

논문 2006-43CI-3-4

얼굴인식의 향상을 위한 스테레오 영상기반의 3차원 정보를 이용한 인식

(Recognition method using stereo images-based 3D information for
improvement of face recognition)

박 장 한*, 백 준 기*

(Changan Park and Joonki Paik)

요 약

본 논문에서는 스테레오 얼굴영상으로부터 3차원 정보인 거리와 깊이 정보를 이용해 거리에 따라 얼굴인식률이 떨어지는 것을 개선하였다. 단안 영상은 객체의 거리, 크기, 이동, 회전, 깊이 등의 불확실한 정보로 인해 인식률이 떨어지는 문제점이 있다. 또한 얼굴의 회전, 조명, 표정변화 등의 영상정보가 취득되지 않으면 인식률이 매우 저하되는 단점이 있다. 그래서 본 연구는 이와 같은 문제점을 해결하고자 한다. 제안된 방법은 눈 검출 알고리즘, 얼굴의 회전 방향 분석, PCA(Principal Component Analysis)로 구성된다. 또한 제한된 영역에서 얼굴을 고속으로 검출하기 위해 RGB컬러공간에서 YCbCr공간으로 변환한다. 얼굴후보 영역에서 다층 상대적인 밝기 맵을 생성하여 얼굴의 기하학적인 구조로부터 얼굴인지를 판별한다. 스테레오 얼굴영상으로부터 거리 및 눈과 입의 깊이 정보를 취득하고, 거리에 따라 확대, 축소, 이동, 회전 등의 정규화를 통해 92×112 크기의 얼굴을 검출한다. 검출된 왼쪽 얼굴영상과 추정된 방향의 차를 PCA로 학습한다. 제안된 방법은 정면에서 최대 95.8%(100cm), 포즈변화에 따라 98.3%의 인식률을 얻을 수 있었다. 따라서 실험을 통하여 제안된 방법은 거리에 따라 확대, 축소와 회전 등의 정확한 정규화로 높은 인식률을 얻을 수 있음을 보였다.

Abstract

In this paper, we improved to drops recognition rate according to distance using distance and depth information with 3D from stereo face images. A monocular face image has problem to drops recognition rate by uncertainty information such as distance of an object, size, moving, rotation, and depth. Also, if image information was not acquired such as rotation, illumination, and pose change for recognition, it has a very many fault. So, we wish to solve such problem. Proposed method consists of an eyes detection algorithm, analysis a pose of face, and principal component analysis (PCA). We also convert the YCbCr space from the RGB for detect with fast face in a limited region. We create multi-layered relative intensity map in face candidate region and decide whether it is face from facial geometry. It can acquire the depth information of distance, eyes, and mouth in stereo face images. Proposed method detects face according to scale, moving, and rotation by using distance and depth. We train by using PCA the detected left face and estimated direction difference. Simulation results with face recognition rate of 95.83% (100cm) in the front and 98.3% with the pose change were obtained successfully. Therefore, proposed method can be used to obtain high recognition rate with an appropriate scaling and pose change according to the distance.

Keywords : stereo images, disparity, principal component analysis, feature extraction, face recognition

I. 서 론

* 정회원, 중앙대학교 첨단영상대학원
(Chung-Ang University)

※ 이 논문은 2005년도 중앙대학교 박사후연수과정
(Post-Doc)지원사업에 의한 것임.

접수일자: 2005년12월8일, 수정완료일: 2005년5월1일

본 논문에서는 스테레오 얼굴 영상으로부터 3차원 정보인 거리와 깊이 정보를 이용해 거리에 따른 얼굴인식률을 제시한다. 인간의 생체정보는 타인에 의해 쉽게

표 1. 제안된 얼굴인식과 관련된 알고리즘 및 특징 분석
Table 1. Algorithm and feature analysis concerned with proposed face recognition.

