



UNIVERSITÉ MOHAMMED V - AGDAL
FACULTÉ DES SCIENCES
Rabat



N° d'ordre 2406

THÈSE DE DOCTORAT

Présentée par

Leila Essannouni

18^{TE}

Discipline : Sciences de l'ingénieur

Spécialité : Informatique et Télécommunication

**Mise en correspondance d'image et suivi d'objets : applications
aux visages**

Soutenue le 15 Juillet 2008

Devant le jury

Président :

D. ABOUTAJDINE, Professeur à la Faculté des Sciences de Rabat

Examineurs :

R. BENSLIMANE, Professeur à l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès

E. IBN EL HAJ, Professeur habilité à l'institut des postes et Télécommunication, Rabat.

R. OULAD HAJ THAMI, Professeur à l'ENSIAS, Rabat.

M. RZIZA, Professeur assistant à la Faculté des sciences, Rabat

A. TAMTAOUI, Professeur à l'institut des postes et Télécommunication, Rabat.

Résumé

Cette thèse se situe dans le cadre de la vision par ordinateur et concerne particulièrement la mise en correspondance d'image et le suivi de visages. Le travail présenté dans ce manuscrit se décompose en trois parties :

La première partie propose une nouvelle méthode de mise en correspondance d'images inter spectrales. La transformation considérée est la translation. La méthode est basée sur la caractéristique de l'orientation des dérivées secondes. Cette caractéristique est invariante à l'illumination. L'approche proposée corrèle les deux images à comparer en utilisant le M estimateur robuste d'Andrew. La corrélation est calculée en utilisant la FFT. Les méthodes basées Fourier n'ont pas besoin d'utiliser les itérations non linéaires pour chercher la translation relative à la meilleure correspondance. D'une autre part, la corrélation proposée peut être calculée simplement dans le domaine fréquentiel puis qu'il ne demande aucune normalisation. D'où la rapidité de l'approche proposée comparée à l'information mutuelle et à la corrélation croisée normalisée.

La technique proposée a été testée sur une base de données des images du spectre visible et infra rouge. D'après les simulations, cette technique est la meilleure comparée à l'information mutuelle et à la corrélation croisée normalisée avec préfiltrage en terme de coût et de précision.

La deuxième partie introduit une nouvelle méthode d'appariement de gabarit. Cette dernière est basée sur la corrélation robuste de la phase de Gabor et un prétraitement. Le prétraitement utilise l'égalisation d'histogramme et le rehaussement de contraste. La caractéristique de la phase de Gabor est une représentation relativement invariante à l'illumination. Les résultats des simulations montrent que l'approche proposée donne des résultats meilleurs comparée à l'algorithme standard de template matching "la corrélation croisée normalisée" particulièrement dans le cas des forts changements d'illumination et des données aberrantes. En revanche, la corrélation de l'orientation des dérivées secondes proposée précédemment reste la meilleure dans le contexte de la même application comparée aux autres approches sous les mêmes conditions.

La troisième partie s'inscrit dans le cadre de suivi de visages. Cette partie propose trois approches de suivi de visage. La première approche présente un nouveau système de suivi de visage basé sur l'extraction en ligne de la peau. La principale motivation de l'extraction en ligne de la peau est le changement d'illumination. Plusieurs raisons plaident pour l'utilisation de la couleur. La couleur du visage est robuste face aux déformations de visage, rotations de la tête, et aux changements d'échelle, et de la pose. Le système

proposé utilise le détecteur de Viola et Jones pour détecter le visage, et extrait en ligne la peau à partir du visage détecté en utilisant l'information au niveau de gris. La distribution de la peau est représentée par un modèle gaussien. L'espace couleur utilisé est l'espace chromatique. Le suivi est effectué en se basant sur l'information sur la peau et le filtre de Kalman. Le système permet de suivre le visage dans la présence d'une lumière bleue par exemple, ceci est dû à l'apprentissage en ligne de la peau.

La deuxième approche par contre, s'intéresse à deux problèmes de suivi, à savoir, le problème d'initialisation, et le problème d'arrêt de suivi. Pour pallier ces deux problèmes, nous avons utilisé le détecteur de visage de Viola et Jones et la corrélation des dérivées secondes. Le suivi est basé sur la méthode de SSD de Hager et Belhumeur. Le système de suivi proposé est automatique et robuste face aux occlusions partielles, aux changements, d'illumination, de taille, et aux légères rotations.

La troisième approche est une méthode alternative de suivi de visage basée sur les réseaux de neurones. Une mémoire auto associative est intégrée dans un classifieur simple pour l'identification robuste de visages. La FFT est utilisée pour accélérer la recherche pour l'identification de visage. L'approche proposée est robuste face aux données aberrantes, occlusions partielles, et aux changements d'illumination.

