



THÈSE

Présentée en vue de
l'obtention du titre de

Docteur
de
l'Université du Havre

Discipline : Génie Informatique
Spécialité : Vision Artificielle

Vision bio-fondée appliquée à l'analyse d'images

par

Labib Saddek TERRISSA

Soutenue le 03 avril 2006 devant la commission d'examen composée de :

Mme	N. VINCENT	Professeur, Université Paris 5	Rapporteur
M	J-G. POSTAIRE	Professeur, Université de Lille I	Rapporteur
Mr	A. FAURE	Professeur, Université du Havre	Directeur de thèse
Mr	B. TACONET	Professeur, Université du Havre	Examineur
Mr	P. MICHE	Professeur, Université de Rouen	Examineur
Mme	O. CACHARD	Maître de conférences, Université du Havre	Examineur

Résumé

La reconnaissance de l'environnement par un être vivant passe forcément par la rétine. Cette partie du système nerveux central réalise beaucoup de traitements et notamment la détection du mouvement et l'extraction des caractéristiques dynamiques d'une scène. Ces aspects n'ont pas atteint le niveau de développement que les traitements statiques en vision artificielle. C'est pourquoi, compte tenu de son intérêt, nous avons contribué à l'élaboration d'un prototype générique de rétine artificielle d'inspiration biologique que nous avons appelé Rétina. Il est fondé sur un réseau de neurones artificiels, organisé de manière à simuler la variation radiale de l'acuité visuelle (vision fovéale). La mise en œuvre de neurones analogiques et impulsionnels nous a permis d'encoder les informations. A partir des signaux impulsionnels issus de la Rétina, nous avons analysé et détecté la variation des niveaux de gris dans des images dynamiques. Ensuite, nous avons effectué une reconstitution de ces images en utilisant des techniques des réseaux de neurones et de traitement de signal.

Mot-clés

Vision artificielle, Neurone artificiel, Rétine, Traitement d'images, Traitement du signal, Transformée de Wigner-Ville, Textures, Vision active, Reconnaissance de formes.

Abstract

The environment recognition goes inevitably through the retina of alive beings. This component is a part of the central nervous system which performs many processing, especially in motion detection and features extraction of a scene. These aspects are not reach the development level compared with static processing in artificial vision. For these reasons, we are developed a generic prototype of artificial retina inspired from biology which we are titled Retina. This system is based on artificial neural network organised to simulate the radial variation of the acuity. The information is encoded through the implementation of analogue and impulse neurons. These retinal signal impulses are analysed in order to detect the variation of grey level in dynamic images. Moreover, we reconstitute these images using neural networks techniques and signal processing.

Keywords

Artificial vision, Artificial neuron, Retina, Image processing, Signal processing, Wigner-Ville transform, Textures, Active vision, Pattern recognition.

Introduction.....	i
Chapitre 1 : Perception Visuelle	2
1.1 Qu'est ce que voir	2
1.2 Vision biologique	4
1.3 Vision artificielle	6
1.3.1 Limite de la vision artificielle	7
1.4 Retour aux sources	9
1.5 Neurobiologie	9
1.6 Modélisation	10
1.7 Conclusion	11
Références	11
Chapitre 2 : Neurobiologie de rétine	16
2.1 Introduction	16
2.2 Voies visuelles	16
2.2.1 L'œil	17
2.2.1.a La cornée	18
2.2.1.b La pupille	18
2.2.2.c Le cristallin	18
2.2.2.d L'iris	18
2.2.2.e La rétine	19
2.2.2 La rétine biologique	19
2.2.2.a De la fovéa à la périphérie	19
2.2.2.a.1 La papille	19
2.2.2.a.2 La fovéa	20
2.2.2.a.3 La parafovéa	20
2.2.2.a.4 La périphérie	21
2.2.2.b Des photorécepteurs au nerf optique	21
2.2.2.b.1 Les photorécepteurs	23
2.2.2.b.2 Les cellules horizontales	25
2.2.2.b.3 Les cellules bipolaires	25
2.2.2.b.4 Les cellules amacrine	27

