

Nouveau descripteur local de qualité des images d’iris dans les séquences vidéos

William KETCHANTANG¹, Stéphane DERRODE¹, Lionel MARTIN², Salah BOURENNANE¹

¹Université de Paul Cezanne, Institut Fresnel (UMR 6133)
D. U. de Saint-Jérôme, 13397 Marseille cedex 20, France

²ST Microelectronics
ZI de Rousset, BP 2 - 13106 Rousset Cedex, France
william.ketchantang@fresnel.fr, stephane.derrode@fresnel.fr
salah.bourennane@fresnel.fr, lionel.martin@st.com

Résumé — Le pouvoir discriminant d’un opérateur de qualité d’une image d’iris est un élément très important pour garantir une bonne sélection des images exploitables pour la reconnaissance. Nous proposons dans ce papier, une métrique originale de qualité combinant à la fois une approche temporelle (suivi de la pupille et estimation de sa vitesse relative de déplacement) et une approche locale (mesure locale de netteté de la texture de l’iris), afin de rejeter efficacement les images d’iris altérées par les artefacts tels que les cils, les reflets lumineux, le bruit du capteur pouvant engendrer les erreurs de reconnaissance. Les résultats expérimentaux obtenus montrent, d’une part, une meilleure robustesse de notre critère comparé aux quelques critères existants dans la littérature, et d’autre part, une amélioration des taux de reconnaissance.

Abstract — The discrimination power of an iris image quality descriptor is an important factor for a good images workable for recognition. We propose in this paper, an original quality descriptor combining a temporal approach (pupil tracking and its displacement relative velocity estimation) and a local approach (local focus estimation of iris texture), in order to reject efficiently iris images corrupted by some artefacts such as eyelashes, specular reflections, sensor noise, blur, which increase recognition errors. Experimental results obtained show, on one hand, a better robustness of our criterion compared with some exiting criteria in the litterature, and, on the other hand, a recognition performance improvement.

1 Introduction

Les systèmes de reconnaissance biométrique sont de plus en plus utilisés pour les applications de type contrôle d’accès, carte d’identité et passeport biométriques (pour un contrôle efficace l’immigration), paiements sécurisés en réseau, ... Parmi les techniques biométriques existantes, les systèmes de reconnaissance d’iris figurent parmi les plus efficaces [1, 9]. En effet, la texture de l’iris devient stable à partir de l’âge de 6 mois, et sa variabilité est considérable d’un utilisateur à un autre. Cependant, acquérir une image d’iris, ou une séquence d’images est une épreuve difficile pour l’utilisateur qui doit être très coopératif, du fait de la faible distance de netteté (environ 20 – 30 cm) entre ce dernier et le capteur. Pendant l’acquisition, les images de mauvaise qualité apparaissent comme l’illustre la Fig. 1, car la texture de l’iris est généralement altérée par les bruits tels que

- le flou du mouvement et de défocalisation,
- les occlusions partielles ou totales de l’iris dues aux paupières et aux cils,
- les spots blancs dans l’image dues aux reflets des sources sur la cornée.

Ces artefacts diminuent les performances de reconnaissance d’iris [2, 9, 7], et en particulier augmentent le taux de faux rejet et le taux d’échec d’enrôlement. Pour pallier ce problème, plusieurs algorithmes de mesure de la net-

teté existent dans la littérature. *J. Daugman* [1] a proposé une mesure de netteté basée sur l’énergie des composantes hautes fréquences de toute l’image, mais cette méthode est sensible à la présence des cils et des reflets lumineux (spots spéculaires blancs) dans l’image, et son coût en temps de calcul dépend de la résolution de l’image. *Tisse et al.* [4, 7] utilise l’algorithme FSWM (“Frequency Selective Weighted Median Filter”) [8] pour mesurer le score de netteté de toute l’image. Ces algorithmes sont appliqués sur toute l’image, et par conséquent ils sont très sensibles à la présence du bruit. Pour être moins sensible à ces artefacts, *L. Ma et al.* [9] proposent un classifieur de qualité des images d’iris utilisant le spectre de Fourier de l’iris pour l’estimation du vecteur qualité, et un classifieur de type SVM (“Support Vector Machine”) pour l’apprentissage et la classification. Cette méthode fournit de bonnes performances, mais quelques erreurs de classification sont observées. En effet, certaines images où l’iris est occulté par les cils sont classées dans la classe des images exploitables. En plus, le temps d’apprentissage peut devenir considérable selon le nombre d’images utilisées et le type de noyau pris pour la délimitation des classes. *Y. Chen et al.* [2] proposent un descripteur local de netteté de la texture de l’iris utilisant la transformée en ondelettes 2D. Cette solution est moins sensible au bruit, mais le temps de calcul augmente en fonction de la taille de l’iris dans l’image.

