

실시간 영상처리를 이용한 얼굴 인증 시스템 구현

The Implementation of Face Authentication System Using Real-Time Image Processing

백영현 · 신성 · 문성룡

Young-Hyun Baek, Seong Shin and Sung-Ryong Moon

원광대학교 전기전자 및 정보공학부

요 약

본 논문은 실시간 영상처리 기반의 얼굴 인증시스템 구현을 제안하였다. 실시간 얼굴 인증 시스템 구현을 위해 두 단계의 처리과정을 수행한다. 첫 번째 얼굴검출 단계에서 Wavelet 변환, LoG 연산자, Hausdorff 거리 매칭 알고리즘의 특징을 사용하여 최적화된 얼굴 검출한다. 두 번째 단계에서 실시간 얼굴 인식을 위해 적용한 새로운 dual-line 주성분분석법은 일반적인 주성분분석법의 국부적인 변화를 수용할 수 있도록 수직라인에 수평라인을 결합하여 제안하였다. 제안된 시스템은 크기나 해상도에 영향을 적게 받으며, 모의실험 결과 기존 알고리즘보다 더 우수함을 보였다. 마지막으로 얼굴 인증시스템의 구현을 통하여 성능검증 및 실시간으로 처리됨을 확인하였다.

키워드 : 얼굴 검출, 얼굴 인식, 인증 시스템, 웨이브렛 변환, 주성분분석법(PCA)

Abstract

In this paper, it is proposed the implementation of face authentication system based on real-time image processing. We described the process implementing the two steps for real-time face authentication system. At first face detection steps, we describe the face detection by using feature of wavelet transform, LoG operator and hausdorff distance matching. In the second step we describe the new dual-line principal component analysis(PCA) for real-time face recognition. It is combines horizontal line to vertical line so as to accept local changes of PCA. The proposed system is affected a little by the video size and resolution. And then simulation results confirm the effectiveness of our system and demonstrate its superiority to other conventional algorithm. Finally, the possibility of performance evaluation and real-time processing was confirmed through the implementation of face authentication system.

Key Words : face detection, face recognition, authentication system, wavelet, principal component analysis(PCA)

1. 서 론

영상처리 기술이 상용화됨에 따라 로봇 및 휴먼시스템 등 인간 생활에 도움을 주고자 하는 노력들이 활발히 진행되고 있다. 최근 각광받고 있는 생체 인증을 이용한 보안기술 분야에서도 연구가 활발히 진행되고 있다. 얼굴 인증 기술은 카메라에 의해 입력되는 영상을 사용함으로써 비교적 사용자의 거부감이 적어 가정에서 사용하기 용이하며, 생체인식기술 중 가장 자연스럽게 편리한 차세대 보안기술이다. 여기서 얼굴인식기술이라는 것은 등록된 얼굴 중에서 가장 유사한 얼굴을 검색하는 기술을 말하며, 얼굴인증기술은 특정얼굴이 특정 얼굴과 동일하다는 것을 밝혀내는 기술로 수락과 거부에 의한 1:1 매칭 방식이라고 할 수 있다. 이 얼굴인식·인증 기술은 세부적으로 얼굴검출부분과 얼굴인식·인증부분으로 구성된다. 얼굴검출부분은 얼굴 인식·인증 기술의 전처리 과정으로 표정인식 등의 얼굴 관련 연구에 핵심·기초가 되며,

조명의 변화, 얼굴과 유사한 배경, 크기, 회전 등에 의해 가장 어려운 문제로 인식되고 있다[1,2].

얼굴 인식·인증 부분 또한 표정, 헤어스타일, 화장, 안경착용, 시간에 따른 얼굴변화 등을 고려하여 설계하여야 하므로 어려운 문제 중의 하나이다. 기존 얼굴검출 연구로는 템플릿 매칭 방법, 색상정보를 이용한 방법, 학습을 통한 방법, 모자이크를 사용한 방법 등이 있는데, 이들 방법들은 얼굴이 거의 정면인 경우 적용이 가능하고 얼굴의 크기와 방향, 얼굴 이외의 배경에 대해 많은 제약을 가진다는 단점을 가지고 있다[1]. 얼굴인식 관련 연구로는 PCA, LDA, ICA등을 이용한 방법, HMM을 이용한 방법 등이 있는데 정규화 된 얼굴검출 문제와 조명, 배경, 얼굴의 변화, 방대한 데이터양 등의 문제로 인해 얼굴검출과 마찬가지로 완벽한 인식 및 구현이 어려우며 따라서 아직도 많이 연구되어지고 있는 실정이다[2-4]. 본 논문은 실시간 얼굴영역 검출을 포함한 얼굴 인식 시스템에 대한 연구로 향상된 얼굴검출 및 얼굴인식 시스템을 제안한다. 본문은 얼굴 검출단계와 인식단계로 구성된다. 얼굴검출 단계에서 이산 웨이브렛 변환, LoG 연산자, Hausdorff 거리 매칭 알고리즘의 특징을 부분적으로 사용하여 얼굴검출을 향상시킨 알고리즘과 얼굴인식부분은 주성분분석법(PCA)를

접수일자 : 2007년 11월 20일

완료일자 : 2007년 12월 19일

본 논문은 2007년 원광대학교의 교비지원에 의해서 연구됨.

바탕으로 Dual-line 개념을 적용하여 향상된 인식을 갖는 인식 알고리즘을 제안하였다. 일반적으로 널리 사용하고 있는 ORE 데이터베이스, Harvard 데이터베이스, 그리고 실험을 위해 자체 제작한 Wonkwang 데이터베이스를 이용한 실험을 통해 제안된 시스템의 우수함을 확인하고자 한다.

2. 얼굴검출 알고리즘 개발

2.1 공간컬러모델을 이용한 얼굴 후보영역 검출

얼굴인식의 전처리 과정으로 일반 사물이나 텍스트가 아닌 피부색이라는 인간 고유의 컬러정보를 이용한다[5,6]. 인간의 피부색은 YCbCr 컬러 공간의 Cb, Cr 공간상에서 밀집된 가우시안 분포를 가지고 있다. 즉, CbCr 공간상에서 사람들의 피부색 분포를 살펴보면 빛의 영향을 덜 받으며, 특정영역을 중심으로 모이는 것을 확인할 수 있다.

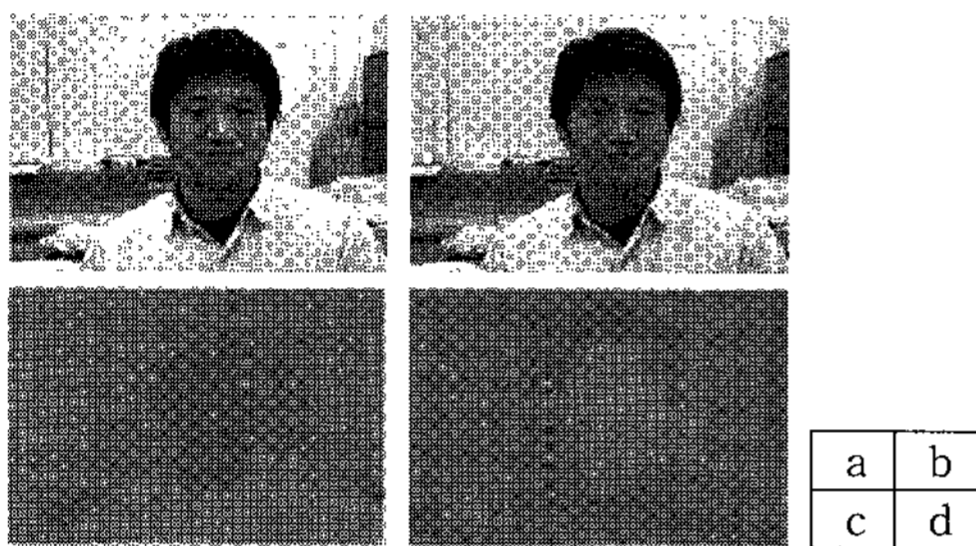


그림 1. 원영상과 YCbCr 영상: (a)원영상 (b)Y 영상 (c)Cb영상 (d)Cr영상

Fig. 1 Original image and YCbCr image: (a)original image (b)Y image (c)Cb image (d)Cr image