2.2.2.b.5	Les cellules ganglionnaire	28
2.2.2.c	Les centres mésencéphaliques	30
2.2.2.d	Le corps genouillé latéral	30
2.2.2.e	Le cortex visuel primaire	31
2.2.3	Rôle de la rétine dans le mécanisme de l'attention visuelle	31
2.2.4	Conclusion	33
Références		33

Chapitre 3 : Modèles et modélisation39

3.1	Introduction	39
3.2	Des notions de modélisation	41
3.2.1	Système	41
3.2.2	Modèle	42
3.2.3	Correspondance entre modèle et système	42
3.2.4	Validité d'un modèle	44
3.3	Du neurone biologique au neurone artificiel	45
3.3.1	Le neurone idéalisé	45
3.3.2	Avantages et limites du neurone formel	46
3.3.3	Potentiel membranaire au repos	47
3.4	Propagation de l'information dans le neurone	49
3.4.1	Les dendrites	49
3.4.2	Intégration de l'information par le soma	51
3.4.3	L'axone	51
3.4.4	Synapses et transmissions synaptique	52
3.4.4.a	Synapses chimiques	54
3.4.4.b	Synapses électriques	54
3.4.5	Action du neurotransmetteur	55
3.5	Vers une modélisation réaliste des neurones rétiniens	55
3.5.1	Un parallélisme massif	56
3.5.2	Des synapses spécialisées	56
3.5.3	Des signaux analogiques	57
3.6	Le modèle Rétina	57
3.6.1	Acuité visuelle	57
3.6.2	Présentation du modèle	58
3.6.3	Création des images fovéales	58
3.6.4	Simulation des cellules horizontales et bipolaires	60
3.6.5	Simulation des cellules ganglionnaires	62
3.6.6	Le modèle de Hodgkin et Huxley	63
3.7	Sensibilité de la rétine impulsionnelle au contraste	67
3.8	Conclusion	67
Références		70

Chapitre 4 : Analyse du signal ganglionnaire77

4.1	Introduction	77
4.2	Codage de l'information dans les réseaux de neurones	78
4.3	Les images utilisées dans la simulation	80
4.3.1	Textures	80
4.3.2	Le problème de contraste	81

4.4	Etude des potentiels d'actions	83
4.4.1	Fréquence moyenne	84
4.4.2	Densité impulsionnelle	88
4.4.3	Conclusion	88
4.5	Le périodogramme	89
4.5.1	Estimation du périodogramme	90
4.5.2	Analyse spectrale du signal fourni par la Rétine	92
4.6	Analyse spectralen du signal fourni par la rétine	92
4.7	Transformée de Wigner-Ville	94
4.9	Description temps-fréquence du signal impulsionnel	98
4.8.1	Décodage du signal neuronal par Wigner-Ville	99
4.8.2	Séparation des composantes fréquentielles	100
4.8.3	Décodage des signaux neuronaux filtrés par Wigner-Ville	102
4.9	Transformation temps-échelle du signal neuronal impulsionnel	103
4.9.1	Transformation en Ondelette	103
4.9.2	Reconstruction du signal	104
4.9.3	Codage par latence	104
4.10	Décodage neuronal des signaux impulsionnels	106
4.10.1	Information transmise par les neurones	110
4.11	Réponses impulsionnelles selon le type de l'image	111
4.11.1	Image à variation de niveau de gris périodique	112
4.11.2	Image à variation de niveau de gris non-périodique verticale	113
4.11.3	Image à variation de niveau de gris non-périodique horizontale	114
4.11.4	Image à variation de niveau de gris aléatoire	116
4.12	Reconstruction neuronale	118
4.12.1	Formulation du problème	118
4.12.2	La reconnaissance structurelle (syntaxique)	119
4.12.3	Les algorithmes d'apprentissage	119
4.12.4	Réseaux de neurones artificiels	120
4.12.5	Apprentissage supervisé	120
4.12.6	Perceptron multicouches	122
4.12.7	Simulation et discussion	123
4.12.8	Réseau de neurones	123
4.12.9	Description de l'architecture du réseau.....	125
4.13	Conclusion	127
	Références	156
	Conclusion	132
	Annexe1 Discrétisation du neurone analogique.....	134
	Annexe2 Images reconstituées.....	135