

Foreword

Multimodal Biometrics

The proliferation of information access terminals and the growing use of applications (such as e-commerce, e-voting and e-banking) involving the transfer of personal data make it essential to provide reliable systems that are user-friendly and generally acceptable. Conventional identity verification systems for access control, such as passports and identity cards, as well as passwords and secret codes can easily be falsified. Biometrics seems to provide a way of overcoming some of these systems' drawbacks, by basing verification on aspects that are specific to each individual.

For a long time the use of biometrics has remained limited to forensic applications, but in view of its potential advantages, this technology is now being considered for many other tasks. Commercial applications have thus been developed, most often based on fingerprints or iris prints; these are currently considered to be the most reliable methods, but have the disadvantage of being intrusive, and are often disliked by users. This partly explains why their use remains limited at present to professional applications (e.g. airport personnel access control), and why, up to now, they have hardly ever been used for the general public, even though commercial products of this type are available.

Clearly, users are more familiar with methods based on face, voice or handwritten signature recognition, but the level of performance of such applications is not yet high enough for their large-scale use to be a realistic proposition. In view of this, combining several methods would seem to be a promising way forward, which remains to be validated.

Several American studies forecast a skyrocketing of the biometrics market, mainly as a result of the development of electronic data transfer, particularly on the Internet. At the European level, there are few studies available at present, and one of the EU's current concerns is to rapidly obtain reliable forward-looking studies.

What has changed recently is the ability to digitize, store and retrieve biometric patterns and have them processed by computers. Large scale deployments can thus be envisaged for example border control, voter ID cards, national ID cards, driver's license, welfare disbursement etc. In these types of applications, biometrics must be considered only as one element of a whole system that involves sensors to acquire the biometric sample, transmission of data from the sensor to a computer where matching will be performed after access to a huge database of stored templates.

The objective of this issue is to present original, state of the art research papers in this biometric domain. They cover a large spectrum from technical to user-centered problematics. Most of the articles stem from partners of the BioSecure Network of Excellence whose objective is to federate the European research in the biometric domain and to provide evaluation frameworks for the comparison of different algorithms.

In particular, the second and third articles (respectively related to signature and fingerprint modalities) correspond to integrated articles, the authors of which come from the institutes of the BioSecure network of Excellence which are working on this modality. More precisely, a BioSecure residential workshop has been organised in August 2005 which gave an opportunity to evaluate new models in different modalities by comparison to existing reference systems following a given established protocol. These two articles relate the results obtained during this workshop in the signature and fingerprint working groups. The interest of algorithmic score fusion for increasing performance over a single system is stressed in both articles. Moreover, fusion of different hand modalities is considered in the sixth article and a more theoretical article on score fusion level is the subject of the fifth article. Two articles related to biometric deployment close this issue.

The first article entitled "Human recognition using biometrics: an overview", by Arun Ross and Anil K. Jain is an introductory article which presents an overview of biometrics and discusses some of the pertinent terminology necessary to understand this technology. The importance of information fusion in the context of biometrics is also highlighted. It is indeed becoming increasingly apparent that multibiometric systems will play a significant role in dispensing the role of identity management in the 21st century.

The second article: "Biosecure reference systems for on-line signature verification: a study of complementarity", by Sonia Garcia-Salicetti, Julian Fierrez-Aguilar, Fernando Alonso-Fernandez, Claus Vielhauer, Richard Guest, Lorene Allano, Tung Doan Trung, Tobias Scheidat, Bao Ly Van, Jana Dittmann, Bernadette Dorizzi, Javier Ortega-Garcia, Joaquin Gonzalez-Rodriguez, Martino Bacile di Castiglione and Michael Fairhurst presents an integrated research study in on-line signature verification which was undertaken by several teams that participate in the Biosecure Network of Excellence. This integrated work, which started during the First BioSecure residential workshop, has as main objective the development of an on-line signature verification evaluation platform. As a first step, four on-line signature verification systems based on different approaches are evaluated and compared following the same experimental protocol on MCYT signature database, which is the largest existing on-line western signature database publicly available with 16 500 signatures from 330 clients. A particular focus of work documented in this paper is multi-algorithmic fusion in order to study the complementarity of the approaches involved.

