

유비쿼터스 환경에서 PDA를 이용한 다중생체인식 시스템 구현

Multimodal biometrics system using PDA under ubiquitous environments

권만준, 양동화, 김용삼, 이대종, 전명근

Man-Jun Kwon, Dong-Hwa Yang, Yong-Sam Kim, Dae-Jong Lee, Myung-Geun Chun

충북대학교 전기전자컴퓨터공학부

컴퓨터정보통신연구소

요 약

본 논문은 유비쿼터스 컴퓨팅 환경 기반에서의 얼굴과 서명을 이용한 다중생체인식 시스템을 제안한다. 이를 위해서 얼굴과 서명 영상은 PDA로 획득하고, 취득한 영상은 무선랜을 통해 인증 서버로 전송하여 서버로부터 인증된 결과를 받도록 하였다. 구현한 다중 생체 인식 시스템의 구성은 두 부분으로 나눌 수 있는데, 먼저 클라이언트 부분인 PDA에서는 임베디드 비주얼 C++로 작성된 사용자 인터페이스 프로그램을 통하여 사용자 등록과 인증 과정을 수행한다. 그리고, 서버 부분에서는 얼굴인식에서 우수한 성능을 보이는 PCA와 LDA 알고리즘을 사용하였고, 서명인식에서는 구간 분할 매칭으로 구간을 분할 한 후 X축과 Y축의 투영값을 Kernel PCA와 LDA 알고리즘에 적용하였다. 얼굴과 서명영상을 이용하여 제안된 알고리즘을 평가한 결과 기존의 단일 생체인식 기법에 비해 우수한 결과를 보임을 확인할 수 있었다.

키워드 : 얼굴인식, 서명인식, 다중 생체 인식, 유비쿼터스, PDA

Abstract

In this paper, we propose a method based on multimodal biometrics system using the face and signature under ubiquitous computing environments. First, the face and signature images are obtained by PDA and then these images with user ID and name are transmitted via WLAN(Wireless LAN) to the server and finally the PDA receives verification result from the server. The multimodal biometrics recognition system consists of two parts. In client part located in PDA, user interface program executes the user registration and verification process. The server consisting of the PCA and LDA algorithm shows excellent face recognition performance and the signature recognition method based on the Kernel PCA and LDA algorithm for signature image projected to vertical and horizontal axes by grid partition method. The proposed algorithm is evaluated with several face and signature images and shows better recognition and verification results than previous unimodal biometrics recognition techniques.

Key words : Face Recognition, Signature Recognition, Multimodal Biometrics System, Ubiquitous, PDA

1. 서 론

유비쿼터스는 언제 어디서나 네트워크에 접속할 수 있는, 즉 우리의 모든 일상이 네트워크로 연결되어 있는 상태를 의미한다. 유비쿼터스는 정보통신분야에서 '유비쿼터스 컴퓨팅'이나 '유비쿼터스 네트워크'처럼 유비쿼터스화 되고 있는 새로운 IT환경 또는 IT패러다임의 의미로 받아들이고 있다[1]. 이러한 유비쿼터스 환경에서 정보 보안의 취약성을 극복하기 위해 기밀성(Confidentiality)과 인증성(Authentication), 무결성(Integrity) 등이 요구되며, 인증수단으로 생체정보를 인증에 활용하는 방안이 활발하게 적용되고 있다. 서명용 패드를 PC에 연결시켜 서명을 받는 방식 또는 휴대폰에 센서를 부착해 공중에 하는 서명을 3차원 인식하는 기술, 지문센서

를 휴대폰에 탑재하여 인식하는 기술 등이 개발되고 있으나 센서를 부착해야 하는 번거로움이 있다[2][3].

이에 본 논문에서는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경 기반에서의 얼굴과 서명을 이용한 다중생체인식 시스템을 제안한다. 이를 위해서 얼굴과 서명 영상은 PDA로 획득하고, 그 다음 사용자 ID와 이름있는 각각의 영상은 무선랜을 통해 인증 서버로 전송하여 서버로부터 인증된 결과를 받도록하였다. 구현한 다중 생체 인식 시스템의 구성은 두 부분으로 나눌 수 있는데, 먼저 클라이언트 부분인 PDA에서는 임베디드 비주얼 C++로 작성된 사용자 인터페이스 프로그램을 통하여 사용자 등록과 인증 과정을 수행한다. 그리고, 서버 부분에서는 얼굴 인식에서 탁월한 성능을 보이는 PCA와 LDA 알고리즘을 사용하였고, 서명인식에서는 구간 분할 매칭으로 구간을 분할한 후 X축과 Y축의 투영값을 Kernel PCA와 LDA 알고리즘에 적용하였다. 등록 과정에서 PDA로부터 전송받은 서명 및 얼굴 데이터들을 전송받아 학습하여 고유벡터를 구하였다. 또한, 테스트 영상을 제외한 모든 비교 영상에 대해서 고유벡터를 이용하여 같은 영상 공간으로 미리 변형을 시켜 놓은 뒤 인증 과정에서 입력된 테스트 데이터를 고유벡터를 이용한 같

