

# PDA를 이용한 실시간 얼굴인식 시스템 구현

## Real-Time Face Recognition System using PDA

권만준, 양동화, 고현주, 전명근  
충북대학교 전기전자 컴퓨터공학부

Man-Jun Kwon, Dong-Hwa Yang, Hyoun-Jo Go, Myung-Geun Chun  
School of Electrical and Computer Engineering  
Chungbuk National University  
E-mail : mgchun@chungbuk.ac.kr

### 요 약

본 논문은 유비쿼터스 컴퓨팅 환경 기반에서의 온라인 얼굴인식 시스템 구현을 기술한다. 구현된 시스템은 CMOS 카메라를 장착한 PDA를 이용하여 얼굴영상을 획득하고 이 영상을 무선랜을 이용하여 인증 서버로 전송하여 서버로부터 인증된 결과를 받도록 하였다. 먼저 클라이언트 측인 PDA에서는 등록과 인증을 확인할 수 있도록 임베디드 비주얼 프로그램으로 사용자 인터페이스를 구축하였다. 다음으로 서버 영역에서는 얼굴인식에서 탁월한 성능을 보이는 PCA와 LDA 알고리즘을 사용하여 PDA로부터 전송받은 얼굴 데이터를 학습하고 인식한 결과를 재전송하는 부분이 구현되었다. 시스템 구현에서 실시간성을 확보하기 위해 PDA에서는 영상을 압축률 효과가 좋은 JPG 형식의 데이터로 서버에 전송하였다. 본 논문에서 구현한 시스템은 학습과정에서 미리 구한 교유값을 이용하여 테스트 얼굴영상을 같은 공간에 투영시켜 서로간의 유사도를 비교하도록 하여 얼굴인식 속도 및 성능을 개선하였다.

### 1. 서론

언제 어디서나 네트워크에 접속할 수 있는, 즉 우리의 모든 일상이 네트워크로 연결되어 있는 상태를 의미한다. 정보통신분야에서는 이것을 '유비쿼터스 컴퓨팅'이나 '유비쿼터스 네트워크' 처럼 유비쿼터스화되고 있는 새로운 IT환경 또는 IT패러다임의 의미로 받아들이고 있다[1]. 유비쿼터스의 핵심요소 기술로서 센서, 프로세서, 커뮤니케이션을 위해 인터페이스 및 보안 기술이 필요하다. 이에 유비쿼터스 환경에서도 정보보안의 취약성인 기밀성(Confidentiality)과 인증성(Authentication), 무결성(Integrity) 등이 요구되며, 인증수단으로 생체정보를 인증에 활용하는 방안이 활발하게 검토중이나 실제 사용이 불편한 단점이 있다. 서명용 패드를 PC에 연결시켜 서명을 받는 방식 또는 휴대폰에 센서를 부착해 공중에 하는 서명을 3차원 인식하는 기술, 지문센서를 휴대폰에 탑재하여 인식하는 기술 등이 개

발되고 있으나 센서를 부착해야 하는 번거로움이 있다[2][3].

이에 본 논문은 유비쿼터스 컴퓨팅 환경 기반에서의 온라인 얼굴인식 시스템 구현을 기술한다. 구현된 시스템은 CMOS 카메라를 장착한 PDA를 이용하여 얼굴영상을 획득하고 이 영상을 무선랜을 이용하여 인증 서버로 전송하여 서버로부터 인증된 결과를 받도록 하였다. 본 논문에서 구현한 얼굴 인식 시스템은 두 가지 형태로 나누어진다. 먼저 클라이언트 측인 PDA에서는 등록과 인증을 확인할 수 있도록 임베디드 비주얼 프로그램으로 사용자 인터페이스를 구축하였다. 다음으로 서버 영역에서는 얼굴인식에서 탁월한 성능을 보이는 PCA와 LDA 알고리즘을 사용하여 PDA로부터 전송받은 얼굴 데이터를 학습하고 인식한 결과를 재전송하는 부분이 구현되었다.

본 논문의 구성은 2장에서 클라이언트 영역부분과 네트워크 부분, 서버 영역부분에 대한 구성

을 소개하며, 3장에서는 제안한 얼굴인식 알고리즘에 대해 논하였다. 4장에서는 제안한 시스템의 실험 및 고찰을 설명하였으며, 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 시스템 구성

### 2.1 시스템 구성도

본 논문에서 구성한 얼굴인식 시스템은 두 가지 형태로 나누어진다. 먼저 클라이언트 측인 PDA에서는 등록과 인증을 확인할 수 있도록 임베디드 비주얼 프로그램으로 사용자 인터페이스를 구축하였다. 다음으로 서버 영역에서는 얼굴인식에서 탁월한 성능을 보이는 PCA와 LDA 알고리즘을 사용하여 PDA로부터 전송받은 얼굴 데이터를 학습하고 인식한 결과를 재전송하는 부분이 구현되었다. 전체적인 시스템의 구성도는 다음과 같다[그림1].