The third article "Combining multiple matchers for fingerprint verification: a case study in the Biosecure Network of Excellence" by Fernando

Alonso-Fernandez, Julian Fierrez-Aguilar, Hartwig Fronthaler, Klaus Kollreider, Javier Ortega-Garcia, Joaquin Gonzalez-Rodriguez and Josef Bigun, is related to fingerprint. It reports on experiments for the fingerprint modality which have been conducted during the First Biosecure residential workshop. Two reference systems for fingerprint verification have been tested together with two additional non-reference systems. These systems follow different approaches of fingerprint processing and are discussed in detail. Fusion experiments involving different combinations of the available systems are also presented.

The fourth article “Robust facial landmarking for registration” by Albert Ali Salah, Hatice Çınar, Lale Akarun and Bülent Sankur, is related to face recognition. It addresses an important step for both 2D and 3D face registration and normalization, that is finding landmark positions on facial images. In this paper a method for automatic landmarking of near-frontal faces is proposed. The first level of the two-tier method analyzes faces on a coarse scale and employs Gabor features. The second level improves the accuracy of facial feature locations, as inherited from the first tier, by using Discrete Cosine Transform (DCT) coefficients. In addition, a structural analysis subsystem relates the feature positions in a face graph, determines outlier positions and can correct them with back-projections.

The fifth article, “On the use of genuine-impostor statistical information for score fusion in multimodal biometrics” by Pascual Ejarque, Ainara Garde, Jan Anguita and Javier Hernando, deals with multimodality at the score level fusion. Matching score level fusion techniques in multimodal person verification conventionally makes use of global score statistics in the normalization and fusion stages. In this paper, novel normalization and fusion methods are presented to take advantage of the separate statistics of the monomodal scores in order to reduce the genuine and impostor PDF lobe overlapping and improve the verification rate.

Several usually used modalities are linked to the hand. The sixth article : “A multimodal hand-based verification system with an aliveness-detection module”, by Nikola Pave_i_, Tadej Savi_, Slobodan Ribari_ and Ivan Fratri_, presents a multimodal biometric verification system based on the following hand features: palmprint, four digitprints and four fingerprints. The features are obtained using the Karhunen-Loève transform based approach, and information fusion at the matching-score level was applied. To increase the reliability of the system to spoof attacks we included an aliveness-detection module based on thermal images of the hand dorsa.

Biometric identity verification is a reality today. However, this relatively new field still requires a large amount of user-centred studies before becoming widely deployed. The seventh paper: “Beyond objective performance evaluation in multimodal biometric systems” by Doroteo T. Tolodano, Álvaro Hernández Trapote, David Díaz Pardo de Vera, Rubén Fernández Pozo and Luis Hernández Gómez, presents a user-centred analysis of a multimodal authentication system for secure Internet access where users can choose freely between three different biometric modalities (fingerprint, voice and signature) to enroll, verify their identity and act as

impostors in an unsupervised manner, aided only by an automated embodied conversational agent. Objective and subjective information was collected to analyse relevant relationships between authentication performance, ergonomic issues and user preconceptions and impressions. Particular attention has been paid to analyse also the evolution of users' choices of modality.

Large-scale deployment of biometric systems for web-based services has to tackle technological issues related to security, interoperability and accuracy, and social issues related to privacy protection and biometric acquisition process acceptance. The variety of biometric traits, capturing devices, targeted populations and working scenarios makes the development of a universal solution for all-purpose deployment quite a difficult task. The last paper of this issue, entitled "An open framework for distributed biometric authentication in a web environment" by Enrique Otero-Muras, Elisardo González-Agulla, José L. Alba-Castro, Carmen García-Mateo, Oscar W. Márquez-Flórez, describes the design, implementation and applicability of an open framework for distributed biometric authentication oriented to access-control in web environment. The open principle makes this framework a novel and practical development tool for testing and integrating biometric algorithms and devices from third parties. Special attention has been paid to security and interoperability standards to ease concurrent integration and testing of biometric trait matchers developed by different laboratories or companies. Finally, in order to demonstrate the versatility and usability of the framework, the construction process for a distributed multibiometric database acquisition tool based on this framework is described.

As guest editors, we have been very pleased to organize this special issue and to introduce the various contributions which each deal with a typical issue regarding multimodal biometrics. In this way, we have attempted at providing a snapshot of the problems which are under study in this field: we hope to have provided the readers with a consistent flavour of these issues. We are grateful to the authors who have accepted to contribute this special issue with highly relevant papers. We also sincerely thank the many experts who have thoroughly reviewed the papers and therefore contributed in the high quality of this special issue dedicated to Multimodal biometrics.