논문저자/논문명	입력데이터	전처리 및 방법	특징 추출 방법	분류 방법	DB 형태 또는 수	인식률
A. Moreno et al. [3]	3차원 거리(range) 영상	HK algorithm - median (H), Gaussian (K) 곡률	3차원 디스크립터	최소의 Euclidean	1명당 7개 영상으로 구성된 60명의 420개 3D 얼굴 메쉬(mesh)	92.0%
X. Lu et al. [4]	멀티뷰 기반 3D 정보	① 2.5D 스캔에서 자동으로 특징점 추출 ② 2.5D의 거친 영상을 3D 모델로 변환	반복적 근사점(ICP)에 유효한 특징 등록	Root-mean-square에 의한 거리	18명의 2.5D 얼굴 1137개를 3D 얼굴 모델로 합성	- ICP 단독: 4.4% - ICP와 Slap: 3.5%
U. Park et al. [5]	2D 비디오 영상	2D 비디오와 3D 얼굴 모델의 장점을 조합하여 포즈와 빛의 조건에 따른 morphable 얼굴 모델 생성	LDA와 PCA	$\arg \max s(b, g)$	상하좌우 4방향의 얼굴과 합성된 3D 모델	98.0%
V. Blanz et al. [6]	얼굴의 3D 형태와 텍스처	3D Laser 스캔	PCA	within-subject variation	CMU-PIE의 4488영상과 FERET의 1940영상	- CMU: 95.0% - FERET: 95.9%
N. Uchida et al. [7]	Passive 스테레오 비전으로 3D 얼굴 정보 취득	① 상관값의 부피셀 ② 2D DFT ③ 에일리싱과 잡음 제거	부-픽셀 불일치 추정	단순한 반복적 근사점 (ICP)	얼굴 데이터의 414쌍	
이영학 et al. [8]	4D컬처에서 제작된 3D 스캐너를 이용한 3차원 얼굴영상	① Sobel 마스크 ② 모서리 ③ 인계처리 ④ 배경제거	① 깊이 등고선 값 ② 투영벡터의 그룹 분산	최소의 Euclidean	성인 35명의 2장씩 70장 영상	94.3%
송환중 et al. [9]	3D 거리(range) 영상	기하적인 구조를 이용하여 특징점 추출	오류 보상 특이치 분해	3차원 최근접 이웃 분류기		
A. Nefian et al. [10]	2D 영상	① 2D-DCT ② HMM	Embedded HMM	개인확률 값	1명당 10장씩, 40명 얼굴영상	98.0%
Proposed method	스테레오 얼굴영상	① Gaussian mask ② MAD ③ 유사특징점	PCA	최소의 Euclidean	최측 200장 영상과 방향정보 차	98.3%

복제될 수 없는 개인의 고유한 특징이다^[1]. 얼굴인식은 다른 생체인식 기술에 비해 경제성과 사용자 편리성이 높다. 또한 고가의 장비 대신 PC카메라를 이용할 수 있으며, 사용자는 기기에 직접 접촉을 하지 않아도 인식이 이루어질 수 있다. 실세계에서 우리가 눈으로 얻는 정보는 2차원 정보가 아닌 입체영상이다. 입체영상은 2차원 평면영상과는 달리 사물에 대한 원근감, 즉 깊이(depth) 정보를 지니고 있다. 최근에 얼굴검출 및 특징추출에서도 2차원 영상을 이용한 방법의 한계를 극복하기 위하여 3차원 얼굴 데이터를 이용한 접근방법이 연구되고 있다^[2].

본 논문과 관련 있는 얼굴인식의 특징추출 및 인식 방법을 표 1과 같이 분석하여 제시한다. 이 중에서 자율 학습 방법을 이용하는 PCA(Principal Component Analysis)/LDA(linear discriminant analysis)^[6]방법이 가장 많이 사용되고 있다^[1]. 얼굴영상이 정면영상으로 구성된 데이터베이스의 경우는 인식률은 상당히 높다고 알려져 있지만, 전체적인 얼굴영상 정보에 기반하여 얼굴을 모델링 하기 때문에 얼굴의 회전, 조명, 표정변화 등의 영상정보가 취득되지 않으면 인식률이 매우 저하되는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 단안 영상의 문제점인 객체의 거리,

크기, 이동, 회전, 깊이 등의 불확실한 정보로 인해 인식률이 떨어지는 것을 스테레오 영상에서 3차원 정보인 거리와 깊이의 추출 방법과 얼굴 회전과 거리 변화에 따른 인식률을 PCA와 HMM 알고리즘으로 비교한다. 제안된 방법은 스테레오 얼굴영상에서 두 눈의 위치를 추정하여 얼굴의 크기, 깊이, 회전 등의 정보를 정확히 추정한다. 또한 고속 처리와 효율적인 얼굴영역 검출을 위해 RGB컬러영상을 YCbCr공간으로 변환하여 얼굴색상 정보를 획득하고, Cb, Cr성분을 가지고 일정한 범위 내에 있는 객체들을 제거(opening) 연산^[11]을 통해 추출된 후보객체들 중에서 가장 큰 객체를 얼굴후보 영역으로 선정한다. 그리고 다층 상대적인 밝기 맵을 이용하여 얼굴인지의 유무를 판별한다. 검출된 얼굴영역에서 얼굴 특징(눈, 코, 입)들을 검출하기 위해 밝기 정보를 구별해 줄 수 있는 전처리 과정을 수행한다. 고속 학습을 위해 PCA의 공분산 행렬(covariance matrix) 연산에서 SVD(singular value decomposition)^[12]를 이용하여 고유 값(eigen value)과 고유 벡터(eigen vector)추출하고, 그 값을 구축된 얼굴데이터베이스에 투영시킨다. 그림 1은 본 논문에서 제한하는 알고리즘의 블록도이다. 이중쇄선은 얼굴이 존재할 경우에 적용되고, 단일쇄선은 인식을 수행할 때 적용된다.