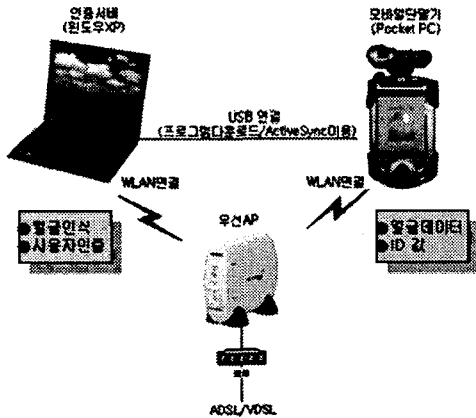


그림 1. 시스템 구성도

모바일 단말기에서 얼굴 영상을 획득하여, 각 영상의 ID를 부여한다. 획득한 얼굴 영상에 대한 자세한 영상 처리부분은 클라이언트 영역에서 자세히 설명하도록 하겠다. 그림과 같이 획득한 영상은 무선AP 장치를 이용하여 무선으로 인증서버로 전송된다. 전송된 영상은 얼굴인식 알고리즘에 의해 학습 또는 인증을 거치게 된다.

본 인증 시스템에서는 마이크로소프트의 임베디드 프로그램인 임베디드 비주얼 프로그램을 이용하여 PDA의 사용자 인터페이스를 구현하였으며, 전송단계에서는 소켓 프로그래밍을 구현하였다. 인증서버에서는 일반 어플리케이션 구현 언어인 비주얼 C++를 이용하여 서버를 구현하였다.

### 2.2 클라이언트 영역

클라이언트 영역은 얼굴영상 획득 부분과 획득

한 영상의 전처리 과정 그리고 전송부분으로 나누어진다. 얼굴영상 획득은 PDA에 장착한 CMOS 카메라를 이용하여 클라이언트 인터페이스 프로그램에서 영상을 캡처한다. 다음은 클라이언트 프로그램 구성도를 나타내는 그림이다[그림2].

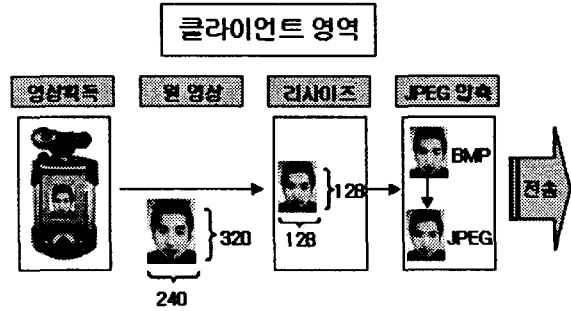


그림 2. 클라이언트 프로그램 구성도

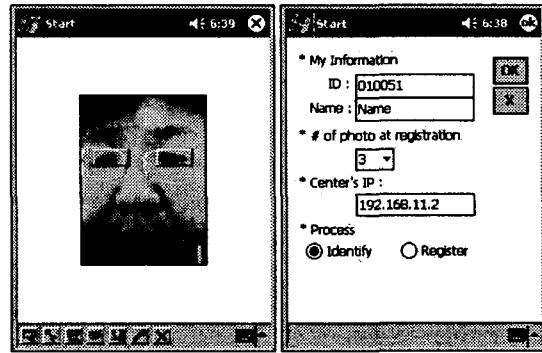


그림 3. PDA 얼굴 획득 및 설정화면

PDA에서 영상을 획득할 때 눈의 위치를 정하기 회전에 의한 오류를 최소화 하였다[그림3]. 획득한 얼굴 영상의 크기는 240X320이며, 영상포맷은 비트맵 파일이다. PCA와 LDA알고리즘을 적용하기 위해 X축과 Y축의 벡터크기를 맞추어 주기 위해서 128X128로 리사이즈를 한다[3]. 실시간 얼굴 인식의 중요한 부분인 빠른 전송을 위해 파일 크기가 큰 BMP포맷의 영상을 압축률이 좋은 JPEG포맷으로 압축을 한다. 실제로 JPEG 포맷으로 압축한 결과 실제 영상크기의 1/10의 크기로 압축되어 전송할 때 뛰어난 전송 성능을 보여주었다[4].

### 2.3 서버 영역

서버영역에서는 전송된 얼굴 영상을 학습 및 인식을 하는 과정을 구현하였다. 다음은 서버영역 프로그램의 구성도를 나타내었다[그림4].