접수일자 : 2006년 4월 13일

완료일자 : 2006년 6월 5일

감사의 글 : 본 연구는 한국 전자 통신 연구원의 위탁 과제 일부로 수행되었습니다.

은 영상 공간으로 투영시켜 비교 영상과의 거리를 구하여 인증 결과를 구하도록 한다. 인증결과 각 생체정보의 스코어를 융합하여 결과를 클라이언트에 재전송하도록 구성하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 구현된 시스템을 클라이언트 부분과 네트워크 부분, 그리고 서버 부분으로 나누어 시스템 구성에 대해서 기술하였으며, 3장에서는 얼굴 인식을 위한 PCA와 Kernel PCA 그리고, LDA알고리즘에 대해서 기술하였다. 4장에서는 구현한 시스템의 실험 및 고찰을 설명하였으며, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 개인인증용 PDA의 시스템 구성

본 논문에서 구성한 개인인증용 PDA의 시스템은 그림 1에서 보인 바와 같이 서버영역과 클라이언트 영역으로 각각 독립적으로 구축하였다. 먼저 클라이언트 측인 전자서명 및 얼굴영상의 입력기에서는 등록과 인증을 확인 할 수 있도록 사용자 인터페이스를 구축하였다. 다음으로 서버 영역에서는 전자서명 및 얼굴영상 입력기로부터 전송받은 서명데이터를 학습하고 인식한 결과를 PDA로 재전송하는 부분이 구현되었다.

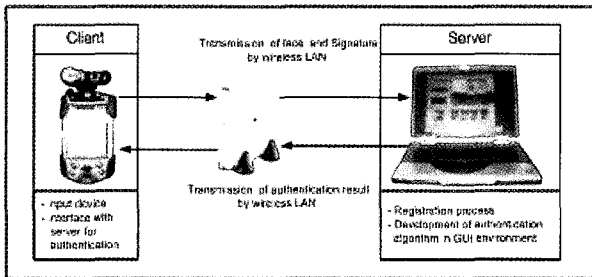


그림 1. 개인인증용 PDA의 시스템 구성도
Fig 1. System architecture for authentication

클라이언트 중에서 우선 PDA에서 얼굴영상 취득을 위한 구성도를 그림 2에 나타냈다. 클라이언트 영역은 얼굴 영상 획득 단계와 영상에 대한 영상처리 단계, 그리고 영상전송 단계로 나누어진다. 얼굴 영상획득 단계에서는 PDA에 장착한 CMOS 카메라를 이용하여 클라이언트 인터페이스 프로그램에서 영상을 획득한다. PDA에서 얼굴 영상을 획득할 때 얼굴 인식 단계에서 인식률에 많은 영향을 미치는 배경에 대한 효과를 최소화하기 위해 사용자의 눈을 적절한 위치에 맞추도록 하였다.

획득한 얼굴 영상의 크기는 240X320 이며, 영상포맷은 비트맵 파일이다. PCA와 LDA알고리즘을 적용하기 위해 X축과 Y축의 벡터크기를 맞추어 주기 위하여 최종적으로 128 X 128로 크기 조절을 한다. 상대적으로 서버에 비해 처리 속도가 느리고 또한 제한된 메모리를 가지고 있는 PDA 단말기에서는 실시간 얼굴 인식의 중요한 부분인 빠른 전송을 위해 파일 크기가 문제가 된다. 이를 위해 웨이블릿 변환(Wavelet Transform)을 통하여 영상의 크기를 1/4로 압축하였다[4]. 웨이블릿 변환 후 BMP포맷의 영상을 보다 압축률이 좋은 JPG포맷으로 압축을 한다. 실제로 JPG포맷으로 압축한 결과 실제 영상크기의 1/10의 크기로 압축되어 전송할 때 뛰어난 전송 성능을 보여주었다.