Table des matières

| | |
|---|------------|
| Table des matières | iii |
| Liste des acronymes | vi |
| Table des figures | 1 |
| Liste des tableaux | 4 |
| 1 Introduction | 5 |
| 1.1 Introduction | 5 |
| 1.2 Vision par ordinateur | 5 |
| 1.3 Mise en correspondance d'images | 6 |
| 1.4 Traitement automatique de visage | 7 |
| 1.4.1 Détection de visages | 7 |
| 1.4.2 Reconnaissance de visage | 7 |
| 1.4.3 Suivi de visage | 8 |
| 1.5 Problématique | 8 |
| 1.6 Organisation du mémoire et contributions | 9 |
| | |
| I Mise en correspondance d'images | 10 |
| | |
| 2 Etat de l'art sur la mise en correspondance d'images | 11 |
| 2.1 Introduction | 11 |
| 2.2 Information mutuelle | 12 |
| 2.2.1 Entropie | 13 |
| 2.2.2 Information mutuelle | 13 |
| 2.2.3 Propriétés | 14 |
| 2.2.4 Prétraitement | 15 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.2.5 | L'information spatiale | 15 |
| 2.2.6 | L'optimisation | 16 |
| 2.3 | Corrélation | 17 |
| 2.3.1 | Propriétés | 18 |
| 2.3.2 | Notations | 18 |
| 2.3.3 | La corrélation croisée | 19 |
| 2.3.4 | Corrélation robuste | 20 |
| 2.4 | Appariement de gabarit | 23 |
| 2.5 | Conclusion | 23 |
| 3 | Mise en correspondance d'images inter spectrales | 24 |
| 3.1 | Introduction | 24 |
| 3.2 | Travaux antérieurs : mise en correspondance d'images inter spectrales . . . | 25 |
| 3.3 | Nouvelle technique de corrélation | 28 |
| 3.3.1 | Méthode | 28 |
| 3.3.2 | La robustesse | 28 |
| 3.3.3 | Temps de calcul | 30 |
| 3.3.4 | Invariance à l'illumination | 31 |
| 3.4 | Résultats | 31 |
| 3.4.1 | Base de données des expériences | 31 |
| 3.4.2 | Résultats de mise en correspondance | 31 |
| 3.5 | Conclusion | 37 |
| 4 | Appariement de gabarit dans la présence des données aberrantes et des changements d'illumination | 38 |
| 4.1 | Introduction | 38 |
| 4.2 | Ondelettes de Gabor | 39 |
| 4.3 | Algorithme proposé | 40 |
| 4.3.1 | Prétraitement | 40 |
| 4.3.2 | La corrélation proposée | 40 |
| 4.3.3 | Propriétés de l'algorithme | 41 |
| 4.4 | Résultats expérimentaux | 42 |
| 4.4.1 | Robustesse | 42 |
| 4.4.2 | Invariance à l'illumination | 44 |
| 4.5 | Conclusion | 46 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| II | Suivi de visages | 47 |
| 5 | Etat de l'art de suivi de visages | 48 |
| 5.1 | Introduction | 48 |
| 5.2 | Détection de visage | 49 |
| 5.2.1 | Méthodes basées sur la connaissance | 49 |
| 5.2.2 | Méthodes basées sur les caractéristiques invariantes | 50 |
| 5.2.3 | Template-matching | 51 |
| 5.2.4 | Méthodes basées sur l'apparence | 52 |
| 5.2.5 | Comparaison des méthodes de détection de visage | 55 |
| 5.3 | Suivi de visage | 55 |
| 5.3.1 | Recalage d'images | 56 |
| 5.3.2 | Méthodes basées sur la couleur | 58 |
| 5.3.3 | Méthodes temporelles | 61 |
| 5.3.4 | Méthodes basées sur la détection de visages | 64 |
| 5.4 | Conclusion | 65 |
| 6 | Nouvelles approches de suivi de visages | 66 |
| 6.1 | Introduction | 66 |
| 6.2 | Première approche | 67 |
| 6.2.1 | Approche proposée | 67 |
| 6.2.2 | Résultats expérimentaux | 71 |
| 6.3 | Deuxième approche | 77 |
| 6.3.1 | Suivi par la méthode de SSD de Hager et Belhumeur | 77 |
| 6.3.2 | Approche proposée | 81 |
| 6.3.3 | Résultats expérimentaux | 84 |
| 6.4 | Troisième approche | 88 |
| 6.4.1 | Approche proposée | 88 |
| 6.4.2 | Résultats expérimentaux | 93 |
| 6.5 | Conclusion | 99 |
| 7 | Conclusion | 100 |
| 7.1 | Contribution | 100 |
| 7.2 | Perspectives et éventuelles extensions | 102 |
| | Bibliographie | 104 |