서버에서는 등록단계와 인증단계로 나누어진다. 등록단계는 클라이언트로부터 3장의 얼굴영상을 전송받아 데이터베이스에 저장되어 있는 영

상과 학습을 한 후 저장된다. 인증단계는 인증을 위한 새로운 얼굴 영상이 전송되면 데이터베이스에 학습한 영상과 비교하여 랭킹이 높은 4개의 영상을 추출하여 인증을 내린 후 인증결과를 클라이언트에게 재전송한다.

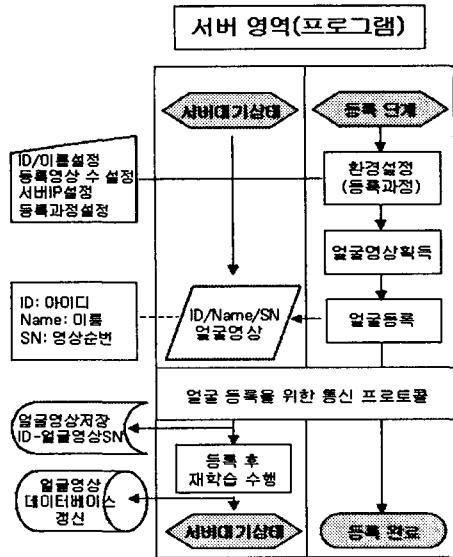


그림 4. 서버 프로그램의 구성도

### 3. LDA를 이용한 Fisherfaces 방법

얼굴 인식에서 주성분 분석 기법은 학습영상의 2차 통계적 특성을 이용하여 학습영상의 전체적인 특성을 표현하는 직교기저영상인 고유 얼굴로 분해할 수 있으며 이 고유 얼굴의 선형조합으로 임의의 얼굴 영상을 표현하는 방법으로 입력 데이터를 저차원의 데이터로 표현하는 효과적인 방법이다[5][6].

선형판별분석 방법은 클래스 내의 분산을 나타내는 행렬(Within-Scatter Matrix)과 클래스 간 분산을 나타내는 행렬(Between-Scatter Matrix)의 비율이 최대가 되도록 하는 선형 변환 방법이다. PCA 방법은 영상 공간에서 저차원의 특징 공간으로의 선형 사영을 기초로 하므로 전체 데이터베이스의 모든 얼굴 영상을 최대화하는 사영 방향을 찾아낸다. 그렇기 때문에 조명 조건과 얼굴 표정의 변화로 생기는 원하지 않는 변화도 포함되게 된다. 이러한 이유로 PCA 방법은 저차원의 기저벡터로부터 복원을 하는 관점에서는 최적의 방법이지만 조명이나 표정 변화가 있는 얼굴영상의 식별, 인식에서는 Fisherfaces가 우수한 인식성능을 나타내고 있다.

본 논문에서는 PCA를 이용하여 영상의 차원을 축소한후 Fisherfaces를 이용한 LDA(Linear Discriminant Analysis)를 기반으로 한 효율적인 인식방법으로 현재 얼굴인식에서 현재 많이 연구되고 있다. Fisherfaces를 이용한 방법에 대한 알고

리즘을 살펴보면 다음과 같다. between-scatter 행렬  $S_B$ 는 식(1)과 같이 표현된다[7].

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

여기서  $N_k$ 는 클래스  $k$  내의 데이터 수이고,  $\mu_k$ 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 선택되어진다.

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

여기서  $\{w_i, i=1, 2, \dots, m\}$ 는  $m$ 개의 가장 큰 일반화된 고유치에 대응되는  $S_B$ 와  $S_W$ 의 일반화된 고유벡터의 집합이다. 이것은 식(4)에 의해 나타내어진다.

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

행렬  $W_{opt}$ 의 열벡터가 Fisherfaces가 된다. 그러나  $S_W$ 는 Rank가  $P - c$ 개 존재( $P$ : 영상의 수,  $c$ : 클래스의 수)하고, 일반적으로 학습영상의 수는 각 영상에서 픽셀의 수  $n$ 보다는 작기 때문에 투영된 샘플의 within-scatter 행렬은 항상 비 정칙(singular)이다. 따라서, 최적의 투영  $W_{opt}$ 를 계산하기 전에 within-scatter 행렬  $S_W$ 가 정칙이 되도록 PCA를 이용하여 영상집합을 저차원 공간으로 투영함으로써 위 문제를 해결 할 수 있다[8].

### 4. 실험 및 고찰

본 논문의 실험환경은 다음의 표 1과 같다.