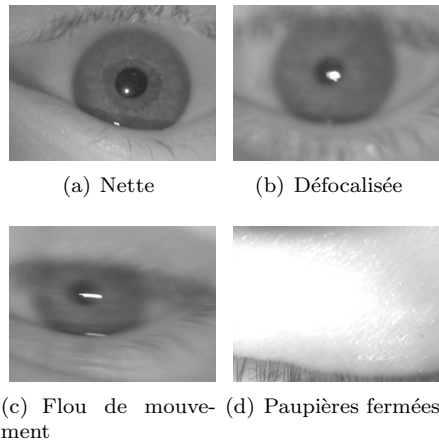


FIG. 1 – Exemples d’artéfacts apparaissant lors de l’acquisition de l’iris.

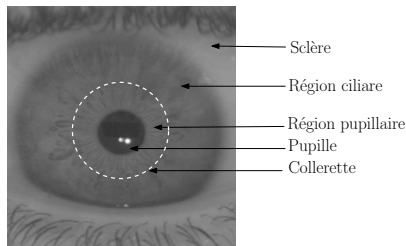


FIG. 2 – Annotation succincte de l’iris.

Afin d’être robuste au bruit, tout en ayant un temps de calcul faible pour envisager des applications embarquées grand public, nous proposons un opérateur de qualité des images d’iris dans une séquence d’images acquise en temps réel qui combine la mesure de la vitesse de déplacement de la pupille ($V(t|t-1)$) estimée grâce au filtre de Kalman, la densité des pixels sombres (BPD) dans la région pupille, et l’indice de netteté (IFS) de la collerette (située dans l’iris comme le montre la figure 2) dépendant de l’énergie de ses composantes moyennes fréquences.

Les résultats expérimentaux obtenus montrent la robustesse de notre modèle vis à vis de la présence du flou, de cils et de reflets lumineux dans l’image. En outre, le temps de traitement vaut en moyenne 20 ms.

Ce papier est organisé en trois parties : dans la section 2, nous décrivons le critère d’évaluation de la qualité d’une image d’iris (IQS). Quelques résultats expérimentaux obtenus sur notre base de vidéos d’iris sont présentés dans la section 3, suivi d’une conclusion détaillée dans la section 4.

2 Nouveau critère d’évaluation de la qualité d’une image d’iris

Le critère d’évaluation de la qualité d’une image d’iris IQS que nous avons mis en oeuvre est une combinaison linéaire de la vitesse de déplacement de la pupille entre deux trames successives $V(t|t-1)$, de la densité des pixels sombres de la région pupille BPD , et de l’indice de netteté de la collerette IFS . Les images où la vitesse de déplace-

ment est élevée présentent un flou important ; elles sont donc systématiquement rejetées pour la reconnaissance. Lorsque la vitesse de déplacement de la pupille est faible, le score de qualité IQS est mesuré selon :

$$IQS = IFS + BPD + H(V(t|t-1)) \frac{1}{V(t|t-1) + 1}, \quad (1)$$

où $H(\cdot)$ est la fonction de Heavyside, qui permet de prendre en compte la vitesse $V(t|t-1) \neq 0$ dans l’évaluation de IQS . Les images où $V(t|t-1) = 0$ seront alors traitées comme des images fixes, et par conséquent, IQS dépendra uniquement de IFS et de BPD . Une image d’iris sera considérée de bonne qualité pour la reconnaissance si son score de qualité IQS est élevé.