Bernadette DORIZZI
GET/INT

9 rue Charles Fourier
91011 Evry, France

Carmen GARCIA-MATEO
E.T.S.I. de Telecomunicación
Campus Universitario
36310 Vigo, Spain

Éditorial

Biométrie multimodale

La prolifération des terminaux d'accès à l'information ainsi que l'usage croissant d'applications mettant en oeuvre des transferts de données personnelles comme le commerce, le vote ou encore la banque électronique imposent de disposer de moyens fiables, agréables pour l'utilisateur et communément acceptés. Les moyens classiques de vérification d'identité pour les contrôles d'accès comme les passeports ou cartes d'identité, les mots de passe ou les codes secrets peuvent être facilement falsifiés et il semble que l'usage de la biométrie peut remédier à certains de leurs inconvénients, en basant la vérification sur les aspects propres de chaque individu.

Pendant longtemps l'usage de la biométrie est resté limité aux applications policières, mais étant donné ses avantages potentiels, cette technologie est maintenant envisagée pour un très grand nombre d'autres applications. Des applications commerciales ont ainsi vu le jour, basées le plus souvent sur les modalités d'empreintes digitales ou d'iris qui sont pour l'instant réputées les plus fiables en contrepartie de leur caractère intrusif, souvent mal perçu par les utilisateurs. Ceci explique en partie pourquoi leur usage reste limité pour l'instant à des applications professionnelles (contrôle d'accès de personnel d'aéroport par exemple) et que l'usage grand public est encore quasiment inexistant, malgré l'existence de produits commerciaux.

Il est certain que des modalités comme le visage, la voix, la signature manuscrite sont des modalités plus familières mais la performance associée reste encore trop faible pour pouvoir envisager leur utilisation à grande échelle. Dans ce cadre, le couplage de plusieurs modalités paraît une voie prometteuse qui reste à valider.

Plusieurs études américaines prévoient une explosion du marché de la biométrie en relation essentiellement avec le développement des transferts de données électroniques, en particulier sur internet. Au niveau européen, il n'existe à ce jour encore que peu d'études disponibles et c'est d'ailleurs l'une des préoccupations actuelles de l'UE de disposer rapidement d'études fiables et prospectives.

Plus récemment est apparue la possibilité de numériser, stocker et retrouver des formes biométriques et de les traiter par des ordinateurs. Des déploiements à large échelle peuvent alors être envisagés, par exemple pour des contrôles aux frontières, le vote électronique, les permis de conduire, les systèmes de santé, etc. Dans ces applications, la biométrie n'est qu'un élément d'un système complet qui comprend des capteurs pour acquérir

l'exemple biométrique, la transmission des données du capteur vers un ordinateur où est effectuée la mise en correspondance après accès à une grande base de données dans laquelle les formes ont été stockées.

L'objectif de ce numéro spécial est de présenter des articles de recherche originaux, représentatifs de divers aspects du domaine biométrique. Ils couvrent un large spectre depuis des problématiques techniques jusqu'à d'autres plus spécifiquement centrées sur l'utilisateur. La plupart des articles ont été écrits par des chercheurs de centres impliqués dans le Réseau d'Excellence BioSecure dont l'objectif est de fédérer la recherche européenne dans le domaine biométrique et de fournir des cadres d'évaluation pour la comparaison des différents algorithmes.

En particulier les deuxième et troisième articles (qui traitent respectivement des modalités signature et empreintes digitales) correspondent à des travaux d'intégration menés par différents laboratoires du réseau Biosecure qui travaillent sur ces modalités. Plus précisément, un groupe de travail résidentiel organisé par Biosecure en Août 2005 a permis d'évaluer de nouveaux modèles dans les différentes modalités en comparaison à des systèmes de référence existants et en suivant des protocoles établis. Les deux articles sus-mentionnés transcrivent les résultats obtenus durant ce workshop dans les groupes de travail signature et empreintes digitales. L'intérêt de la fusion de scores pour améliorer les performances par rapport à l'utilisation d'un seul système est soulignée dans les deux articles. Dans le même esprit, la fusion de différentes modalités liées à la main est abordée dans le sixième article tandis que le cinquième article traite de manière plus théorique la question de la fusion de scores. Deux articles plus spécifiquement dédiés aux déploiements de la biométrie terminent ce numéro spécial.