입력영상을 얼굴 검출에 가장 유력한 CbCr 컬러 공간으로 변환 후 식 (1)의 스킨 필터를 이용 수직·수평 투영방법에 의해 가장 높은 교차점을 찾아 Y성분의 후보 영역을 설정한다. 그림 2는 각각 R_{Cb}, R_{Cr}, R_{Cb} ∩ R_{Cr} 및 수직수평 투영이 적용된 Y 영상을 보여주고 있다.

$$R_{Cb} = \{C_b \mid 77 \leq C_b \leq 127\}, R_{Cr} = \{C_r \mid 133 \leq C_r \leq 173\}$$

$$S(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{if } [C_b(x,y) \in R_{Cb}] \cap [C_r(x,y) \in R_{Cr}] \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

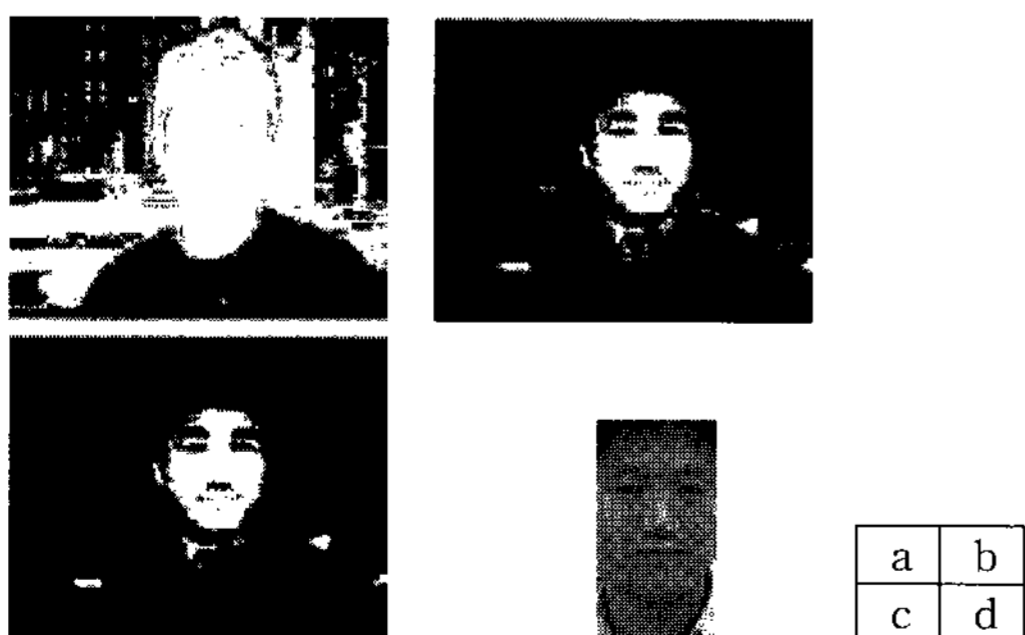


그림 2. R_{Cb} ∩ R_{Cr} & 수직수평투영 Y영상: (a)R_{Cb} (b)R_{Cr}, (c)R_{Cb} ∩ R_{Cr}, (d)수직수평투영 Y영상

Fig. 2 R_{Cb} ∩ R_{Cr} & A vertical horizontal projected Y image: (a)R_{Cb} (b)R_{Cr}, (c)R_{Cb} ∩ R_{Cr}, (d)vertical horizontal projected Y image

2.2 후보영역과 표본패턴 정규화

후보영역에서 오인식 가능성을 줄이며 최적의 얼굴 영역을 검출하기 위해 적응적 평균 필터를 적용한 표본 영상을 가지고 Hausdorff 거리를 적용함으로써 보다 정확한 얼굴 영역을 검출한다[7,8]. 여기서 적응적 평균화 필터란 후보영역과 표본패턴의 크기를 정규화하기 위해 평균화 필터를 이용해 수평정규화를 수행하는 것을 말한다. 그림 3은 적응적 평균화 필터를 적용한 영상이다.

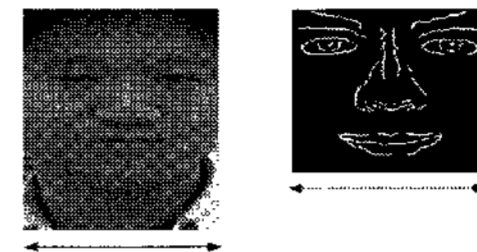


그림 3. 적응적 평균화 필터 영상
Fig. 3 Adaptive equalization filter image

그림 4는 얼굴 후보 영상 크기 정규화 및 Hausdorff 거리를 적용하기 위해 제작한 적응적 평균화 필터의 축소된 표본패턴이다.



그림 4. 표본패턴
Fig. 4 Sample pattern

Hausdorff 거리 매칭 방법은 많은 계산량을 요구하며, 잡음에 굉장한 민감한 단점을 가지고 있다. 따라서 Hausdorff 거리를 적용하기 전단계로 데이터의 양을 줄이기 위해 이산 웨이브렛 변환을 수행하여 4개의 부-대역 중 근사공간(LL)에 알고리즘을 적용한다.

기저함수는 가장 계산과 설계가 간단한 Haar 웨이브렛을 사용하였으며 식 (2)와 같다.

$$\psi(t) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t < 1/2 \\ -1 & 1/2 \leq t < 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