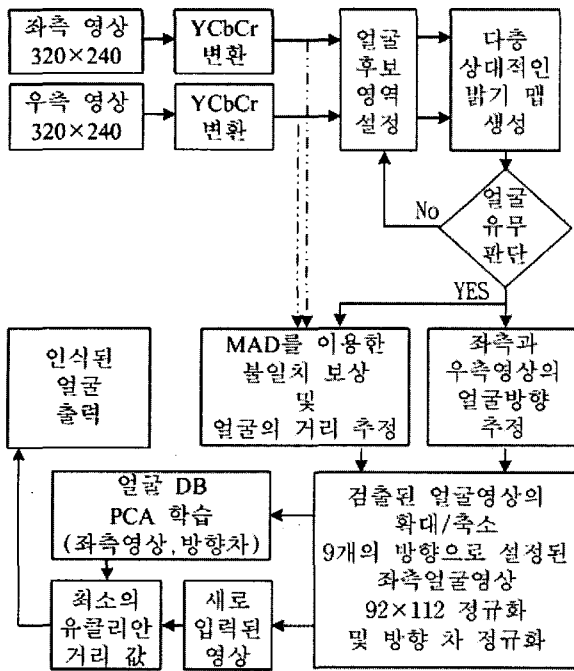


그림 1. 제안된 알고리즘 블록도
Fig. 1. Proposed algorithm block diagram.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장은 제안된 스테레오 시스템을 언급한다. III장은 다층 상대적인 밝기 맵(multi-layered relative intensity map), 포즈 추정, PCA를 이용한 얼굴학습에 대한 것을 기술한다. IV장은 실험결과를 제시하고, 마지막으로 V장은 결론을 맺는다.

II. 스테레오 비전 시스템

2.1. 스테레오 영상의 시차 보정 방법

본 논문에서는 그림 2와 같이 평행식 카메라를 설치하여 거리정보를 취득하고, 좌·우 영상으로부터 일치점의 변위인 시차(disparity)를 구하여 삼각 측량법을 통해 거리정보를 추출한다^[13]. 실험에 사용된 카메라의 구성요소는 표 2와 같다.

스테레오 영상에서 시차를 추출하는 방법 중, 본 논문에서는 고정된 크기의 블록정합 알고리즘을 사용한다. 또한 잡음(noise)에 의한 영향을 줄이기 위한 방법은 가우시안 3x3 마스크^[14]를 적용한다. 블록정합에 사용되는 기저함수는 SAD(Sum of Absolute Difference), SSD(Sum of Square Difference), MAD(Mean Absolute Difference), MSD(Mean Square Difference) 등을 사용한다. 제안된 방법은 MAD를 이용하여 블록

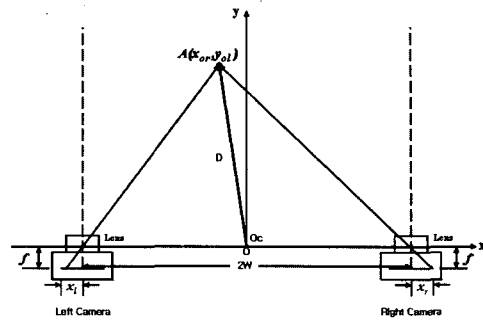


그림 2. 평행식 카메라의 구조
Fig. 2. Structure of parallel camera.

표 2. 카메라 구성요소

Table 2. Component elements of camera.

항목	특성	
카메라 설치 방법	평행식	
카메라 설치 간격	65(mm)	
카메라 초점 거리(f)	3.6(mm)	
크기	1픽셀	7.2x5.6(μm)
	전체	3.6x2.7(mm)
해상도	가로	512(dots)
	세로	492(lines)

정합을 처리한다. 공간상의 한 점이 좌·우 영상에 투영되었을 때 두 점을 연결하는 가상의 선을 에피폴라선(epipolar line)이라 한다^[15]. 우측영상의 대응 블록은 좌측영상과 동일한 X축의 좌표를 가지는 에피폴라선상에서 정합된다. 식(1)은 스테레오 영상의 시차추출을 위해 사용된 MAD를 나타낸다.

$$MAD = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N |I_L(i, j) - I_R(i + k, j + l)| \quad (1)$$

여기서 M 과 N 은 블록의 크기를 나타낸다. I_L 은 좌측 영상의 블록을 나타낸다. 또한 I_R 은 I_L 에 대응되는 우측영상의 블록을 나타내며, k 와 l 은 왼쪽 영상에 대응되는 오른쪽 영상의 양안차(disparity)이다.