2.1 Estimation de la vitesse de déplacement de la pupille et de la densité des pixels sombres

L’estimation de la vitesse de déplacement de la pupille entre deux trames successives $V(t|t-1)$ est estimée à partir du centre de la pupille prédit ($C_p^-(t)$) dans la trame t et du centre mesuré dans la trame $t-1$ ($C_p(t-1)$) selon :

$$V(t|t-1) = \frac{1}{\Delta T} \|\overrightarrow{C_p(t-1)C_p^-(t)}\|, \quad (2)$$

où ΔT désigne la durée d’acquisition entre deux trames successives ($\Delta T = 40$ ms dans nos expériences). Les équations du filtre de Kalman appliqué au suivi de la pupille dans une séquence vidéo sont détaillées dans [3].

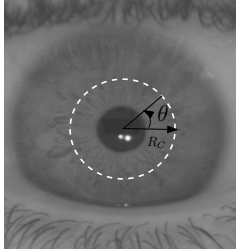
La mesure de cette vitesse de déplacement permet de caractériser le flou dû au mouvement erratique de l’oeil et de sélectionner rapidement les images de bonne qualité. Ainsi, si cette dernière est élevée, l’image sera classée comme floue, et par conséquent l’image sera rejetée. Si la vitesse de déplacement est faible ($V(t|t-1) < 150$ pixels/s), on mesure la densité des pixels sombres (BPD) dans la région pupille localisée dans la zone de recherche estimée par le filtre de Kalman. La BPD mesure la proportion des pixels sombres dans la région pupille. Cette mesure de densité des pixels sombres devient faible lorsque la profondeur de défocalisation est importante, puisqu’elle engendre un étalement du spot blanc dans la pupille.

2.2 Mesure de la netteté de la collerette dans le domaine de Fourier

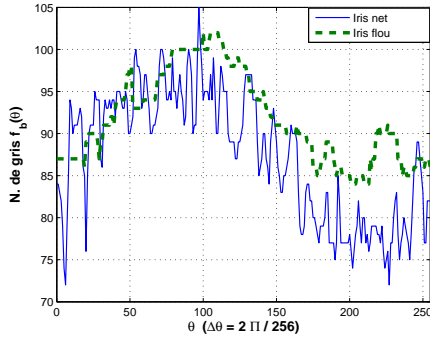
Les deux opérateurs précédents ne suffisent pas pour caractériser la qualité d’une image d’iris. En effet, pour les images faiblement défocalisées, ces mesures peuvent donner des valeurs élevées alors que la texture de l’iris est floue. Pour pallier à ce problème, nous avons mesuré l’énergie des composantes moyennes fréquences du signal 1D issu de la collerette située au voisinage de la pupille. De nombreuses études expérimentales nous ont permis de représenter la collerette par un cercle de rayon R_C égal à 1.5 fois celui de la pupille. L’indice de netteté de la collerette est mesuré par l’expression :

$$IFS = \frac{E_{MF}}{E_T - E_M}, \quad (3)$$

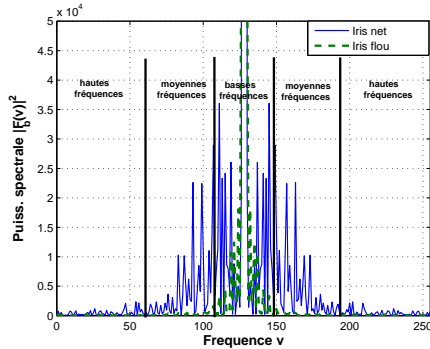
avec E_{MF} l'énergie des composantes moyennes fréquences du signal, et E_T l'énergie spectrale totale et E_M l'énergie de la fréquence centrale. La Fig. 3 illustre bien l'intérêt d'utiliser les composantes moyennes fréquences du profil d'intensité de la collerette. En effet, c'est dans ce domaine que la discrimination entre une texture d'iris floue et celle d'un net est significative.



