DEMOCRATIC AND POPULAR REPUBLIC OF ALGERIA
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION
AND SCIENTIFIC RESEARCH
UNIVERSITY M'HAMED BOUGARA OF BOUMERDES
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

Biometric system: face recognition

Project Report
Submitted in partial fulfillment of the requirements for the Degree of

Magister

In telecommunication

by:

Nadjet RADJI
INGENIEUR D'ETAT

In front of the board of examiners:

President:	M^{r} Adel Belouchrani	Professor	ENP, Algiers
Members:	M^{r} Abedelhakim Dahimene	MCB	UMBB, Boumerdes
	M^{rs} Amina Serrir	MC	USTHB, Algiers
Supervisors:	M^{rs} Dalila Cherifi	MA	UMBB, Boumerdes
	M^{r} Hamid Bentarzi	MCA	UMBB, Boumerdes

Year 2010

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

Abstract

In the last decades, there has been a stronger focus on security around the world. One of the important issues in security is the need of correctly authenticate a person. Traditional methods of establishing a person's identity include passwords, keys or identification cards, but these surrogate representations of identity can easily be lost, shared, manipulated or stolen thereby compromising the intended security. Biometrics provides better security, higher efficiency, and increased user convenience. Among the more acceptable features used in biometrics is the face which provides a more direct, friendly and convenient identification method. Facial research in computer vision can be divided into several areas, such as face recognition, face detection, facial expressions analysis. In our thesis we are interesting on face recognition since it is a biometric method which has become more relevant and needed.

Many methods of face recognition have been proposed. Basically, they can be divided into three categories: Global-Appearance-based methods, local appearance-based methods and hybrid methods. The most successful and well-studied techniques are the appearance-based methods. So, in this thesis some of them are implemented namely: Principle Component Analysis (PCA), Fisher Linear Discriminant (FLD), Singular Value Decomposition (SVD), and Discrete Wavelet Transform (DWT) or Wavelet Packet Decomposition (WPD). The local appearance-based methods can be divided into two groups: The ones that require the use of specific regions and the ones that simply partition the input face image into blocks without considering any specific regions. For the latter type we have implemented the Discrete Cosine Transform (DCT) method.

Furthermore, we have applied DWT and WPD as preprocessing step for PCA, as well DWT for FLD and SVD in order to improve their performances.

Then, we have proposed a new method which combines PCA and WPD in YCbCr color space called (YCbCr-WPD-PCA) **[199]**.

In addition, we have introduced the multibiometrics system particularly multi-algorithm systems. In this thesis we have utilized multi-algorithm systems that consolidate the output of multiple feature extraction algorithms at score levels. We have used the fusion of two types and three types of feature vectors using four fusion rules i.e. minimum, maximum, mean, and product.

Finally, many experiments were conducted using different databases namely YALE, ORL, and FEI databases. The accuracy of each method has been identified and a comparison was performed between them in terms of recognition rates, Equal Error Rates (ERR) or the Receiver Operating Curves (ROC).

Key words: Biometrics, security, face recognition, PCA, FLD, SVD, DCT, DWT, WPD, YCbCr color space, Multibiometrics, fusion.

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

Résumé

Durant ces dernières années le problème de sécurité est devenu crucial pour l'identification de personnes, d'où la nécessité de développer des systèmes robustes utilisant la biométrie qui permettront une meilleure authentification de personnes remplaçant les méthodes traditionnelles. A rappeler que ces dernières utilisent des moyens d'authentifications tels que les mots de passe, les clés et les cartes d'identifications qui cependant peuvent être facilement perdues, partagées, manipulées ou volées.

En effet, la biométrie fournit une meilleure sécurité, une plus grande efficacité et une meilleure commodité des utilisateurs. Parmi les caractéristiques utilisées dans la biométrie, nous trouvons le visage qu'est plus acceptable par rapport aux autres méthodes biométriques et fournit des informations pertinentes dans les méthodes d'identifications.