표 1. 실험 환경

기기	사양
PDA	HP iPAQ h5450
Camera	FlyCAM-SD
Server	Centrino 1.6G, 512 RAM
OS	PocketPC2003, Win XP
AP	Buffalo Air Station 무선AP
Program	Visual C++, Embedded VC++

학습 데이터는 55명의 각각 3장의 등록 얼굴 영상을 사용하였고, 테스트는 PDA에서 전송되는 얼굴 영상을 이용하였다. 본 논문에서 구현한 시

시스템은 학습과정에서 미리 구한 고유 값을 이용하여 테스트 얼굴영상을 같은 공간에 투영시켜 서로간의 유사도를 비교한다[그림 5].



그림 5. 서버의 인증화면



그림 6. 서버 매칭도와 PDA 인증결과

위의 그림은 실제로 PDA에서 전송한 얼굴영상이 서버의 학습영상과 비교하여 매칭도가 높은 4개를 랭킹하고 가장 매칭도가 매칭도 비율에 따라 인증을 하여 PDA에 재전송한 결과를 나타내고 있다[그림6]. 등록할 때 학습에 따른 알고리즘 속도는 다소 느리지만 인증을 내릴 때 결과는 3초 내외로 아주 빠른 시스템임이 입증 되었다.

### 5. 결론 및 향후과제

유비쿼터스 환경에서의 PDA를 이용한 실시간 얼굴 인식 시스템은 다음의 두 가지 조건을 만족하여야 한다. 첫째는 실제 생활에서 사용되기 위해서는 클라이언트와 서버간의 유기적인 결합으로 빠른 전송과 인식으로 인해 사용자의 기다림을 최소화 시켜야한다. 따라서 본 논문은 온라인 얼굴 시스템에서 가장 중요한 부분인 데이터 량이 많은 특징인 얼굴영상을 빠른 전송과 동시에 빠른 인식을 위해, 실시간성을 확보하기 위해 PDA에서는 영상을 압축률 효과가 좋은 JPG 형식의 데이터로 서버에 전송하였다. 또한 서버에서 학습 및 인식을 위해 차원을 축소하는 PCA를 이용하였다. 두 번째는 실제로 사용자가 얼굴영상을 획득하는 환경은 빛과 배경이 다양하므로 올바른 인식을 위해서는 강인한 인식알고리즘이 요구된다. 따라서 우리가 제안한 LDA 알고리즘

은 얼굴 인식 분야에서 빛에 강인한 알고리즘으로 많이 알려져 있다. 결과적으로 본 논문에서 구현한 시스템은 온라인 얼굴인식에서 중요한 두 가지 조건인 얼굴인식 속도 및 성능을 개선하였다. 따라서 बैंक은 같은 금융권, 모바일쇼핑 등에 적용 가능한 얼굴 인식 시스템을 확인 할 수 있었다.

향후과제로는 PDA에서 다양한 인식 알고리즘의 적용으로 더 최적화된 시스템을 구축하고, 실험결과에 대한 신뢰성을 높이기 위해 많은 데이터의 실험이 요구되며, PDA에서 적용 가능한 서명인식 시스템과 융합하여 다중생체인식 시스템을 개발을 목표로 하고 있다.

### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2002-000-00315-0) 지원으로 수행되었음.

### 6. 참고문헌

- [1] 리처드헌터, "유비쿼터스 : 공유와 감시의 두 얼굴" 21세기북스, 2003.
- [2] 고희주, 김형배, 양동화, 전명근, "유비쿼터스 환경을 이용한 얼굴인식", 한국 퍼지 및 지능시스템학회 논문지 2004, Vol. 14, No. 4, pp. 431-437
- [3] 박윤재, 김형민, 고희주, 전명근, "LDA를 이용한 실시간 얼굴인식 시스템 구현", 정보과학회 춘계학술발표대회 논문집, Vol. 31, No.1, 2004.
- [4] 하근희, 김도년, 조동섭 "Interleaving DCT를 이용한 JPEG 이미지의 블로킹 현상 감소", 한국 퍼지 및 지능시스템학회 춘계학술대회 논문집, pp.153-156, 1998
- [5] M. Turk, A. Pentland, "Eigenfaces for recognition", Journal of Cognitive Neuroscience, Vol. 3, No. 1, pp. 71-86, 1991
- [6] 광근창, 고희주, 전명근, "퍼지소속도를 갖는 Fisherface 방법을 이용한 얼굴인식", 정보과학회 논문지 : 소프트웨어 및 응용, Vol.31, No.6, pp.784-791, 2004.
- [7] P. Belhumeur, J. Hespanha, D. Kriegman, "Eigenfaces vs. fisherfaces: Recognition using class specific linear projection", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, No. 7, pp. 711-720, 1997.
- [8] Marian Stewart Bartlett, Javier R. Movellan, Terrence J. Sejnowski "Face Recognition by Independent Component Analysis" IEEE Transactions on neural networks, VOL.13, No.6, pp. 1450-1464, 2002.