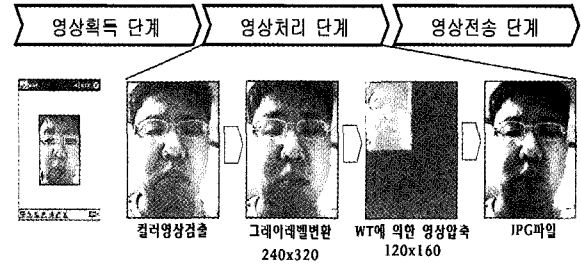


그림 2. 얼굴영상의 취득 과정
Fig 2. Acquisition process of face image

그림 3에서는 PDA 내에서 전자서명을 취득하기 클라이언트 영역을 보여주고 있다. 전자서명은 등록과 인증과정으로 구분하여 실행된다. 우선, 등록과정에서는 ID와 이름, 서버의 IP주소를 입력하고 모드를 선택할 수 있다. 인증모드를 선택하면 전송하는 버튼이 나타나며 등록모드를 선택하면 본인서명 3개를 등록할 수 있는 버튼이 나타난다. 그림 4에서는 얼굴과 서명을 입력한 결과를 나타낸다.

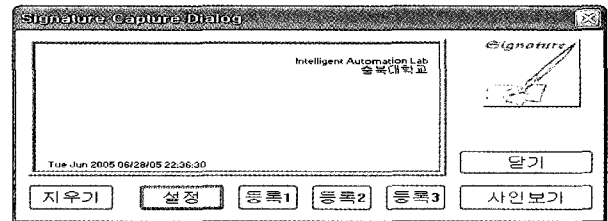


그림 3. 전자서명의 사용자화면
Fig 3. User screen of Topaz

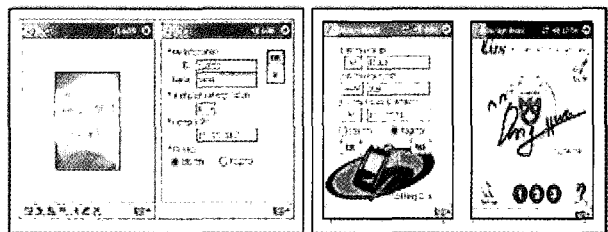


그림 4. 얼굴과 서명의 등록결과
Fig 4. Registration result of face and signature

3. 개인인증을 위한 알고리즘

서버에서는 클라이언트로부터 전송된 얼굴과 영상을 이용하여 인증을 한다. 이를 위해 본 논문에서는 그림 5에서 보인 바와 같이 인증 알고리즘을 구축하였다. 그림 5에서 보는 바와 같이 얼굴인식 시스템은 PCA를 이용하여 영상의 차원을 축소한 후 LDA(Linear Discriminant Analysis)를 이용하여 얼굴인증 시스템을 구축하였다. 또한, 서명인식에서는 구간 분할 매칭 [5] 으로 구간을 분할 한 후 X축과 Y축의 투영값을 Kernel PCA와 LDA 알고리즘에 적용하였다.

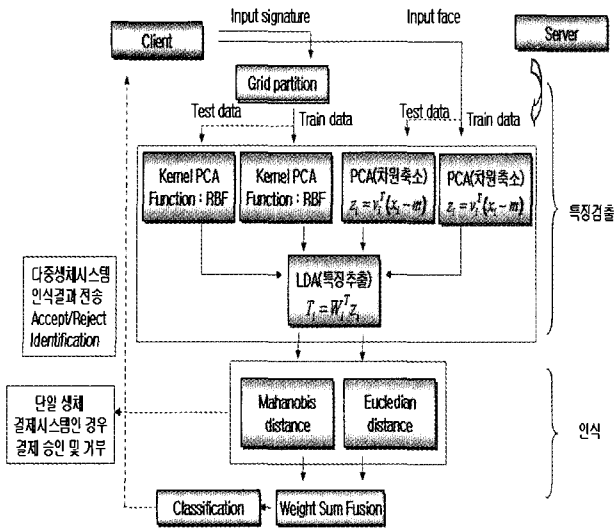


그림 5. 제안된 다중생체인식 시스템 흐름도
Fig 5. Proposed multimodal biometric system

얼굴인식과 서명인식을 위해 PCA와 Kernel PCA에 의해 입력영상을 차원축소한 후[6][7], 적용된 LDA 알고리즘에 대해 살펴보면 다음과 같다[8].

