proposée dans un environnement de calcul PC équipé d'une carte mère AMD Athlon 64X2 Dual Core 4400+ (2.21 Ghz) avec 2 Go RAM et une carte graphique Nvidia GeForce 7800. L'application logicielle est développée en $C++$ et $GLSL$ sous Visual studio. Les transferts d'images entre PC et carte vidéo sont réalisés en OpenGL muni d'extensions ARB. Les scènes vidéo traitées sont en couleurs RVB et au format VGA et délivrées par fichiers ou flux WEBCAM.

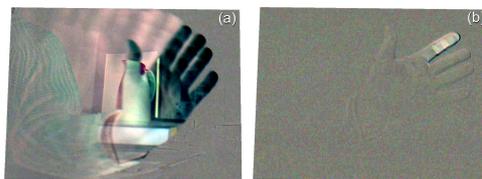


FIG. 3. Exemple de sortie vidéo de la voie *PLI* de la voie magnocellulaire.

5 Notre proposition d'article

L'article intitulé «Implémentation temps réel sur GPU d'une architecture de rétine biologique à base d'automates cellulaires» est composé de quatre parties :

- La première est une introduction présentant le contexte global de ces travaux.
- La seconde partie présente l'algorithme à implémenter avec des résultats pour illustrer les explications.
- La troisième partie présente l'intégration de l'algorithme sur le calculateur PC assisté de ses GPU. La répartition des phases algorithmiques du traitement est expliquée.
- La quatrième partie donne les performances obtenues. Les performances sont aussi évaluées en fonction des réglages de paramètre des couches. Les temps de calcul des différentes couches en sont déduits. Enfin les performances sont comparées à la solution non optimisée.
- Et enfin la dernière partie conclut et donne les perspectives d'implémentation dans le cadre global de nos travaux portant sur la conception d'une rétine artificielle [1]. Les perspectives se basent sur les premiers résultats d'implémentation et sur l'évolution des cartes graphiques.

Références

1. F.Devillard ; S.Gobron ; F.Grandidier ; B.Heit. Implémentation par automates cellulaires d'une modélisation architecturale de rétine biologique. In *READ'05*. Institut National des Télécommunications, Evry, France, June 1-3 2005.
2. D.M.Dacey. The mosaic of midget ganglion cells in the human retina. *Journal of Neuroscience*, 13 :5334–5355, December 1993.
3. J-M.Jolion. Les systèmes de vision. *Hermès Science Publications*, 2001.
4. J.F.Risse. *Exploration de la fonction visuelle - Applications au domaine sensoriel de l'oeil normal et en pathologie*. Masson, Société Française d'Ophtalmologie, 1999.
5. S.Wolfram. *A new kind of science*. Wolfram Media Inc., 1st edition, 2002.
6. W.H.A.Beaudot. *Le traitement neuronal de l'information dans la rétine des vertébrés - Un creuset d'idées pour la vision artificielle*. PhD thesis, Institut National Polytechnique de Grenoble, 1994. 228 pages.