본 논문에서는 대응점에 대한 문제를 해결하고자 유사 특징점(quasi-feature)을 이용한다. 유사 특징점은 영상의 기하학적인 특징 정보가 아닌 화소의 그레이레벨 분포를 기반으로 하는 특징점이다^[16]. 제안된 방법에서 블록의 내부는 강한 윤곽선성분의 경계 값을 설정하여 평탄한(flat) 영역과 텍스처(texture)영역을 구분한다. 왜냐하면 특정영역의 최소화된 영역에서 유사 특징점을 찾고자 하기 때문이다. 제안된 유사 특징점의 찾는 방법은 다음과 같다.

단계1. 왼쪽 영상에서 블록을 설정하고, 오른쪽 영상에서 가장 유사한 블록을 탐색한다.

- 단계2. 왼쪽에서 제안된 블록을 설정하여 캐니 연산자 (Canny operator)로 강한 윤곽선성분만 추출한다.
 단계2-1. 중심의 20×10 블록과 오른쪽 영역 안에 서 20×10 블록으로 MAD 탐색한다.
 단계2-2. 윤곽선성분이 중심 블록보다 큰 영역을 선택한다.
 단계3. 최종적으로 찾은 우측 블록에서 중앙 위치의 점 을 기준으로 8방향에서 오류가 최소인 유사 특징 점을 선택한다. 이 때 최소화에서 유사 특징점은 식(2)을 이용하여 판별한다.

$$e = \sum_i \{I_L(q_i) - I_R(q_i')\}^2 \quad (2)$$

여기에서 $I_L(q_i)$ 는 왼쪽 영상의 밝기 값이고, $I_R(q_i')$ 는 왼쪽 영상에 대응하는 오른쪽 영상의 밝기 값이다.

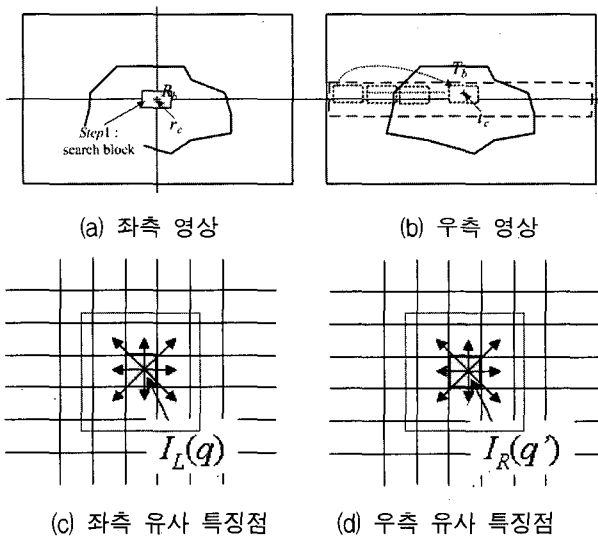


그림 3. 유사 특징점 검출 방법
 Fig. 3. Detection method of a quasi-feature point.

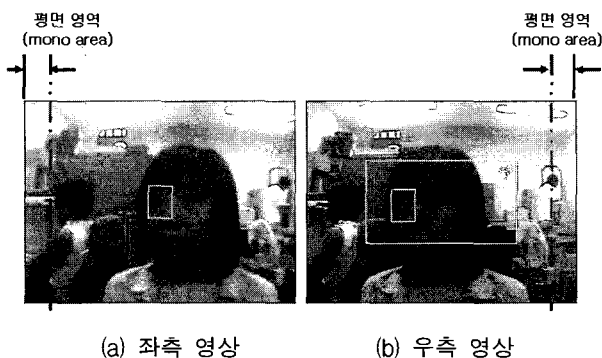


그림 4. 스테레오 영상에서의 시차 추출
 Fig. 4. Disparity estimation of the stereo images.

그림 3은 제안된 방법으로 유사 특징점의 검출하는 과정이며, 식(2)을 이용하여 8방향에서 오류가 최소인 화소를 선택한다. 그림 4는 제안된 방법으로 가장 유사한 블록을 찾은 결과 영상이며, 스테레오 영상은 좌·우의 폐색영역이 존재하는 것을 볼 수 있다.