Between-Scatter 행렬 S_B 는 식(1)과 같이 표현된다.

$$S_B = \sum_{k=1}^c N_k (\mu_k - \mu)(\mu_k - \mu)^T \quad (1)$$

여기서 N_k 는 클래스 k 내의 데이터 수이고, μ_k 는 클래스 k 내에서 평균 영상이며 c 는 클래스의 수이다. within-scatter 행렬 S_W 는 x_i 가 학습영상이라 할 때 식 (2)와 같이 표현된다.

$$S_W = \sum_{k=1}^c \sum_{x_i \in c_k} (x_i - \mu_k)(x_i - \mu_k)^T \quad (2)$$

만약에 S_W 가 정칙(nonsingular)이라면, 최적의 투영 W_{opt} 는 식 (3)과 같이 투영된 샘플의 Within-class scatter 행렬의 행렬식에 대한 Between-class scatter 행렬의 행렬식의 비율을 최대로 하는 정규직교 열을 가진 행렬로서 선택 되어진다.

$$W_{opt} = \arg \max_w \frac{|W^T S_B W|}{|W^T S_W W|} \quad (3)$$

여기서 $\{w_i | i=1, 2, \dots, m\}$ 는 식 (4)에서 보인 바와 같이 m 개의 가장 큰 일반화된 고유치에 대응되는 S_B 와 S_W 의 일반화된 고유벡터의 집합이다.

$$S_B w_i = \lambda S_W w_i \quad (4)$$

LDA에 의해 특징벡터를 얻은 후에, 훈련영상과 검증영상의 비교를 위해 얼굴영상에 대해서는 Mahalanobis 거리 측정기법, 서명영상에 대해서는 Euclidean 거리측도 기법을 각각 적용하였다. 마지막으로 융합 알고리즘은 얼굴과 서명으로 얻어진 값들을 가중치 합을 통해 이루어지게 된다.

서명에 사용된 Kernel PCA의 경우 알고리즘을 살펴보면, KPCA는 PCA가 공분산 행렬 대신에 내적 행렬 상에서 수행될 수 있다는 잘 알려진 사실로부터 다음과 같이 유도된다

[9]. 샘플들 $\{x_i \in R^M\}_{i=1}^N$ 이 전처리 과정을 거친 전동기의 전류 데이터의 집합을 표시한다고 하자. KPCA는 먼저 함수 $\Phi: R^M \rightarrow F$ 에 의해 특징공간 F 로 데이터를 사상한 다음 사상된 데이터를 가지고 표준 PCA를 수행한다. $X = [\Phi(x_1) \dots \Phi(x_N)]$ 에 의해 데이터 행렬 X 을 정의하면, F 에서의 공분산 행렬 C 는 다음과 같다.

$$C = \frac{1}{N} \sum \Phi(x_i) \Phi(x_i)^T = \frac{1}{N} X X^T \quad (6)$$

사상된 데이터가 $\frac{1}{N} \cdot \sum \Phi(x_i) = 0$ 에서 중심을 갖는다고 가정하면, 식 (5)의 고유값 문제에 의하여 C 의 고유값과 고유벡터들을 찾을 수 있다.

$$\lambda u = K u \quad (7)$$

여기서 행렬 K 는 $K = 1/N \cdot X^T X$ 로 정의된 $N \times N$ 내적 행렬이며, 성분은 다음과 같다.

$$K_{ij} = \frac{1}{N} \Phi(x_i) \cdot \Phi(x_j) = \frac{1}{N} k(x_i, x_j) \quad (8)$$

행렬 $K (P \leq N, P \leq M)$ 의 영이 아닌 고유값과 고유벡터가 각각 $\lambda \geq \dots \geq \lambda_p, u_1, \dots, u_p$ 이라 하면, C 는 동일한 고유값들을 가지며, $C: v^h = \alpha^h X u^h$ (여기서 α^h 는 정규화 상수이다)의 영이 아닌 고유벡터들 $\{v^h\}$ 과 K 의 영이 아닌 고유벡터들 $\{u^h\}$ 사이는 일대일 대응관계가 있다. 만약 고유벡터들이 단위길이를 갖는다면, $\alpha^h = 1/\sqrt{\lambda^h N}$ 이며, $\alpha^h = 1$ 이 기 위해 $\|v^h\| = 1/\sqrt{\lambda^h N}$ 을 가정한다.