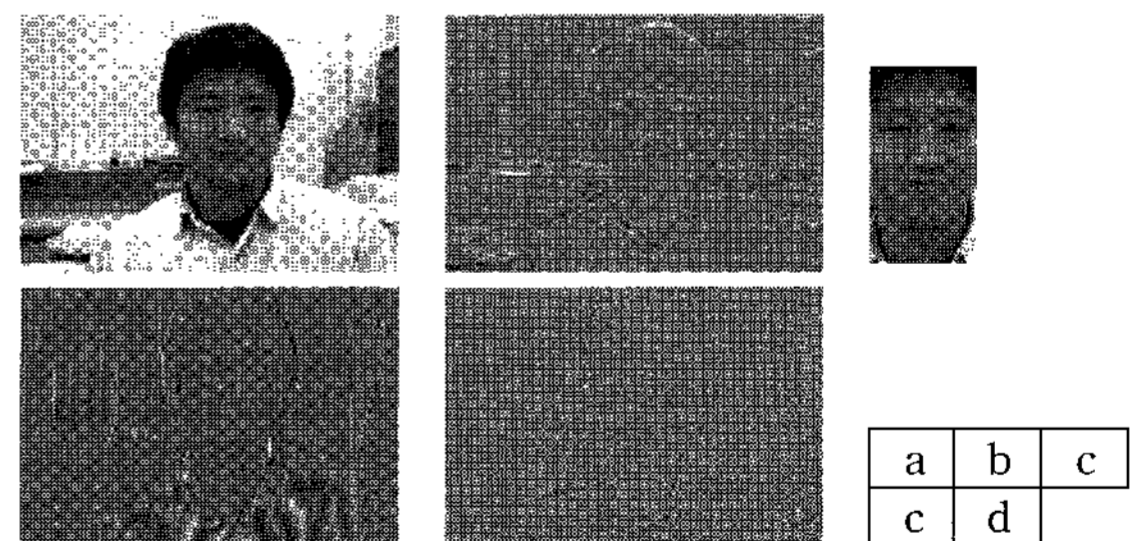


그림 5. 웨이브렛 변환 영상: (a)LL, (b)LH, (c)후보LL, (d)HL, (e)HH

Fig. 5 Wavelet transform image: (a)LL, (b)LH, (c)Candidate LL, (d)HL, (e)HH

2차 미분 연산자인 LoG 연산자를 이용하여 영상의 잡음과 Hausdorff 거리의 연산량을 줄이기 위해 사용한다. 소벨, 프리윗, 로버츠 등의 1차 미분 연산자에 의한 에지 검출 방법은 잡음과 같은 미세한 신호에 민감하게 반응하기 때문에 Hausdorff 거리 매칭방법에는 적절하지 않으며, 따라서 간결한 에지를 만드는 2차 미분 연산자 중 LoG 연산자를 사용했

다. LoG 연산자는 라플라시안을 수행하기 전 가우시안 스무딩을 하여 잡음을 줄이는 효과가 있다[5,9]. 본 논문에서 LoG 연산자의 적용 시 사용한 임계값과 σ 값은 각각 0.01과 1.5이다. 최종적으로 후보영역에 Hausdorff 거리 매칭 방법을 적용해 얼굴 영역 검출을 수행한다. 그림 6은 결과영상으로 각각 근사공간에 LoG 연산자를 이용해 에지 검출한 영상, 후보영역에 Hausdorff 거리 매칭을 수행한 영상, 검출된 얼굴 영역을 근사공간에 보여주는 영상이다.

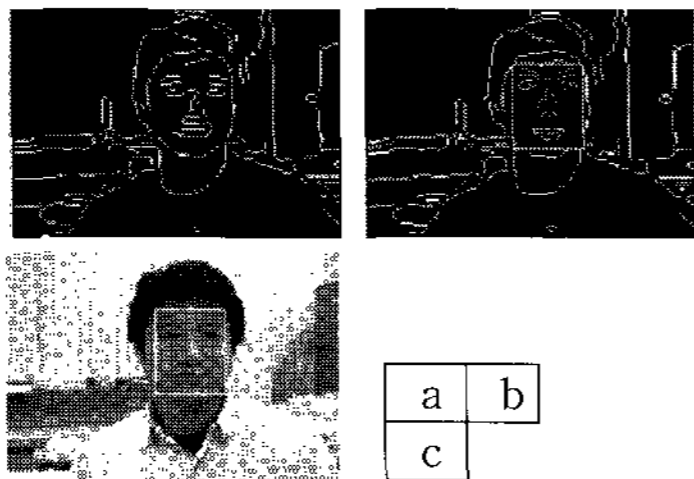


그림 6. 얼굴 검출 결과 영상: (a) 에지 검출, (b) Hausdorff 거리매칭, (c) 결과영상

Fig. 6 Result of Face detection image : (a) Edge detection, (b) Hausdorff distance matching, (c) result image

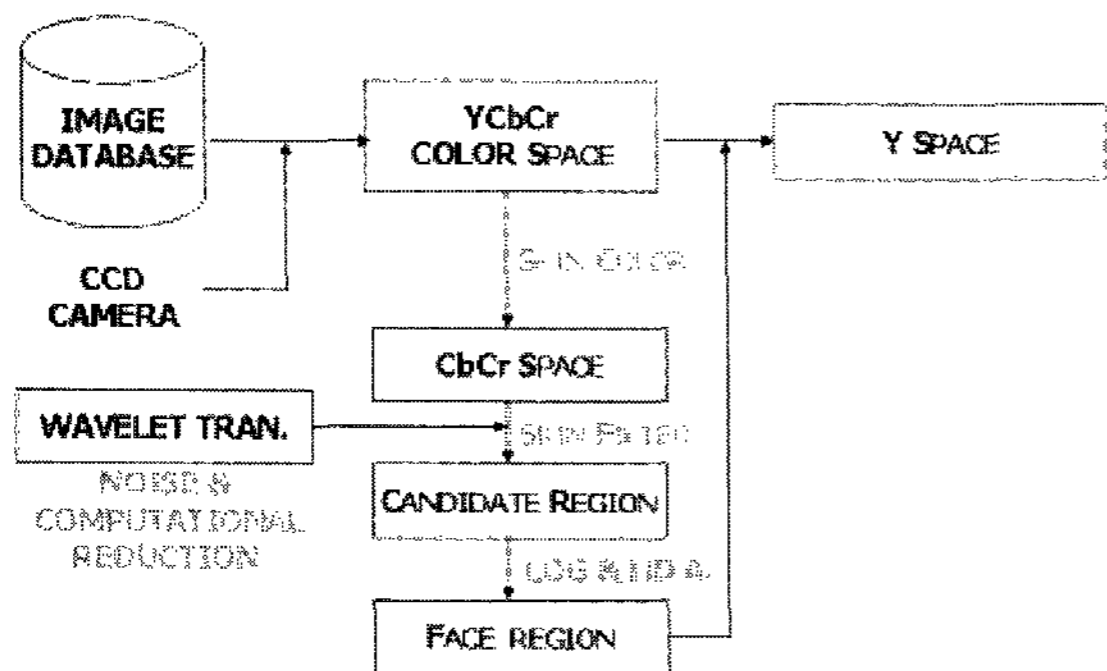


그림 7. 얼굴검출 알고리즘 블록도

Fig. 7 Face detection algorithm block diagram

제안된 시스템의 얼굴검출 알고리즘은 그림 7과 같다.

영상 데이터베이스 또는 CCD 카메라로부터 입력받은 영상을 YCbCr 변환 후 피부색을 이용하기 위해 CbCr 공간상에 후보영역을 설정하게 된다. 이때 잡음 및 데이터양의 감소를 위해 웨이블릿 변환을 수행하며, 최종적으로 후보영역에만 LoG 및 Hausdorff 거리 매칭을 적용하여 얼굴영역을 검출하게 된다.

3. 얼굴 인식 알고리즘 개발

얼굴인식부분에서 가장 보편적으로 사용되어지는 주성분분석법은 평균과 분산을 기반으로 하여, 분산이 커지는 축들에 의한 전역적인 특성만을 고려하는 알고리즘으로 얼굴 구조상의 상호관계 즉, 지역적인 특성을 고려하지 못한다는 단점을 가지고 있다[10-12]. 따라서 본 연구에서는 PCA의 국부적인 변화를 수용할 수 있도록 학습 및 인식 단계에서 수직라인에 수평라인을 결합시켜 각 라인간의 상관정보를 포함시키는 Dual line 주성분분석법을 제안하였다.