(a) Déploiement de la collerette suivant θ en 256 points



(b) Profil d'intensité de la collerette



(c) Spectre de Fourier de la collerette

FIG. 3 – Choix des composantes fréquentielles pour discriminer les textures d'iris floues des textures d'iris nettes.

3 Comparaison expérimentale et performances

Afin de mesurer les performances de notre algorithme de sélection, nous avons d'abord construit une base d'images composée de 45 images dont 30 images sont de mauvaise qualité (flou et occlusions partielles de l'iris) et 15 images sont nettes. Nous avons alors comparé les résultats de

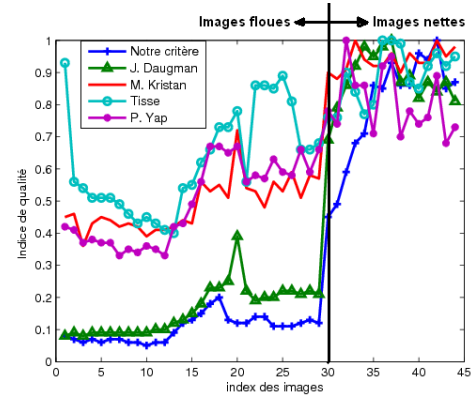
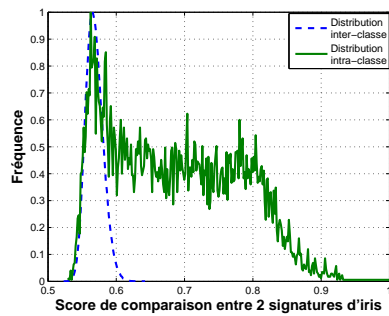


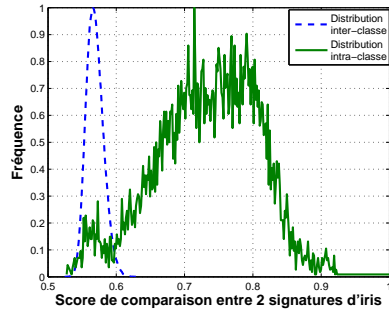
FIG. 4 – Comparaison de performances entre notre critère et les critères proposés dans [5, 4, 1, 6] sur des images fixes.

quelques critères existants dans la littérature avec le nôtre. Parmi les algorithmes de mesure de netteté existants, *P. Yap et al* [5] utilisent les moments de Chebyshev, *Tisse et al* [4] applique l'algorithme FSWM basé sur l'énergie des gradients après application d'un filtre médian, *J. Daugman* [1] calcule l'énergie des composantes hautes fréquences et *M. Kristian* [6] calcule l'entropie dans un domaine spectral. Les résultats présentés sur la figure 4 montrent que notre critère d'évaluation de la qualité d'une image d'iris est plus discriminant que les critères cités ci-dessus. En effet, notre algorithme mesure localement la netteté de l'iris alors que les autres algorithmes estiment globalement le degré de flou de l'image ; par conséquent la présence d'entités telles que les cils, les spots blancs et les reflets lumineux augmentent la valeur des scores de netteté des images floues.

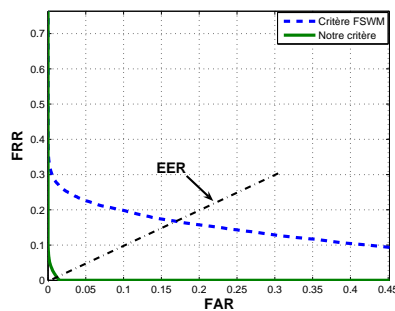
Pour mesurer l'impact de notre critère sur les performances de vérification d'iris, nous avons intégré notre module de sélection dans la chaîne de reconnaissance développée par *Tisse et al.* [4, 7]. L'expérience a été réalisée à partir de notre base privée de 150 vidéos issues de 37 paires d'yeux différents, acquise dans le proche infra-rouge. Dans chaque séquence vidéo, les 10 meilleures images ont été sélectionnées au sens du critère FSWM et du nôtre. La figure 5 montre que notre modèle de sélection améliore les performances de vérification, car l'écart de discrimination entre les distributions des scores de comparaison des signatures d'iris des imposteurs et celles des authentiques est le plus élevé. Notre critère d'évaluation discrimine mieux les images nettes des images de mauvaise qualité que l'opérateur FSWM utilisé par *Tisse et al.*, et par conséquent très peu d'images de mauvaise qualité sont sélectionnées par notre critère. Le taux d'erreur de sélection observé sur l'ensemble des 1500 meilleures images d'iris sélectionnées au sens de l'opérateur FSWM vaut 34% et 2% au sens de notre critère. Le Taux d'Égal Erreur (*EER*) de reconnaissance utilisant l'opérateur FSWM et notre critère vaut respectivement 16.8% et 1.3%, avec 973000 comparaisons entre les signatures d'iris provenant d'yeux différents (inter classe) et 16638 comparaisons entre les signatures d'iris provenant d'yeux identiques (intra classe).