전처리 과정을 거친 시험 데이터 샘플 x 에 대해, 그것의 h -번째 주성분 y_h 는 다음의 커널 함수를 사용하여 계산할 수 있다.

$$y_h = v^h \cdot \Phi(x) = \sum_{i=1}^N u_i^h k(x_i, x) \quad (9)$$

이때에 식 (8)의 사영(projection) 연산자 P_H 를 사용함으로써 x 에 대한 Φ 의 상(image)을 그것의 사영들로부터 F 에서 첫 번째 $H (\leq P)$ 주성분들 위로 재구성할 수 있다.

$$P_H \Phi(x) = \sum_{h=1}^H y_h v^h \quad (10)$$

통상적으로 사용하는 커널은 식 (9)와 같은 다항식, 가우시안과 시그모이드 커널 등이 있다.

$$k(x, y) = (x, y)^d \quad (\text{polynomial}) \quad (11a)$$

$$k(x, y) = \exp\left(-\frac{\|x-y\|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (\text{Gaussian}) \quad (11b)$$

$$k(x, y) = \tanh(x(x, y) + \theta) \quad (\text{sigmoid}) \quad (11c)$$

이상의 KPCA는 입력 데이터 샘플들 간에 고차원 상관관계를 가진 특징들을 얻을 수 있게 하여, 데이터 샘플의 커널 사영은 입력 데이터의 비선형 공간적인 구조를 감소시킨다. 즉, 입력 데이터 내부에 고유의 비선형 구조는 주성분 부분 공간에서 비교적 좋은 결과들을 가져다 줄 수 있다.

4. 실험 및 결과

제안된 방법을 평가하기 위해 얼굴영상과 서명은 PDA로부터 무선랜을 통해 전송된다. 먼저, 사용자를 위한 세장의 얼굴과 서명이 ID와 함께 등록된다. 인식은 등록된 것들과 얼굴과 서명 이미지를 비교하므로써 수행된다. 그림 6에서는 PDA로부터 얻어진 얼굴과 서명 영상의 한 예를 보여준다. 얼굴 영상의 원 사이즈는 240x320이다. 하지만, 그 영상은 0~255사이의 그레이 레벨을 갖는 128x128 픽셀 이미지로 리사이즈된다. 마지막으로 압축된 영상은 4단계 웨이블릿 변환을 통해서 얻어진다. 반면에 서명영상의 사이즈는 240x100이다. 구간 분할 매칭을 사용한 후 2차원 서명영상은 수평축 정보와 수직축 정보를 갖는 형태의 벡터로 재 정렬된다. 전처리된 얼굴과 서명 영상에 대해서 특징 추출 방법은 3장에 설명된 것처럼 특징을 얻었다. 본 논문에서는 영상 취득을 위해 45명으로부터 얼굴 및 서명을 취득하였다.

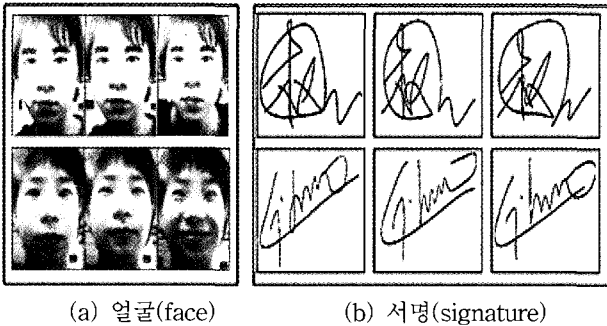


그림 6. 얼굴 및 서명 영상
Fig 6. Images of face and signature

그림7은 서버에서 실행된 인식 결과를 보여준다. 그림7에서 보여진 것처럼 4개의 후보영상은 매칭도가 높은 순으로 나타내어진다. 그림에서 가장 왼쪽의 영상은 테스트를 통해서 검증된 영상이고 다른 영상들은 서버에서 매치된다. 이들 영상들 사이에서 가장 왼쪽 영상은 입력 영상에 대해 가장 높은 매칭도를 가진다. 따라서, 서버는 매칭도가 미리 정해진 임계값보다 작으면 사용자를 인증한다. 그림 8에서는 적용기법에 따른 사칭자와 인증자간의 임계값을 비교하여 나타냈다. 인증을 위한 임계값은 그림 8로부터 서명의 경우 38, 그림 9로부터 얼굴인 경우에는 780로 설정하였다. 그림 10은 임계값 122일때, 가중치 합을 통해 융합한 결과를 보여준다. 최종 매칭값은 $d1+0.1*d2$ 로 계산된 값이고, d1은 서명에서 Euclidean 거리값을 말하고, d2는 얼굴영상에서 Mahanobis 거리값을 말한다. 그림 8과 그림 9 그리고 그림 10에서 보는 바와 같이 사칭자와 인증자간의 차별성이 단일 생체만을 이용한 경우보다 다중 생체를 적용한 경우 우수한 결과를 나타냄을 알 수 있다. 표 1에서는 오인식률(FAR)과 오거부율(FRR)이 교차하는 EER 점을 기준으로 하여 성능을 비교하였다. 얼굴인식인 경우 3.7%, 서명인식의 경우 5.5%로 나타났으며, 다중 생체인식의 경우 1.1%로 향상된 성능을 나타냈다.