3.1 주성분분석 방법(PCA)

$N(\text{Row} \times \text{Col})$ 크기의 M 개의 학습영상의 집합을 $X = [x_1, x_2, \dots, x_m]$ 라고하면 이 차를 나타내는 공분산 행렬 S 는 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$S = \sum_{i=1}^M [x_i - r][x_i - r]^T, \quad r = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M x_i \quad (3)$$

위 식 (3)에서 S 의 고유벡터와 고유값을 다음 식을 이용해 구할 수 있다.

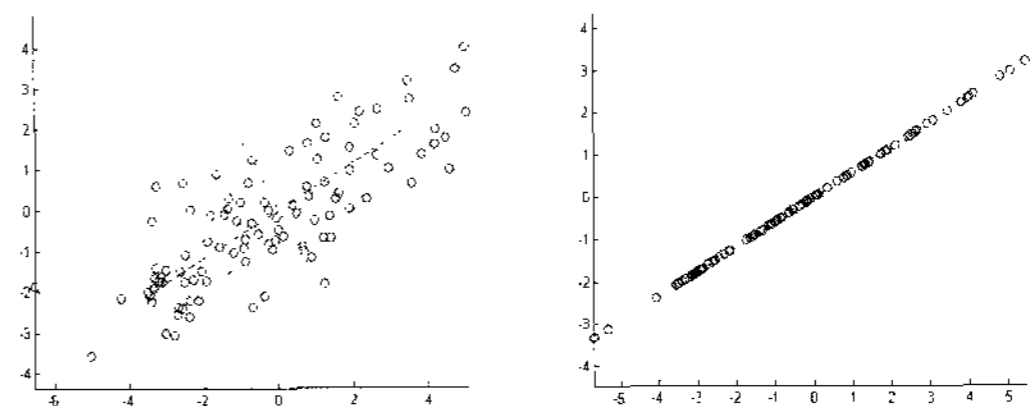
$$\lambda e_i = S e_i \quad (4)$$

여기서 e_i 는 고유벡터이고, λ 는 고유값이 된다.

다음으로 고유값의 크기가 큰 순으로 고유벡터 e_i 를 정렬하면 p 개의 고유벡터로 구성된 식 (5)을 구할 수 있다.

$$W_{PCA} = [X e_1, X e_2, \dots, X e_p] \quad (5)$$

그림 8은 원 데이터와 PCA 변환과정을 나타낸다.



(a) Original data (b) PCA Trans.

그림 8. PCA 변환 결과

Fig. 8 Result of PCA Transform

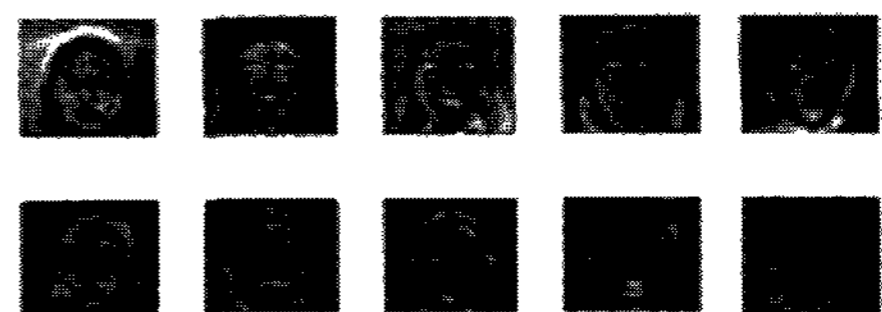


그림 9. PCA를 이용한 40개의 결과 EigenFace 영상

Fig. 9 Result of a 40 units EigenFace image using PCA

식 (5)에서 구한 p 차원의 고유벡터는 각 영상마다 고유값을 가지고 있으므로 이를 특징벡터라 한다.

여기서 정규 직교하는 열로 이루어진 고유벡터를 고유얼굴이라 하며, 여기서 얻어진 고유얼굴과 특징벡터의 선형적 결합으로 얼굴영상을 표현할 수 있다.

3.2 Dual-line 주성분분석법

제안된 Dual line 주성분분석법의 학습 및 인식단계는 다음과 같다. 영상의 크기를 $N \times M$ 이라고 하고, 얼굴영상의 개수를 G , $NM \times 1$ 행벡터의 집합을 S , $MN \times 1$ 행벡터의 집합을 S' 이라고 놓았을 때, 얼굴벡터의 집합 I 는 식 (6)과 같고,

$$I = \frac{1}{S_n} (S + S') \quad (6)$$

평균영상 η 는 식 (7)과 같다.

$$\eta = \frac{1}{G} \sum_{k=1}^M \vec{I}_k \quad (7)$$

차이영상 H 는 식 (8)과 같이 구해진다.

$$H_k = I_k - \eta, \quad k = 1, 2, \dots, G \quad (8)$$

따라서 공분산행렬 C 는 식 (9)와 같이 정의할 수 있다.

$$C = \frac{1}{G} \sum_{n=1}^M H_n H_n^T = B B^T, \quad B = [H_1 H_2 \dots H_M] \quad (9)$$

다음으로 고유값 λ 와 고유벡터 e 를 결정하고 식 (10)과 같이 큰 고유벡터부터 크기순으로 정렬한다.

$$W = [e_1 e_2 \dots e_{N^2}] \quad (10)$$

N 개의 고유벡터를 선택하고 차이영상을 곱해주면 학습영상의 특징벡터는 식 (11)과 같이 구해진다.

$$y = W^T I \quad (11)$$

인식단계에서는 구해진 고유벡터에 새로운 입력 얼굴벡터의 집합 j 를 식 (12)와 같이 계산하여 특징벡터를 구한다.

$$j'' = \frac{1}{j_n} (j + j') \quad (12)$$

$$y' = W^T j''$$

최종적으로 Euclidean 거리, Manhattan 거리 등의 거리척도 개념을 적용해 학습영상의 특징벡터와 입력영상의 특징벡터 사이의 거리를 비교하여 인식을 수행한다. 여기서 Manhattan 거리는 PCA를 적용해 얼굴인식을 수행했을 때 가장 높은 인식률을 보이는 거리척도이다.

본 시스템에서는 Manhattan 거리를 사용하였고, 식(13), 식(14)와 같다.

$$\text{Euclidean 거리: } D = \|x - y\| = \left(\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|^2 \right)^{1/2} \quad (13)$$

$$\text{Manhattan 거리: } D = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i| \quad (14)$$

4. 제안된 실시간 얼굴 인증시스템

얼굴인식 시스템은 등록된 얼굴 중에서 가장 유사한 얼굴을 찾아내는 것이다. 입력된 정지영상이나 동영상내의 얼굴영역을 검출하고, 개인 고유의 특징을 추출하여 데이터베이스 검색하는 일련의 과정으로 정의할 수 있다. 제안된 얼굴 인증시스템은 각 부분의 독립적 프로세싱 과정을 유기적이고 효과적으로 실시간 시스템화하였다.