2.2. 객체의 거리 변화에 따른 확대/축소

카메라로부터 획득된 입력영상은 320×240 크기로 얼굴을 포함하는 RGB컬러영상이다. 먼저, 획득된 얼굴 후보영역 영상에서 고속처리를 위해 색상정보만을 이용하고, 조명에 대한 영향을 줄이기 위해 주어진 영상을 RGB컬러공간을 YCbCr공간으로 변환하게 된다. Cb, Cr 성분에 대해 아시아인 얼굴 피부 색상 범위를 $R_{Cb} = [77, 127]$, $R_{Cr} = [133, 173]$ 으로 색상 영역 분할과정을 거쳐 피부색 값을 갖는 영역만을 추출한다^[17]. 식(3)을 이용하여 R_{Cb} , R_{Cr} 의 영역을 선택한다.

$$S(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } [(Cb(x, y) \in R_{Cb}) \cap (Cr(x, y) \in R_{Cr})] \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

거리 측정은 표 1에서 제시한 카메라 내부특성을 이용하여 한 픽셀당 실제 유효거리를 계산하였으며, 산출된 한 픽셀의 거리는 $86.80 \times 10^3 [m]$ 이다.

$$D = \frac{bf}{x_l - x_r} \times 86.80 \times 10^3 [m] \quad (4)$$

여기에서 b 는 카메라간의 설치 거리, f 는 카메라의 초점거리, x_l 은 좌측영상의 x 거리 및 x_r 은 우측영상의 x 거리이다. 입력영상의 320×240에서 가로 픽셀의 시차 ($x_l - x_r$)가 1인 경우는 객체의 위치가 카메라로부터 가장 먼 곳에 있으며, 시차가 320인 경우에는 객체의 위치가 카메라 바로 앞에 존재한다고 본다. 320인 경우에는 얼굴의 정보를 찾을 수 없기 때문에 본 연구에서는 객체를 카메라로부터 20cm 이내인 것을 취득하지 않았다. 또한 거리 변화에 따른 스케일처리(확대/축소)는 식(5)과 같이 처리한다^[13].

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_x & 0 \\ 0 & s_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (5)$$

여기에서 x' , y' 는 스케일 적용후의 변화된 위치이며, s_x , s_y 는 스케일 변화에 적용하는 값이고, x , y 는 현재 위치이다.

III. 포즈 추정과 얼굴 인식

얼굴인식이 향상되기 위한 방법 중의 하나는 얼굴의 검출률을 높이는 것이다. 본 장에서는 얼굴검출을 높이기 위해 다층 상대적인 밝기 맵의 방법과 얼굴의 방향 분석 방법을 언급한다. 그리고 PCA를 이용하여 구축된 왼쪽 얼굴 DB와 방향의 차 값을 학습하여 투영한다.

3.1. 다층 상대적인 밝기 맵 방법

얼굴인식률은 주변 조명의 변화, 얼굴 포즈 및 표정 변화, 시간의 흐름, 얼굴영상의 해상도에 따라서 인식을 저하된다. 따라서 정면얼굴의 요소뿐만 아니라 포즈 변환에 대한 정보를 이용하면 인식을 높일 수 있다. 그림 8에서 제시한 얼굴의 방향을 판별하면 인식을 높일 수 있다. 본 논문에서 얼굴요소를 획득하기 위한 방법은 컬러영상에 무관한 얼굴요소의 명도특성을 이용한 다층 상대적인 밝기 맵(multi-layered relative intensity map)을 통해 얼굴 검출 및 얼굴요소를 추정한다^[18]. 방향성 블롭 템플릿(directional blob template)은 검출하려는 얼굴크기를 고려하여 결정하되, 그림 5와 같이 눈의 크기와 적절한 정도로 가로가 더 긴 비율로 선택한다.

영상의 크기가 넓이(W)×높이(H)인 영상내부의 화소 $P(x, y)$ 에서 템플릿 중심에 놓이는 화소를 $P_{cent} = (x_c, y_c)$ 로 정의하고, P_{cent} 를 기준으로 $W_{FF} \times H_{FF}$ 크기의 얼굴요소 방향성 템플릿의 8방향 화소들의 평균 밝기 $\overline{I_{Dir}}$ 를 계산하여 $\overline{I_{cent}}$ ($P_{cent} = (x_c, y_c)$ 의 밝기 값)과의 밝기 편차 값을 얻는다. 이러한 8방향 템플릿에 예를 그림 5(b)에서 보여준다. 가장 밝기 편차가 큰 쪽을 주성분 방향(principal direction) $\overline{d_{pr}}$ 로 결정하고, 이때의 편차크기를 $|\overline{d_{pr}}|$ 을 얻는다. 그림 6은 BioID 얼굴 데이터베이스와 실험에 사용된 얼굴 데이터베이스에서