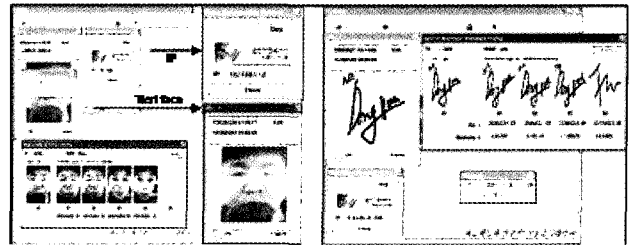


그림 7. 서버 내에서의 인증결과
Fig 7. Verification result in server

표 1. 적용기법별 EER
Table 1. EER by application technique

	서명	얼굴	다중생체
EER	5.5%	3.7%	1.1%

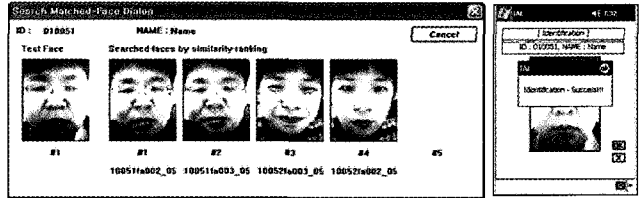


그림 8. 서버 매칭도와 PDA 인증결과
Fig 8. Server matching degree and PDA verification result

위의 그림 8은 실제로 PDA에서 전송한 얼굴영상이 서버의 학습영상과 비교하여 매칭도가 높은 4개를 랭킹하고 가장 매칭도가 매칭도 비율에 따라 인증을 하여 PDA에 재전송한 결과로 서버 매칭도와 PDA 인증결과를 나타내고 있으며, 등록할 때 학습에 따른 알고리즘 속도는 다소 느리지만 인증할 때의 시간은 2초 내외로 아주 빠른 시스템임이 입증 되었다. 그림 9은 단계별 소요시간 측정결과를 보이고 있다. 표 2는 단계별 소요시간을 표로 나타내어 보았다.

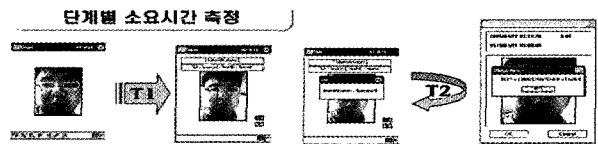


그림 9. 단계별 소요시간 측정

표 2. 소요시간 결과
Table 2. Process time result

구분	영상캡처 데이터준비(T1)	인증시간 (T2)
기본	1.98(sec)	1.44(sec)
1단계웨이블릿 적용	3.72(sec)	1.26(sec)
2단계웨이블릿 적용	4.13(sec)	1.23(sec)

5. 결 론

본 연구에서는 유비쿼터스 환경에서 PDA를 이용한 다중 생체인식 시스템 구현하였다. 구현된시스템은 PDA와 서버 네트워크에 적용된 얼굴과 서명 인증 시스템으로 구성된다. 특히, 얼굴과 서명은 서버로 전송되고, PDA는 서버에서 승인과 거부를 결정한 후 무선랜을 통해 인증결과를 받는다. 얼굴 인증 시스템은 PCA와 LDA 방법을 통해 실행되고, 서명 인증은 격자 분할, Kernal PCA와 LDA 방법을 사용했다.

융합 단계에서, 가중치 합에 의한 결정 법칙은 각각의 생체 시스템에 계산된 두 개의 매칭값을 효율적으로 조합해서 사용했다. 다양한 실시간 실험으로부터 제안된 알고리즘을 평가한 결과 기존의 단일 생체인식 기법에 비해 우수한 결과를 보임을 확인할 수 있었다.

그림 10은 단일 생체 인식의 경우 진서명과 타인서명간 히스토그램을 보여주고 있다. 임계값이 38일때, 최적의 인식을 94.5%를 얻을 수 있었다. 그림 11은 단일 생체 인식의 경우 진얼굴과 타인얼굴간 히스토그램을 보여주고 있다. 임계값이 780일때, 최적의 인식을 96.7%를 얻을 수 있었다. 그림 12는 다중 생체 인식의 경우 얼굴과 서명을 융합한 히스토그램을 보여주고 있다. 임계값이 122일때, 최적의 인식을 98.9%를 얻을 수 있었다.