본 논문에서 구축된 얼굴 인증시스템의 블록다이어그램은 그림 10과 같고, 얼굴검출부분은 제2장에서 얼굴인식부분 제3장에서 설명하였다. 얼굴 인증시스템의 구성은 각각의 전처리 과정인 얼굴후보영역 검출부 및 특징추출부가 포함되어 있다. 이미지 데이터베이스 또는 CCD 카메라로부터 입력된 영상은 YCbCr의 CbCr 공간상에서 스킨필터를 이용해 얼굴 후보영역을 결정하게 된다. 이때 계산량과 잡음의 영향을 줄이기 위해 웨이블릿 변환을 수행하게 되며, 후보영역에만 LoG 연산자 및 Hausdorff 거리를 적용하여 Y영역에 최종적으로 얼굴 영역을 검출한다. 인식단계에서는 검출된 얼굴영역에 제안된 dual-line 주성분분석법을 적용하여 낮은 차원의 특징벡터를 추출하게 되고, 최종적으로 특징 데이터베이스

로부터 얼굴인식을 수행한다.

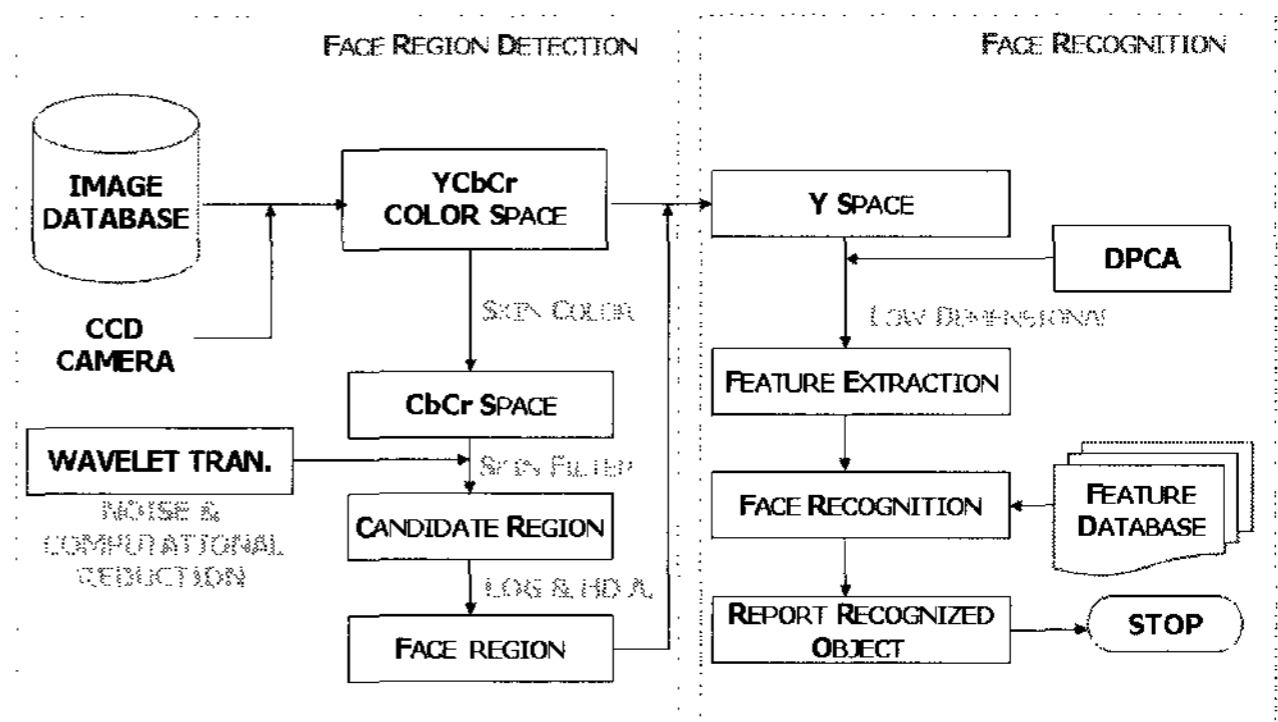


그림 10. 제안된 실시간 얼굴 인증시스템 블록도
Fig. 10 Block diagram of the proposal real-time face authentication system

5. 시뮬레이션 결과 및 시스템 구현

본 실험에서는 얼굴영상의 크기나 해상도, 기울어짐 등이 다양한 영상을 대상으로 하며 얼굴인증시스템 검증을 위해 보편적으로 널리 사용하는 AT & T Laboratories Cambridge의 'The ORL Database of Faces'와 Harvard University의 Harvard Face Database에 실험하였고, 마지막으로 자체 제작한 Wonkwang University Electronics Engineering Database를 이용하여 실험한다. 모의실험은 펜티엄 4 2.4GHz, 512MB 사양의 PC 환경에서 Matlab R14을 이용해 실험하였다. 시스템 구현을 통하여 실시간 동작처리 능력을 확인하였다. The ORL Database of Faces는 표정 각도가 다른 40명의 사진, 각 10장씩 총 400장의 영상으로 구성되어 있다. 실험에는 한명 당 10장의 사진 중 5장을 임의로 선택하여 학습에 사용하였고, 나머지 5장을 인식될 영상으로 사용하였다[13].



그림 11. ORL 얼굴 데이터베이스
Fig. 11 The ORL Database of Faces

표 1은 기존 알고리즘과 제안 알고리즘의 인식률을 비교한 것으로 Euclidean 거리상에서는 KPCA와 동등한 인식률을 보이지만 Manhattan 거리상에서 기존 알고리즘보다 높은 인식률을 보임을 확인할 수 있다.

표 1. ORL DB 거리방법에 따른 인식률 비교
Table 1. Compared Face Recognition rate chart of distance method in ORL DB.

거리	알고리즘		
	PCA	KPCA	제안된 알고리즘
Euclidean 거리	93%	93.5%	93.5%
Manhattan 거리	93%	94%	95%

Harvard Face Database는 조명의 각도가 다른 10명의 사진, 각 66장씩 총 660장의 영상으로 구성되어 있으며, 본

실험에서는 홀수 얼굴영상과 짝수 얼굴영상을 각각 학습영상과 인식 영상으로 사용하였다[14].

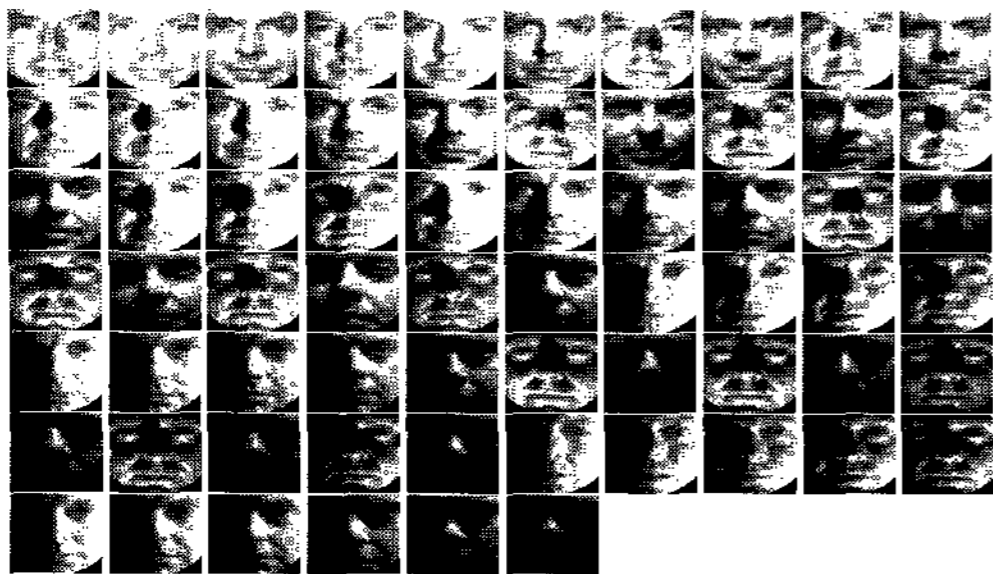


그림 12. 하버드 얼굴 데이터베이스
Fig. 12 Harvard Face Database

실험 결과는 표 2와 같으며 The ORL Database of Faces와 마찬가지로 제안된 알고리즘이 Manhattan 거리상에서 우수한 인식률을 보임을 확인하였다.