(a) Critère FSWM



(b) Notre critère



(c) Courbes COR

FIG. 5 – Distribution des scores de reconnaissance des authentiques et des imposteurs utilisant le critère FSWM (a) et notre critère de sélection (b). (c) Courbes COR.

4 Conclusion

Dans ce travail, nous avons proposé un nouveau critère de sélection d'images d'iris qui combine une mesure relative de la vitesse de déplacement de la pupille, la densité des pixels sombres dans la région pupille et l'indice de netteté de la collerette. Les résultats expérimentaux ont montré d'une part la robustesse de notre algorithme face à la présence du flou et aux faibles occlusions partielles de l'iris dues aux cils et aux paupières. En outre, notre critère peut aussi s'appliquer sur les images fixes en considérant que la vitesse de déplacement de la pupille est nulle. D'autre part, les performances de la plate-forme de reconnaissance utilisée ont été améliorées considérablement. La valeur de EER est passée de 16.8% à 1.3% avec un temps de traitement moyen de 20 ms en utilisant les images de résolution 640x480 pixels. Notre opérateur a été implémenté en langage C++ sur un PC de type Pentium 4 (3 GHz) fonctionnant sous windows. Nos prochaines in-

vestigations concerneront l'évaluation de la robustesse de notre critère sur des séquences acquises en temps réel dans un environnement réel soumis à diverses variations.

Remerciements

Les auteurs expriment leur remerciement à la région PACA et à la société ST Microelectronics pour leur soutien financier à ce projet.

Références

- [1] J. Daugman. *High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence*. IEEE PAMI, Vol. 15 (11), pp. 1148-1161, 1993.
- [2] Y. Chen, S. C. Dass et A. K. Jain. *Localized iris image quality using 2-D wavelets*. IEEE Int. Conf. on Biometrics, pp. 373-381, Hong Kong, Chine, 2006.
- [3] W. Ketchantang, S. Derrode, L. Martin et S. Bourennane. *Video pupil tracking based for iris identification*. ACIVS, pp. 1-8, Anvers, Belgique, Sept. 2005.
- [4] C. L. Tisse, L. Martin, L. Torres et M. Robert. *Person identification technique using human iris recognition*. 5th Int. Conf. on Vision Interface, pp. 294-299, Calgary, Canada, May 2002.
- [5] P. T. Yap et P. Raveendran. *Image focus measure based on Chebyshev moments*. IEE Proc. Vis. Image Signal Processing, Vol. 151 (2), pp. 128-136, 2004.
- [6] M. Kristian et F. Pernus. *Entropy based measure of camera focus*. 13th Electrotechnical and Computer Science Conf., Vol. B, pp. 179-182, Slovenia, 2004.
- [7] C. L. Tisse, *Phd Thesis : Contribution à la vérification biométrique des personnes par reconnaissance de l'iris*. Université de Montpellier, 2003.
- [8] K. S. Choi, J. S. Lee et S. J. Ko, *New autofocusing technique using the frequency selective weighted median filter for video cameras*. IEEE trans. on Consumer Electronics, Vol. 45 (3), pp. 820-827, 2003.
- [9] L. Ma, T. Tan, Y. Wang and D. Zhang, "Personal identification based on iris texture analysis," *IEEE trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 25, no. 12, pp. 1519-1533, 2003.