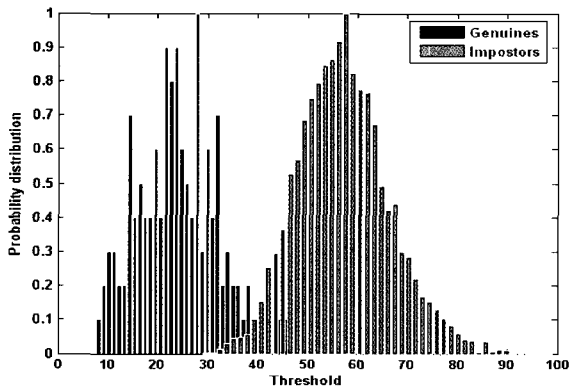


그림 10. 진서명과 타인서명간의 정규화 히스토그램

Fig 10. Normalization histogram between genuines and imposter signatures

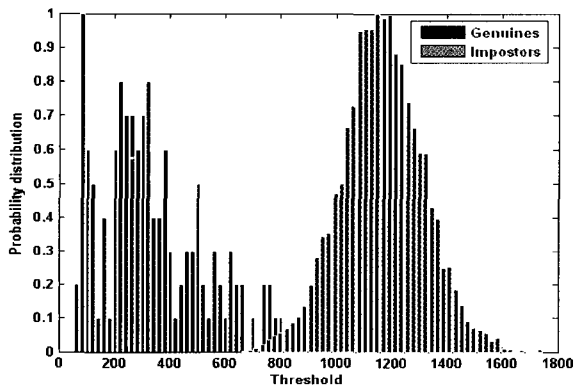


그림 11. 진얼굴과 타인얼굴간의 정규화 히스토그램

Fig 11. Normalization histogram between genuines and imposter faces

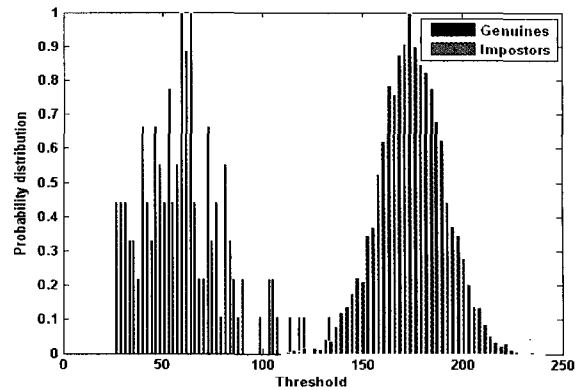


그림 12. 융합한 진 데이터와 타인 데이터간의 정규화 히스토그램

Fig 12. Normalization histogram between genuines and imposter fusion schemes

가중치 합은 위의 그림 결과와 같이 얼굴의 인식이 좋으므로 얼굴의 가중치를 높게 산정했으며, 서명은 임계값이 38일 때 최적의 결과를 얻었으며 얼굴은 임계값이 780에서 최적의 결과를 얻었다. 그리고 가중치 합을 이용하여 두 생체의 특징 스코어를 융합하였을 때 임계값이 122일 때 최적의 인식을 98.9%를 보여 실제 유비쿼터스 환경에 적용 가능한 인식을 얻었다.

그림 13은 생체 인식에서 성능평가의 기준이 되는 오거부율과 오인식률 그래프를 보여주고 있다. 표 3은 본 논문에서 제안한 방법이 단일 생체인식보다 향상된 결과를 보여주고 있다.

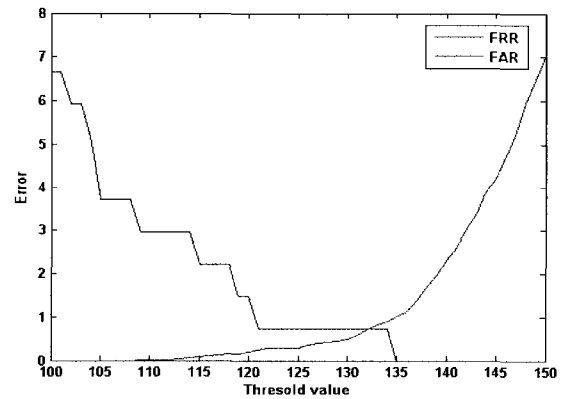


그림 13. 융합된 다중생체 시스템의 FRR, FAR 그래프 결과

Fig 13. Graph(FRR,FAR) of proposed multimodal biometric system

표 3. 단일 생체와 다중 생체 인식률 비교
Table 3. Unimodal and multimodal recognition rate comparison