Wonkwang Face Database는 실험을 위해 자체 제작된 데이터베이스로 표정 및 조명이 다른 10명의 컬러 사진, 각 10장씩 총 100장의 영상으로 구성되어있다.

본 실험에서는 한명 당 10장의 얼굴영상 중 5장은 학습영상으로 사용했고, 나머지 5장은 인식영상으로 사용해 실험하였다.

표 2. Harvard DB 거리방법에 따른 인식률 비교
Table 2. Compared Face Recognition rate chart of distance method in Harvard DB.

거리 \ 알고리즘	PCA	KPCA	제안된 알고리즘
Euclidean 거리	60%	63%	63%
Manhattan 거리	62%	63.5%	66.6%

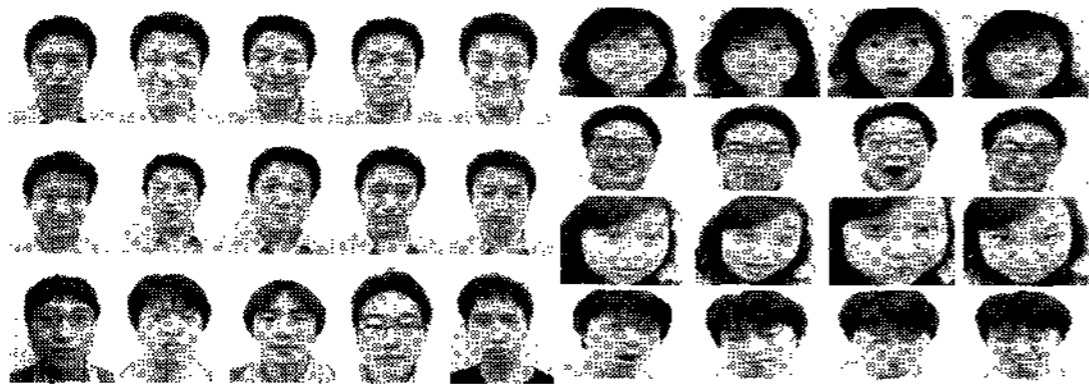


그림 13. 원광대 얼굴 데이터베이스
Fig. 13 Wonkwang Face Database

표 3. Wonkwang DB 거리방법에 따른 인식률 비교
Table 3. Compared Face Recognition rate chart of distance method in Wonkwang DB.

거리 \ 알고리즘	PCA	KPCA	제안된 알고리즘
Euclidean 거리	86.5%	87%	88%
Manhattan 거리	87%	87.5%	89%

구현된 얼굴 인증시스템은 제안된 알고리즘의 성능검증 및 실시간 구현 가능성을 확인하기 위해 제작한 것으로, 설계언어는 MATLAB GUI를 사용하였다. 하드웨어는 일반적으로 널리 보급되어있는 개인용 PC카메라와 펜티엄 4

2.4GHz, 512MB 사양의 PC를 사용하였으며, 개발소프트웨어와 외부인터페이스, 통신포트제어 등으로 구성되어 있다. 얼굴인식 소프트웨어는 제안된알고리즘을 이용한 얼굴 인증 시스템을 기반으로 하고 있으며, 얼굴인식부와 데이터베이스 저장부로 나누어져 있다. 데이터베이스 저장부는 한명 당 5장의 얼굴검출 영상을 가지고 특징벡터를 추출·저장 할 수 있도록 하였다.

그림 14는 시스템의 구조를 나타내는 블록다이어그램이다.

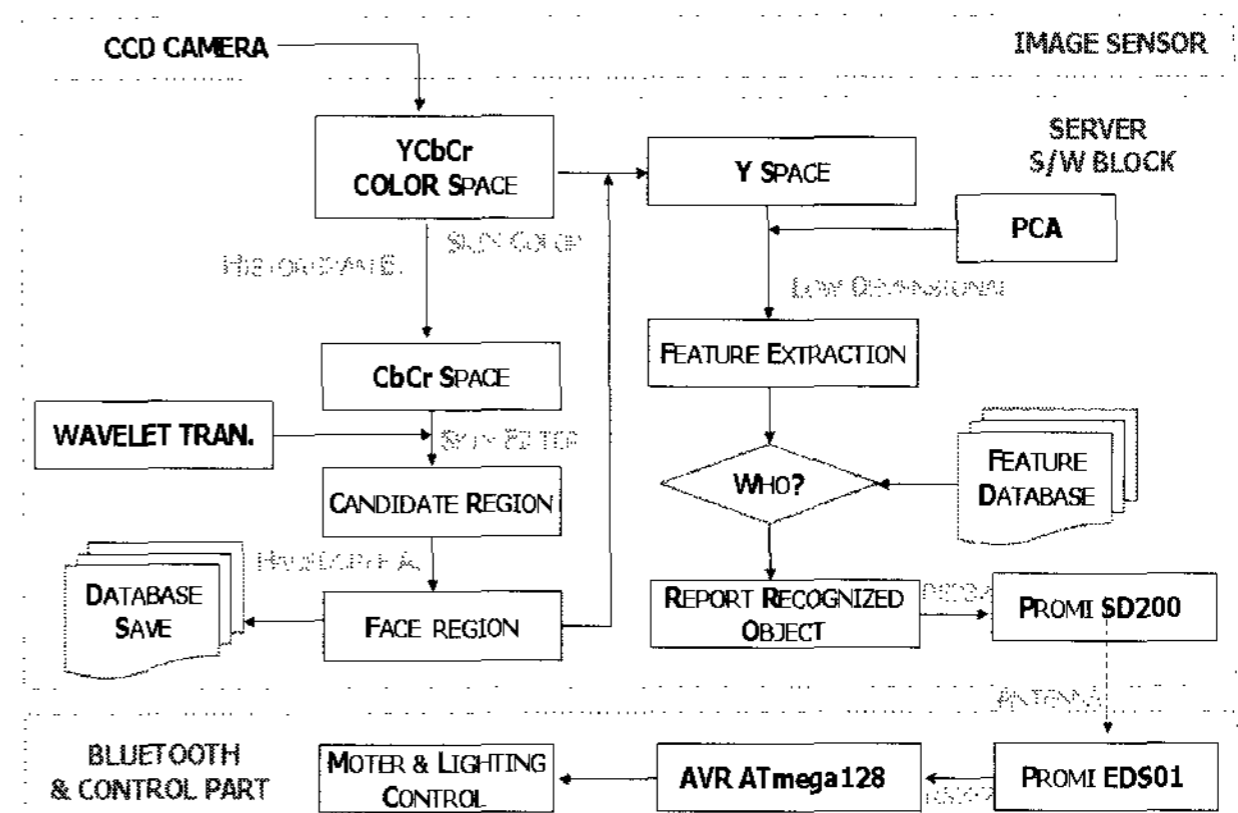
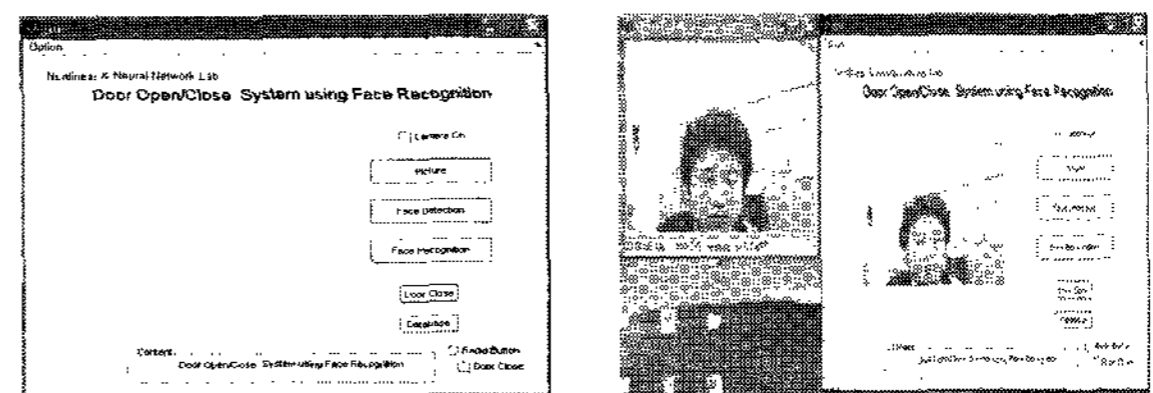