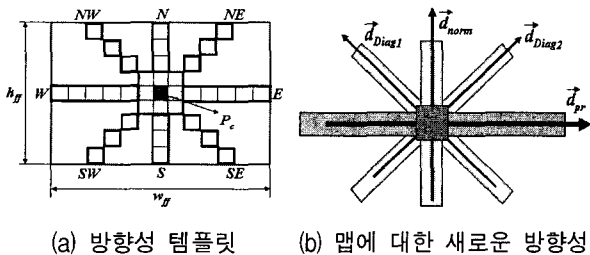


그림 5. 눈과 입을 찾기 위한 방향 템플릿
Fig. 5. Direction template to find eyes and mouth.



그림 6. 다층 상대적인 밝기 맵
Fig. 6. Multi-layered relative intensity map.

결과 영상이다. 결과 영상은 얼굴의 기하학적인 구조인 눈과 입의 정보와 위치를 판단할 수 있다.

3.2. 얼굴 방향 분석

얼굴의 인식을 높이려면 얼굴방향을 고려하여 데이터베이스가 구축되어야 한다. 따라서 제안된 방법은 스테레오 얼굴영상에서 다층 상대적인 밝기 맵을 생성하고 얼굴의 기하학적인 구조로부터 두 눈의 위치를 추정하여 얼굴의 방향 정보를 추정한다. 그림 7과 같이 변화된 방향을 추정할 수 있으며, 정면얼굴로써 위쪽의 왼쪽영상이며, 아래쪽은 오른쪽 영상이다. 얼굴방향 추정의 방법은 다음과 같다.

- 단계1. 다층 밝기 맵에서 취득된 얼굴의 두 눈과 입의 위치를 추정한다.
- 단계2. 추정된 두 눈과 입의 위치 정보를 삼각형을 생성한다. 단, 좌표는 상대적인 값으로 설정한다.
 - 단계2-1. 삼각형 무게 중심을 구한다.
 - 단계2-2. 무게 중심으로부터 수평과 수직을 성분을 생성한다.
 - 단계2-3. P_1 과 P_2 의 위치정보를 추출한다. 여기에서 P_1 은 P_{L1} , P_{R1} 의 좌·우측 상대적인 좌표 값이다. 또한 P_2 도 P_{L2} , P_{R2} 의 좌·우측 상대적인 좌표 값이다.
 - 단계2-4. 상대적인 길이 L_1 과 L_2 를 구한다.
- 단계3. 삼각함수로 좌·우측 영사의 각도를 구한다.

$$\theta = \cos^{-1}\left\{\frac{(V_1 \cdot V_2)}{(|V_1| \times |V_2|)}\right\} \quad (6)$$
- 단계4. 좌·우측의 각도 값의 차를 구한다.

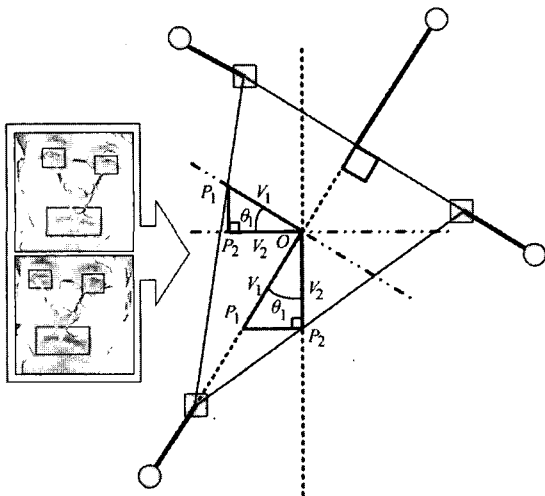


그림 7. 얼굴의 회전방향 추정
Fig. 7. Rotation estimation of face.

북서 -15° ~ -30°	위 +15° ~ +30°	북동 +15° ~ +30°
좌 -15° ~ -30°	정면 -5° ~ +5°	우 +15° ~ +30°
남서 -15° ~ -30°	아래 -15° ~ -30°	남동 +15° ~ +30°

그림 8. 얼굴의 위치 판별 영역
Fig. 8. Position distinction regions of face.