La recherche faciale en vision par ordinateur peut être divisée en plusieurs thématiques à savoir l'analyse d'expressions faciales, la reconnaissance et la détection des visages. Plusieurs méthodes de reconnaissance de visages ont été développées. Fondamentalement, elles peuvent être divisées en trois catégories: les méthodes locales, les méthodes hybrides et les méthodes globales. A noter que ces dernières sont très utilisées dans la littérature. Les méthodes locales peuvent être divisées en deux groupes à savoir celles qui exigent l'utilisation de régions spécifiques et celles qui simplement partitionnent l'image en blocs sans envisager de régions spécifiques. Pour ce dernier type nous avons implémenté la transformée en cosinus discrète (DCT) méthode.

Concernant les méthodes globales nous avons implémenté dans notre projet certain d'entre elles qui sont respectivement: analyse en composantes principales (PCA), Fisher linéaire discriminante (FLD), décomposition en valeur singulière (SVD), la transformé en ondelette discrète (DWT) ou la transformée en paquets d'ondelettes (WPD).

Nous avons aussi utilisé DWT et WPD comme prétraitement pour PCA, également DWT pour FLD et SVD afin d'améliorer leurs performances.

Par la suite, nous avons proposé une nouvelle méthode qui combine PCA et WPD dans l'espace de couleurs YCbCr nommée (YCbCr-WPD-PCA) **[199]**.

Nous nous sommes intéressés au système multi-biométriques et plus précisément aux multi-algorithmes utilisant deux ou trois algorithmes afin de consolider les déférents résultats obtenus en niveau des scores. Enfin, plusieurs tests ont été réalisés en utilisant trois bases de données à savoir YALE, ORL, et FEI. Une étude statistique et comparative a été effectuée en prenant des paramètres statistiques tels que le taux d'erreur (ERR) et la courbe caractéristique (ROC).

Mots clés : Biométrie, Sécurité, Reconnaissance des visages, PCA, FLD, SVD DCT, DWT, WPD, YCbCr espace de couleurs, Multibiometrics, Fusion.

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

الملخص

خلال السنوات الماضية أصبح الأمن محل اهتمام في ميادين شتى في جميع أنحاء العالم, و من بين أهم قضايا الأمن التي ركزت عليها نتمثل في ضرورة توثيق أو تحديد هوية شخص بدقة ,تعتبر الوسائل التقليدية لتحديد هوية الشخص والتي تتضمن استعمال كلمة سر , مفاتيح أو بطاقات الهوية كبدائل لتمثيل الشخص, ولكن هذه الأخيرة يمكن فقدانها بسهولة, أو التلاعب بها أو سرقتها, و بذلك تعرض الأمن المراد للشبهة. مقارنة بالوسائل التقليدية علم المقاييس البيولوجية يوفر أكثر أمنا, كفاءة أداء عالية, و يزيد من راحة المستخدمين. ومن بين الخصائص المستخدمة في علم المقاييس البيولوجية, الوجه, الذي يقدم طريقة مباشرة, ودية , مريحة و أكثر قبولا لتحديد هوية الأفراد مقارنة بالأساليب الأخرى. البحث العلمي للوجوه في الكومبيوتر البصري يمكن أن يقسم إلى عدة مجالات: كالتعرف على الوجه , تحديد الوجه, تحليل تعبيرات الوجوه. في السنوات الأخيرة أصبح التعرف على الوجه ضروريا و مطلوبا بكثرة.

اكتشفت العديد من التقنيات للتعرف على الوجوه و التي يمكن تقسيمها إلى ثلاث فئات: الطرق الإجمالية ,الطرق الهجينة و الطرق المحلية. وهذه الأخيرة يمكن أن تقسم إلى مجموعتين: تلك التي تتطلب استخدام مناطق محددة و تلك التي ببساطة تجزئ صورة إلى كتل دون النظر إلى مناطق محددة وفى هذا النوع الأخير أنجزنا محول جيب التمام المنفصل. بالنسبة للطرق الإجمالية طبقنا في هذا البحث عدة طرق هي كما يلي: تحليل المكونات الأساسية, تحليل فيشر الخطي ,تحليل إلى قيم فردية, محول الموجات الصغيرة المنفصل ,تحليل رزمة الموجات الصغيرة و استعملنا كذلك محول الموجات الصغيرة المنفصل و تحليل رزمة الموجات الصغيرة كمرحلة معالجة قبل تطبيق تحليل المكونات الأساسية, محول الموجات الصغيرة المنفصل قبل تطبيق محول جيب التمام المنفصل و تحليل إلى قيم فردية من أجل تحسين فعاليتهم.