그림 14. 시스템 구현 블록도

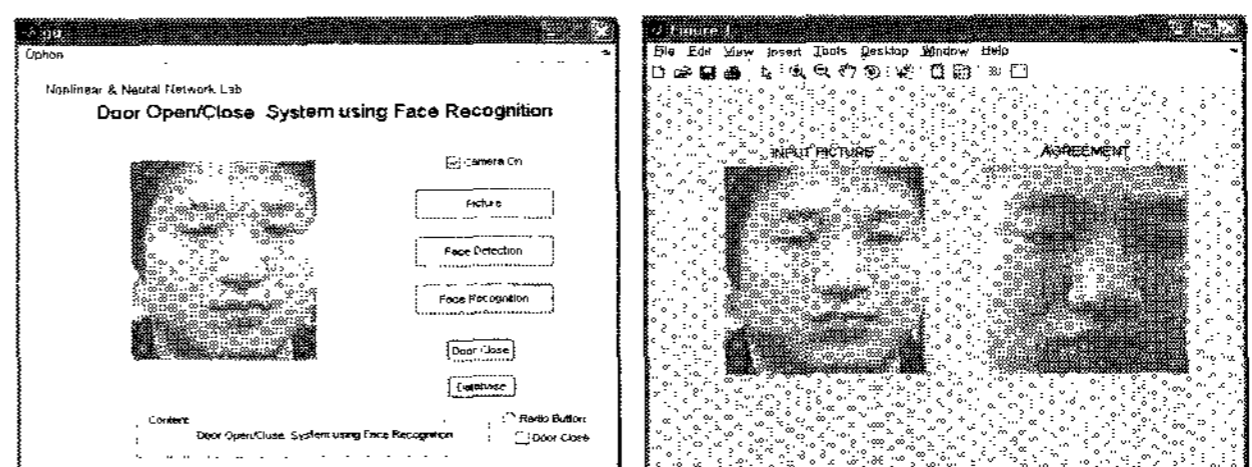
Fig. 14 System implementation block diagram

그림 15는 출입문 제어에 적용된 제안된 얼굴 인증시스템이다.



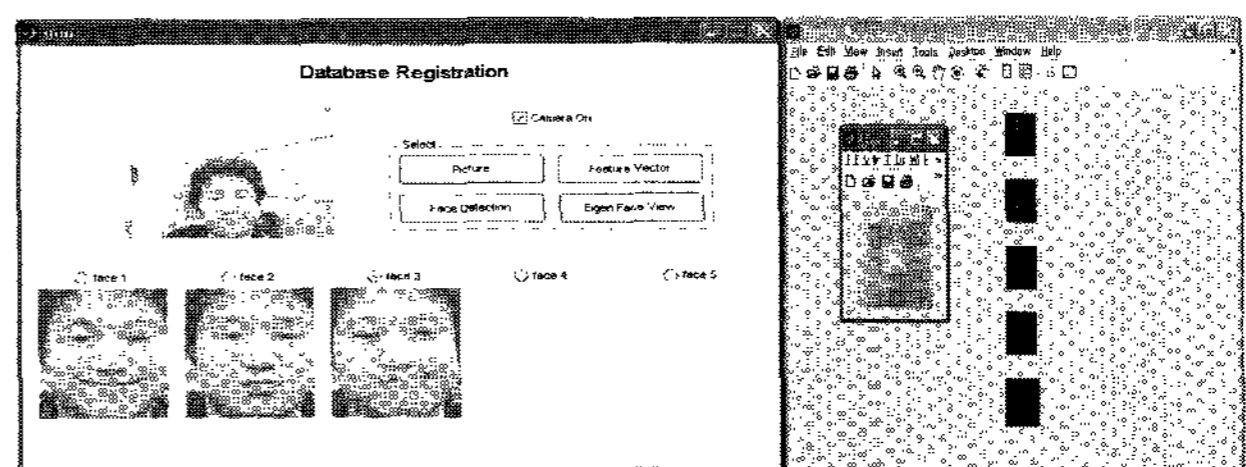
(a) 초기화면

(b) 영상입력화면



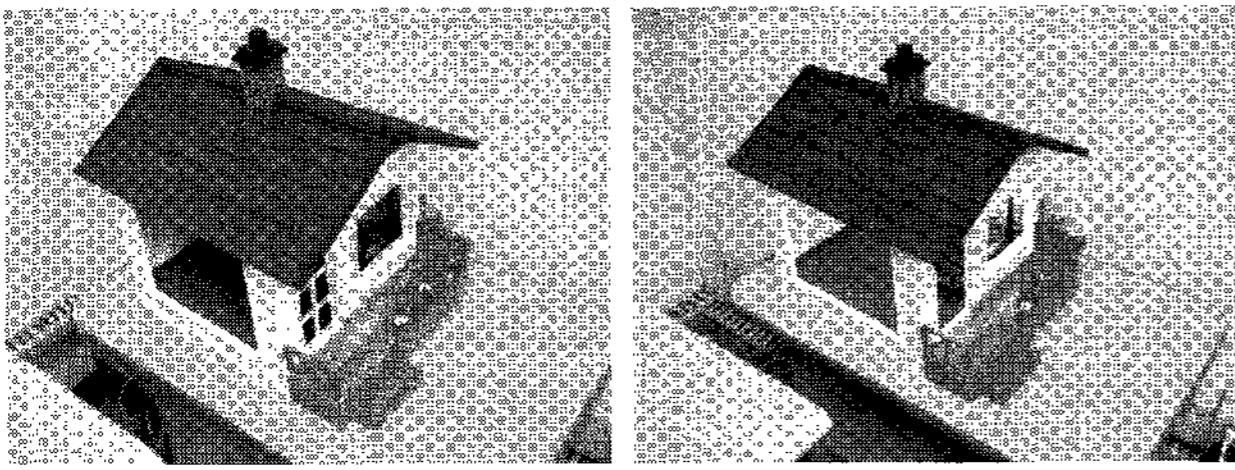
(c) 얼굴 검출

(d) 얼굴 인식



(e) 얼굴 데이터 베이스 등록

(f) 고유얼굴등록



(g) 인증테스트 전

(f) 인증테스트 후

그림 15. 제안된 실시간 시스템 구현 GUI 및 테스트 결과
Fig. 14 Proposed real-time system implementation GUI and result of test image.