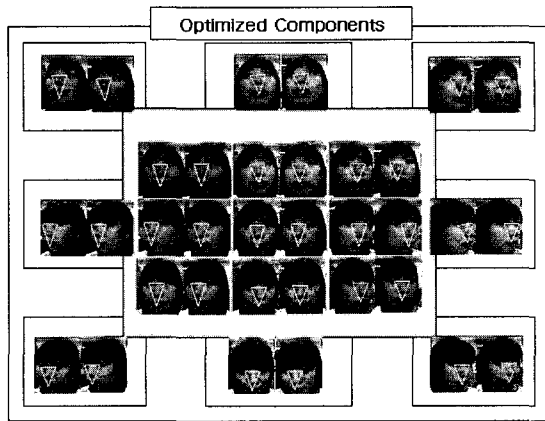


그림 9. 다층 상대적인 밝기 맵의 얼굴영역 그룹
Fig. 9. Face region group of multi-layered relative intensity map.

그림 8은 추정된 얼굴의 방향을 분류하기 위한 임계 영역의 값이며, 9개의 영역으로 분류한다.

그림 9는 9개의 방향별로 취득한 얼굴영상이다. 이를 통하여 92×112크기의 얼굴데이터베이스를 구축한다.

3.3. 얼굴인식을 위한 학습 및 분류

얼굴인식은 그림 7과 같이 눈 위치를 판별하여 취득 영상을 9개의 그룹으로 분류하고, PCA알고리즘으로 학

습한다. 제안된 주성분분석 방법의 알고리즘은 그림 10 과 같이 처리한다. 먼저, 입력 데이터는 왼쪽 얼굴영상 x_1, x_2, \dots, x_n 과 좌·우영상의 방향 차 d 정보이다. 추출된 데이터를 1차원 벡터로 만들어 학습영상 벡터를 생성한다. 생성된 데이터의 평균벡터를 만든다. 분산의 값을 만들기 위해 1차원 영상벡터의 차를 구한다. 각 영상의 차 값을 공분산행렬로 만든다. 공분산행렬을 SVD의 방법을 이용하여 고유값과 고유벡터를 구한다. 추출된 고유벡터를 학습영상에 투영시킨다.

얼굴의 분류는 학습된 얼굴 PCA 패턴과 인식하고자 입력되는 정규화된 데이터의 학습된 얼굴 PCA 패턴을 비교하여 가장 비슷한 얼굴을 찾아내는 과정이며, 가장 단순한 유클리안(euclidean)거리를 이용한 최근접 이웃(nearest neighbor)방법을 이용하여 얼굴을 분류한다.

본 논문에서는 모든 학습된 얼굴에 대하여 식(7)과 같이 유클리안 거리를 구하고, 그 중에서 거리가 가장 작은 값을 갖는 영상을 출력으로 하여 분류하는 방법이다.

$$d = \sum_{i=1}^m (r_i - t_i)^2 \tag{7}$$

여기에서 d 는 유클리드 거리, r_i 는 학습된 영상에서 투영된 값, t_i 는 새로운 영상이 입력되어 투영된 값이다.

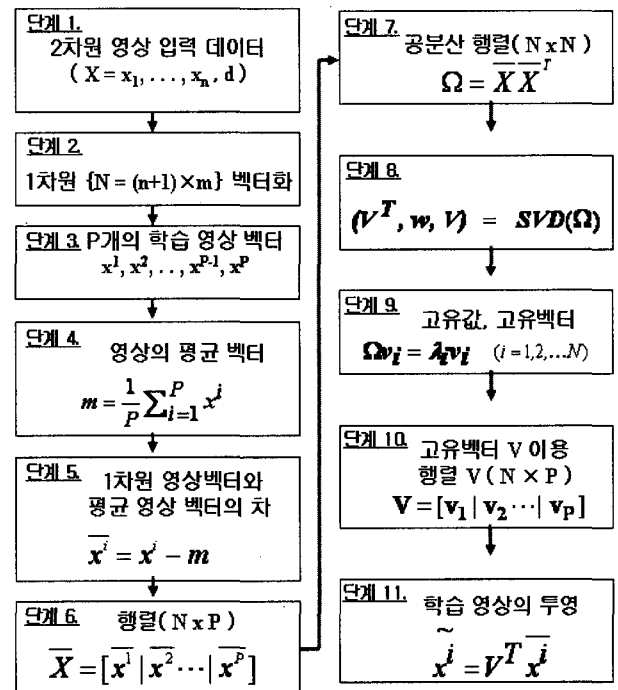


그림 10. PCA 알고리즘 블록도
Fig. 10. PCA algorithm block diagram.