و اقترحنا أيضا نظام يجمع بين تحليل المكونات الأساسية و تحليل رزمة الموجات الصغيرة في فضاء الألوان و استعرضنا كذلك المقاييس البيولوجية المتعددة و بشكل خاص نظام متعدد الخوارزميات الذي يدمج بين الناتج من مختلف خوارزميات استخلاص السمات. استخدمنا دمج نوعين ودمج ثلاثة أنواع من استخلاص السمات باستعمال أربع قواعد للدمج :الحد الأدنى ,الحد الأعلى ,المعدل, حاصل الضرب. أجريت اختبارات باستخدام قواعد بيانات مختلفة . حددت دقة كل خوارزمية وأجريت المقارنة بينهم باستخدام نسب التعرف أو معدل الخطأ المتساوي باستخدام منحنيات تشغيل الاستقبال .

الكلمات الأساسية: المقاييس البيولوجية, الأمن ,التعرف على الوجه , تحليل المكونات الأساسية, تحليل إلى قيم فردية, تحليل فيشر الخطي, محول الموجات الصغيرة المنفصل ,محول جيب التمام المنفصل ,تحليل رزمة الموجات الصغيرة, فضاء الألوان , المقاييس البيولوجية المتعددة, الدمج.

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

Acknowledgement

First of all, I thank Allah for giving me strength and ability to complete this study. Furthermore, I would like to express my deepest gratitude to my advisors Dr. Cherifi Dalila and Dr. Bentarzi Hamid for their powerful guidance, motivation, valuable suggestions, support and attention throughout this research. I thank all my friends for sharing their experiences and knowledge. Special thank to O.K. Khaddar for his useful help during my research. Finally, I am deeply grateful to my parents for their trust everlasting love, care, and indefectible support morally and materially during all my years of studying.

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

Table of contents

Abstract..... **I**
Dedication..... **IV**
Acknowledgements..... **V**
List of tables..... **IX**
List of figures..... **X**
List of symbols..... **XIII**
Introduction..... **XIV**
Chapter I: Overview of biometric systems..... **1**
I.1.Introduction..... **1**
I.2.Biometrics..... **2**
I.2.1.Definition..... **2**
I.2.2.Types of biometrics..... **3**
I.2.3.Biometrics Consideration..... **3**
I.2.4.Biometric modalities..... **4**
I.2.4.1.Face..... **4**
I.2.4.2.Fingerprints..... **4**
I.2.4.3.Hand geometry..... **5**
I.2.4.4.Eye (Iris/Retina)..... **5**
I.2.4.5.Signature..... **6**
I.2.4.6.Voice..... **7**
I.2.4.7.Keystroke dynamics..... **7**
I.2.4.8.Other biometrics..... **8**
I.3. Biometric system..... **8**
I.3.1.Overview..... **8**
I.3.2.Operations..... **9**
I.3.2.1.Enrollment..... **9**
I.3.2.2.Verification..... **9**
I.3.2.3.Identification..... **9**
I.3.3.Performance evaluation..... **10**
I.3.3.1.False Accept Rate (FAR)..... **10**
I.3.3.2.False Reject Rate (FAR)..... **10**
I.3.3.3.The Failure to Capture (FTC)..... **10**
I.3.3.4.Failure to enroll (FTE)..... **11**
I.3.3.5.Failure to authenticate (FTA)..... **11**
I.3.3.6.Equal Error Rate equal or Crossover Error Rate (EER or CER)..... **11**
I.3.3.7.The d-prime value (d')..... **11**
I.3.3.8.Ability-to-Verify (ATV) Rate..... **12**
I.4. what is security..... **13**
I.5. Biometrics and security..... **13**
I.6.conclusion..... **14**