6. 결 론

본 논문은 실시간 얼굴 인증시스템구현에 관한 연구로 향상된 얼굴영역 검출 및 얼굴인식 알고리즘에 관한 것이다. 따라서 얼굴검출 부분과 얼굴인식 부분으로 나누어 구성하였으며, 각각 기존 알고리즘과 비교분석하여 제안된 알고리즘의 우수성을 입증하였고, 실시간 얼굴 인증 시스템을 구현하였다. 얼굴검출 알고리즘은 얼굴영상의 크기 및 해상도, 기울어짐 등의 영향을 덜 받으며 성능평가 결과는 50명의 표본 중 미검출 10%, 검출영상 중 오검출 0%의 검출률을 보임을 확인할 수 있었다. 얼굴인식 부분에서 일반적인 PCA를 바탕으로 PCA의 국부적인 변화를 수용할 수 있도록 수직라인에 수평라인을 결합시키는 Dual line PCA를 제안하였으며, 일반적으로 널리 사용되는 캠브리지의 ORE 데이터베이스, Harvard 데이터베이스, 및 자체 제작된 Wonkwang 데이터베이스를 대상으로 인식결과를 확인해 보았다. 각 Database의 인식결과는 표 1, 표 2, 표 3과 같이 Manhattan 거리에서 PCA보다 2%, 4.6%, 2%, KPCA보다 1%, 3.1%, 1.5%의 향상된 인식률을 보임을 확인하였다. 제안된 알고리즘을 기반으로 하여 실시간 처리 및 성능검증을 위해 시스템을 구현하였으며, 구현된 시스템은 그림 14와 같이 외부 인터페이스와 통신포트제어, 얼굴인식 소프트웨어 등으로 구성되었으며, 그림 15와 같이 실시간 우수한 동작을 수행함을 보였다.

향후 지능형 로봇, 출입자 관리, 자동 도어개폐, 자동 보행 시스템 등에 활용 및 응용이 사료된다.

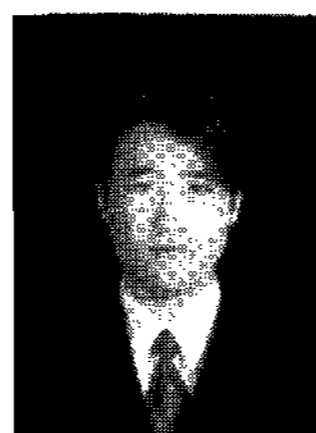
참 고 문 헌

- [1] M. H. Yang, D. J. Kriegman, N. Ahuja "Detecting Face in Image : A Survey," *IEEE Trans. Pattern Analysys and Machine Intelligence*, Vol. 24, No. 1, pp. 34-58, 2002.
- [2] Sirovich L. and Kirby, M., "Low-dimensional procedure for the characterization of human faces," *J. Optical Soc. Amer.*, Vol. 4, pp. 519-524, 1987.
- [3] Kirby, M. and Sirovich, L., "Application of the KL Procedure for the Characterization of Human Face," *IEEE Trans. Pattern Analysys and Machine Intelligence*, Vol. 12, No. 1, pp. 103-108, 1990.
- [4] Turk, M, and Pentland, A., "Eigenfaces for

Recognition," *J. Cognitive Neuroscience*, Vol. 3, No. 1, pp. 71-86, 1991.

- [5] R. Crane, "A simplified approach to Image Processing," *Prentice-Hall*, 1997.
- [6] D. Chai, "Face segmentation using skin-color map in videophone applications," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 83, No. 5, pp. 705-740, 1999.
- [7] O. K. Kwon, D. G. Sim, R. H. Park, "Object Matching Algorithm Using Robust Hausdorff Distance Measure," *IEEE Trans.*, Vol. 8, No. 3, pp. 1057-7149, March, 1999.
- [8] Hertog Nugroho, Shinji Ozawa, "Tracking Multiple Moving Objects form Monocular Image Sequences with Hausdorff Distance and Context Information," *T.IEE Japan*, Vol. 118-121, No. 7/8, pp. 1138-1149, 1998.
- [9] Y. H. Baek, "A Study on Color Image Edge Detection using Adaptive Morphological Wavelet-CNN Algorithm" *Wonkwang University*, M. S., Feb. 2002.
- [10] Kwang In Kim, Keechul Jung and Hang Joon Kim, "Face Recognition Using Kernel Principal Component Analysis", *IEEE Signal proc.* Vol.9, No.2, pp.40-42, Feb. 2002.
- [11] Y. J. Song, "A Performance Analysis of the Face Recognition Based on PCA/LDA on Distance Measures" *The Korean Academic Industrial Society*, Vol. 6, No. 3, pp. 249-254, 2005.
- [12] Bernhard Scholkopf and Alexander Smola, "Nonlinear component analysis as a kernel eigenvalue problem," *Neural Computation*, Vol. 10, No. 5, pp. 1299-1319, 1998.
- [13] Andy Hopper FREng, "The ORL face database", *AT&T(Olivetti) Research Laboratory Cambridge*.
- [14] P. Halinan, A. Yuille and D. Mumford, "Harvard face database", *Harvard University*.

저 자 소 개

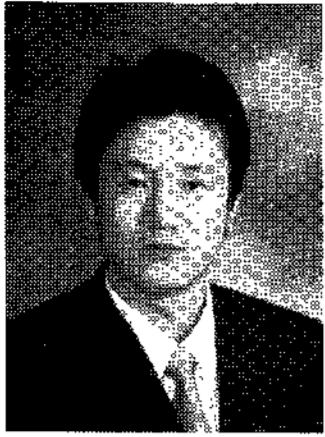


백영현(Young Hyun Baek)
2002년 : 원광대학교(공학사)
2004년 : 원광대학교(공학석사)
2007년 : 원광대학교(공학박사)
2007년~현재 : 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 전임강사

관심분야 : 교해상도 복원, 임베디드 시스템, 얼굴 인식, 스테레오카메라, 로봇 비전, 패턴 인식 등

Phone : 063-850-6315

E-mail : neural76@wonkwang.ac.kr



신성(Seong Shin)
2004년 : 원광대학교(공학사)
2006년 : 원광대학교(공학석사)
2007년~현재 ; 동대학원 전자공학과 박사
과정

관심분야 : 표정인식, 퍼지이론, 웨이브렛 변환, 영상처리 및
지능 시스템

Phone : 063-850-6883

E-mail : tlstjdd@wonkwang.ac.kr



문성룡(Sung Ryong Moon)
1982년 : 원광대학교(공학사)
1986년 : 전북대학교(공학석사)
1993년 : 전북대학교(공학박사)
1994~현재 : 원광대학교 전기전자 및 정
보공학부 교수

관심분야 : 신경망, 퍼지, 비선형, 얼굴인식 디지털 시스템 및
지능 시스템 등

Phone : 063-850-6883

E-mail : srmoon@wonkwang.ac.kr