Le premier article intitulé *Un panorama de l'identification biométrique des personnes*, par Arun Ross et Anil K. Jain est un article introductif qui présente un panorama de la biométrie et expose la terminologie pertinente, nécessaire à la compréhension de cette technologie. L'importance de la fusion d'information dans le contexte biométrique est aussi soulignée. Cet article met aussi l'accent sur le fait que les systèmes multi-biométriques joueront un rôle significatif pour le management de l'identité au 21^{ème} siècle.

Le deuxième article : *Systèmes de référence de Biosecure pour la vérification de signature en ligne : une étude de la complémentarité*, par Sonia Garcia-Salicetti, Julian Fierrez-Aguilar, Fernando Alonso-Fernandez, Claus Vielhauer, Richard Guest, Lorene Allano, Tung Doan Trung, Tobias Scheidat, Bao Ly Van, Jana Dittmann, Bernadette Dorizzi, Javier Ortega-Garcia, Joaquin Gonzalez-Rodriguez, Martino Bacile di Castiglione et Michael Fairhurst, présente une étude de recherche intégrée dans la vérification de signature en-ligne entreprise par différentes équipes membres du réseau d'Excellence BioSecure. Ce travail commun, débuté durant le premier « Workshop » résidentiel, a pour principal objectif le développement d'une plateforme d'évaluation des algorithmes pour la vérification de la signature en ligne. Tout d'abord, quatre systèmes de vérification de signa-

ture en ligne basés sur différentes approches sont évalués et comparés en utilisant le même protocole expérimental sur la base de signatures MCYT, la plus grande base existante de signatures en ligne disponible, avec 16500 signatures de 330 personnes. Ensuite, l'accent est mis sur la fusion multi-algorithmique afin d'étudier la complémentarité des approches impliquées.

Le troisième article *Combinaison de plusieurs classifieurs pour la vérification d'empreintes digitales : une étude de cas dans le cadre du réseau d'excellence Biosecure* by Fernando Alonso-Fernandez, Julian Fierrez-Aguilar, Hartwig Fronthaler, Klaus Kollreider, Javier Ortega-Garcia, Joaquin Gonzalez-Rodriguez et Josef Bigun, s'intéresse aux empreintes digitales. Il relate les expériences menées sur la modalité empreinte digitale pendant le premier atelier résidentiel de BioSecure. Deux systèmes de référence pour la vérification d'empreintes digitales ont été examinés ainsi que deux systèmes additionnels. Ces systèmes sont basés sur différentes approches pour le traitement de l'empreinte digitale et sont exposés en détail. En outre, sont présentées des expériences de fusion comportant différentes combinaisons des systèmes disponibles.

Le quatrième article *Localisation robuste de points caractéristiques sur des images faciales*, par Albert Ali Salah, Hatice Çinar, Lale Akarun et Bülent Sankur, traite de la reconnaissance faciale. Trouver des points d'ancrage est une étape importante pour l'enregistrement, la normalisation et pour la reconnaissance des visages 2D et 3D. Dans cet article, les auteurs proposent une méthode pour trouver automatiquement les points d'ancrage sur des visages de face, analysés à échelles différentes. La nouvelle méthode pour extraire les caractéristiques faciales emploie divers outils à deux échelles : l'une grossière et l'autre fine. La première analyse a lieu dans un espace de représentation grossier et utilise la sortie des filtres Gabor. Elle est suivie par une analyse à une échelle plus fine, laquelle utilise les attributs de la transformée en cosinus discret. En outre, un sous-système d'analyse structurelle sert à déterminer les points de repères aberrants et à corriger leurs positions avec rétroprojection.

Le cinquième article *Sur l'usage de l'information statistique client/imposteur pour la fusion de qualifications en biométrie multimodale* par Pascual Ejarque, Ainara Garde, Jan Anguita et Javier Hernando, traite de la multimodalité au niveau de la fusion de scores. Ces techniques utilisent généralement des statistiques globales pour les étapes de normalisation et de fusion. Dans le présent article, de nouvelles méthodes de normalisation et de fusion avec pondération sont présentées pour profiter des statistiques séparées des scores monomodaux de manière à réduire la superposition des fonctions de distributions client et imposteur et pour améliorer le taux de vérification.