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

Table of contents

Chapter II: Face recognition methods..... 15
II.1.Introduction..... 15
II.2. Role of face in modern life..... 16
II.3.The Face Recognition Problematic..... 16
II.4.Techniques of recognition..... 18
II.5.Principal Component Analysis (PCA)..... 19
II.5.1.Face Recognition using PCA (Eigenfaces method)..... 19
II.5.2.Drawbacks of PCA approach and variants..... 27
II.6.Fisher Linear Discriminant (FLD)..... 29
II.6.1.The "small sample size problem" (SSS) problem..... 31
II.6.2.Face Recognition using FLD (Fisherfaces method)..... 31
II.7. Singular Value Decomposition (SVD)..... 37
II.7.1.Process of Singular Value Decomposition..... 37
II.7.2.Properties of the singular values..... 39
II.7.3.Face Recognition using SVD..... 39
II.8.Discrete Cosine Transform (DCT)..... 41
II.8.1.DCT Theory..... 41
II.8.2.Properties of DCT..... 43
II.8.3.Face recognition using DCT..... 45
II.9.Wavelet transformation..... 47
II.9.1.Discrete wavelet decomposition (DWT)..... 48
II.9.2.Wavelet Packet Decomposition (WPD)..... 49
II.9.3.Face recognition using DWT..... 49
II.9.4.Face recognition using PCA and DWT (DWT-PCA)..... 50
II.9.5.Face recognition using PCA and WPD (WPD-PCA)..... 50
II.10.Proposed method based on PCA and PWD using YCbCr color space..... 52
II.11. Fusion Methods..... 54
II.11.1. Fusion scenarios..... 54
II.11.1.1.Multi-sensor systems..... 55
II.11.1.2.Multi-algorithm systems..... 55
II.11.1.3.Multi-instance systems..... 56
II.11.1.4.Multi-sample systems..... 56
II.11.1.5.Multimodal systems..... 56
II.11.1.6. Hybrid systems..... 56
II.11.2. Levels of Fusion..... 57
II.11.2.1. Sensor-level fusion..... 57
II.11.2.2. Feature-level fusion..... 57
II.11.2.3. Score-level fusion..... 57
II.11.2.4. Rank-level fusion..... 58
II.11.2.5. Decision-level fusion..... 58
II.11.3.Fusion rules..... 58
II.11.4.Face recognition using fusion..... 59
II.12.Conclusion..... 62

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

Table of contents

Chapter III: Experimental Results and Discussion..... 64
III.1.Introduction..... 64
III.2.Face databases..... 65
III.2.1.The ORL database..... 65
III.2.2.The Yale database..... 65
III.2.3.The FEI database..... 66
III.3.Experiments results and discussion..... 67
III.3.1.Experiment on Yale database..... 67
III.3.2.Experiments on ORL database..... 69
III.3.3.Experiments on FEI database..... 70
III.3.3.1. PCA and FLD (PCA-LDA)..... 71
III.3.3.2.FLD (PCA-LDA) and DWT-LDA methods..... 74
III.3.3.3. SVD and DWT-SVD methods..... 75
III.3.3.4.WPD-PCA and PCA methods..... 76
III.3.3.5.YCbCr-WPD-PCA method..... 77
III.3.3.6.Fusion methods..... 80
III.4.Conclusion..... 94
Chapter IV: Graphical User Interface (GUI)..... 96
IV.1.Introduction..... 96
IV.2.Application..... 97
IV.2.1.Face recognition using PCA interface..... 98
IV.2.2.Face recognition using FLD interface..... 109
IV.2.3.Face recognition using SVD interface..... 111
IV.2.4.Face recognition using DCT interface..... 113
IV.2.5.Face recognition using DWT interface..... 114
IV.2.6.Face recognition using PWD and PCA interface..... 118
IV.2.7.The proposed method (YCbCr-WPD-PCA) interfaces..... 121
IV.2.8.Face recognition using fusion methods interface..... 130
IV.3.Conclusion..... 133
Conclusions and perspectives..... 134
References..... 137

BIBLIOTHEQUE DU CERIST