	서명	얼굴	제안방법 (서명 + 얼굴)
인식률(%)	94.5	96.7	98.9

참 고 문 헌

- [1] 리처드헌터, "유비쿼터스 : 공유와 감시의 두 얼굴" 21세기북스, 2003.
- [2] 고현주, 김형배, 양동화, 전명근, "유비쿼터스 환경을 이용한 얼굴인식", 한국 퍼지 및 지능시스템학회 논문지 2004, Vol. 14, No. 4, pp. 431-437
- [3] 박윤재, 김형민, 고현주, 전명근, "LDA를 이용한 실시간 얼굴인식 시스템 구현", 정보과학회 춘계학술발표대회 논문집, Vol. 31, No.1, 2004.
- [4] Keun-Chang Kwak, Pedrycz, W., Face Recognition using Fuzzy Integral and Wavelet Decomposition Method, Systems, Man and Cybernetics, Part B, IEEE Trans., Vol. 34 (2004) 1666-1675
- [5] Dae Jong Lee, Keun Chang Kwak, Jun Oh Min, Myung Geun Chun, Multi-modal Biometrics System Using Face and signature, A.Lagana et al.(Eds.): LNCS 3043 (2004) 635-644
- [6] M. Turk, A. Pentland, Eigenfaces for Recognition, Journal of Cognitive Neuroscience, Vol. 3(1991) 72-86
- [7] B. Scholkopf, A. Smola, Nonlinear Component Analysis as a Kernel Eigenvalue Problem, Neural Computation, Vol. 10 (1998) 1299-131
- [8] P. N. Belhumeur, J. P. Hespanha, D. J. Kriegsmann, "Eigenfaces vs. Fisherfaces : recognition using class specific Linear Projection", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intell., 19(7), pp. 711-720, 1997.
- [9] B. Scholkopf, A. Smola, "Nonlinear component analysis as a kernel eigenvalue problem," Neural Computation, vol. 10, pp 1299-1319, 1988.

저 자 소 개



권만준(Man-Jun Kwon)
 1989년 : 부산대 전자공학과 학사졸업.
 1991년 : 한국과학기술원
 전기및전자공학과 (공학석사)
 2003년~현재 : 충북대 제어계측공학과
 박사과정.

관심분야 : 퍼지이론, 생체인식, 얼굴 인식, 임베디드 프로그래밍
 Phone : 041-939-3186
 Fax : 041-932-6173
 E-mail : mjkwonkr@yahoo.co.kr



양동화(Dong Hwa Yang)
 2002년 : 계명대학교 건축공학과(학사)
 2006년 : 충북대학교 제어계측공학과(공학석사)
 2006- 현재: Photon Dynamics사 연구원
 관심분야 : 지문인식, 음성인식, 서명인식
 Phone : 043) 261-2388
 Fax : 043) 268-2386
 E-mail : ydh332@empal.com



김용삼(Yong Sam Kim)
 2006년 : 충북대학교 전기전자공학과(학사)
 2006년~현재 : 충북대학교 제어계측공학과 석사과정
 관심분야 : 다중생체인식, 신호 처리 임베디드 프로그래밍
 Phone : 043) 261-2388
 Fax : 043) 268-2386
 E-mail : yszang99@paran.com



이대종(Dae Jong Lee)
 1995년 : 충북대학교 전기공학과(학사)
 1997년 : 충북대학교 전기공학과(공학석사)
 2002년 : 충북대학교 전기공학과 (공학박사)
 2003년~현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 박사
 관심분야 : 음성신호처리, 얼굴인식, 다중생체인식
 Phone : 043) 261-2388
 Fax : 043) 268-2386
 E-mail : djmidori@empal.com



전명근(Myung Geun Chun)
 1987년 : 부산대학교 전자공학과(학사)
 1989년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)
 1993년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)
 1993년~1996년 : 삼성전자 자동화연구소 선임연구원

2000년~2001년 : University of Alberta 방문교수
 1996년~현재 : 충북대학교 전기전자 컴퓨터공학부 교수
 관심분야 : Biometrics, 감정인식, 지능시스템
 Phone : 043) 261-2388
 Fax : 043) 261-2386
 E-mail : mgchun@chungbuk.ac.kr