Plusieurs modalités usuelles sont reliées à la main. Le sixième article intitulé *Un système multimodal basé sur la main accompagné d'un module de détection du caractère vivant*, par Nikola Pavešić, Tadej Savič, Slobodan Ribarić et Ivan Fratrić, présente un système de vérification biométrique multimodal basé sur les caractéristiques suivantes de la main : empreinte palmaire, quatre empreintes de doigts et quatre empreintes digitales. Les

caractéristiques sont obtenues grâce à une approche de type Karhunen-Loeve et une fusion d'information au niveau des scores a été appliquée. Pour améliorer la résistance du système aux attaques, un détecteur du caractère vivant de la main a été ajouté, basé sur les images thermiques du dos de la main.

La vérification d'identité biométrique est déjà une réalité. Cela dit, cette technique relativement nouvelle requiert encore un grand nombre d'études centrées sur la personne avant d'être largement déployée. Le septième article : *Au delà des objectifs d'évaluation de performance dans les systèmes biométriques multimodaux* par Doroteo T. Toledano, Álvaro Hernández Trapote, David Díaz Pardo de Vera, Rubén Fernández Pozo et Luis Hernández Gómez, présente une étude centrée sur l'utilisateur d'un système multimodal d'authentification pour l'accès sécurisé à l'Internet, où les utilisateurs peuvent choisir librement parmi trois modalités biométriques différentes (l'empreinte digitale, la voix et la signature) pour s'inscrire, vérifier leurs identités et agir en tant qu'imposteurs, d'une manière non supervisée mais avec l'aide d'un agent conversationnel animé.

Des informations objectives et subjectives ont été recueillies afin d'analyser les relations entre les performances d'authentification, l'ergonomie et les préconçus et impressions de l'utilisateur. L'évolution des choix d'utilisation d'une modalité plutôt qu'une autre au cours du temps, a été aussi analysée.

Le déploiement à grande échelle de systèmes biométriques pour des services web doit aborder des problèmes technologiques reliés à la sécurité, l'interopérabilité et la précision, et des problèmes sociétaux reliés avec la protection de la vie privée et l'acceptation par l'utilisateur du procédé d'acquisition. La variété des modalités biométriques, des dispositifs d'acquisition, des populations cibles, et des scénarios de travail complique l'obtention d'une solution susceptible de permettre une mise en oeuvre universelle.

Le dernier article de ce numéro, *Un cadre ouvert pour l'authentification distribuée biométrique de personnes dans un environnement Web* par Enrique Otero-Muras, Elisardo González-Agulla, José L. Alba-Castro, Carmen García-Mateo, Oscar W. Márquez-Flórez, décrit la conception, la mise en oeuvre et l'applicabilité d'un cadre ouvert pour l'authentification biométrique distribuée orientée vers le contrôle d'accès dans un environnement web. Le principe ouvert de cette structure en fait un outil de développement pratique et nouveau pour le test et l'intégration d'algorithmes et dispositifs biométriques. Une attention particulière a été prêtée aux standards de sécurité et d'interopérativité pour faciliter l'intégration concurrente et le test de systèmes biométriques développés par différents laboratoires ou compagnies. Finalement, pour démontrer la versatilité et l'applicabilité de ce cadre, un outil web distribué d'acquisition de données biométriques réalisé dans ce cadre ouvert est présenté.

En tant que coordonnateurs, c'est avec plaisir que nous avons préparé ce numéro spécial et que nous avons introduit les différentes contributions qui toutes traitent d'un domaine particulier lié à la biométrie multimodale.

De cette façon, nous avons essayé de souligner les problèmes à l'étude dans ce domaine. Nous espérons avoir atteint notre but en offrant au lecteur un large panorama sur ces questions par le biais de contributions de haute qualité. Le mérite en revient grandement aux auteurs qui ont répondu favorablement à notre invitation à contribuer à ce numéro en envoyant des articles de grande qualité. Nous sommes également reconnaissants aux experts internationaux qui ont accepté de relire attentivement les soumissions et qui ont permis d'améliorer la qualité de ce numéro spécial consacré à la biométrie multimodale.

Bernadette DORIZZI
GET/INT
9 rue Charles Fourier
91011 Evry, France

Carmen GARCIA-MATEO
E.T.S.I. de Telecomunicación
Campus Universitario
36310 Vigo, Spain