IV. 실험 및 고찰

4.1. 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 스테레오 320×240영상에서 얼굴영역을 취득한 후 얼굴영상의 크기(92×112) 영상 50~400개를 실험영상으로 사용하였다. 제안된 실험은 왼쪽영상에서 상단좌표(145, 100), 하단좌표(175, 140)의 20×10블록을 사용해서 오른쪽 영상의 상단좌표(70, 70), 하단좌표(250, 170)에서 가장 유사한 블록을 찾아서 스테레오 정합을 한다. 그림 11은 MAD를 이용하여 좌측영상에서 우측영상의 가장 유사한 블록을 찾고 좌·우측 영상을 정합한 결과이며, 거리는 약 43(cm)이다.

표 2는 얼굴검출에 대한 BioID 얼굴 데이터베이스와 본 실험에서 만든 스테레오 얼굴 영상을 검출한 결과이다. 실험 1은 BioID 얼굴 DB에 대하여 안경의 반사효과(glaring)로 눈이 발견되기 힘든 경우, 조명 방향에 따라 눈 부근에 명도차이가 나타나지 않는 경우, 수염 등으로 인한 입 영역의 위치모호성이 나타나는 경우이고, 실험2는 실험1의 경우를 배제한 경우이다. 실험3은 일부 눈이 검출되기 어려운 경우를 포함한 결과이다. 실험4는 본 논문에서 사용된 얼굴의 검출 결과이다.

그림 12는 그림 11에서 거리를 측정한 후 스케일 변화를 적용하여 취득된 영상이다. 320×240영상에서 92×112크기의 영상을 대한 확대/축소 비율은 거리 100(cm)을 기준(reference)으로 설정한다. 각 120(cm), 150(cm), 200(cm)의 거리에 따라 확대 비율은 1.2, 1.5, 1.8이고, 각 30(cm), 50(cm)의 축소비율은 0.4, 0.5이다. 이것은 실험에 의해 결정된 비율이다.

그림 13은 학습으로 사용된 영상의 일부이다. 그림 14는 좌·우 회전방향을 고려하여 테스트로 사용된 일부 영상이다.



그림 11. 합성된 스테레오 영상
Fig. 11. Composed stereo image.

표 2. 제안된 방법의 검출률
Table 2. Detection rate of the proposed method.

	영상 수	검출률(%)
실험1	1521	93.29
실험2	1404	96.87
실험3	120	92.50
실험4	400	95.00



(a) 좌측 영상(30cm,50cm,100cm,120cm,150cm,200cm)



(b) 우측 영상(30cm,50cm,100cm,120cm,150cm,200cm)

그림 12. 스케일을 적용한 결과로 취득된 영상
Fig. 12. Images are acquired by result to apply scale.



그림 13. 학습에 사용된 좌·우 일부 영상
Fig. 13. Partial images of left and right used training.



그림 14. 좌·우 테스트의 일부 입력 영상
Fig. 14. Partial input image of left and right tests.

표 3은 기준(reference) 영상 200장과 방향의 차 값을 학습하여 120장의 테스트영상으로 제안된 방법에서 거리에 따른 얼굴인식률을 비교한 결과이며, 실험1은 추출된 3차원 정보인 거리와 깊이를 적용하여 확대와 축소를 처리하여 구축된 정면 얼굴DB를 학습하여 정면 얼굴만을 실험한 결과이다. 100cm에서 인식률이 가장 높았으며, 30~50cm에서는 축소된 얼굴영상에 밝기 값에 대한 정규화가 문제가 있어 인식률이 떨어진 것으로 볼 수 있다. 또한 120~200cm에서는 얼굴이 확대되면서 문제가 발생한 것으로 볼 수 있다. 얼굴확대는 이중선형보간(bilinear interpolation) 방법을 사용했으며, 다른 확대방법을 적용하여 실험해야할 것으로 본다. 실험2는 얼굴의 포즈변화에 대한 얼굴DB를 구축하고 학습하여 포즈변화에 따라 실험한 결과이다. 본 논문에서 제시하는 얼굴의 방향 차 정보를 추가함으로써 학습시간은 길

표 3. 제안된 방법의 거리 따른 인식률

Table 3. Recognition rate by distance of the proposed method.

거리	실험1(%)	실험2(%)	실험3(%)	실험4(%)
30cm	90.0	93.3	90.0	91.7
50cm	93.3	95.8	85.0	87.5
100cm	95.8	98.3	81.7	87.5
120cm	91.7	96.7	79.2	83.3
150cm	90.0	93.3	68.3	75.8
200cm	87.5	91.7	59.2	70.0

어졌지만, 포즈 변화로 인하여 인식률이 떨어지는 것을 개선할 수 있었다. 실험3은 확대, 축소, 포즈 변화를 적용하지 않고, 실험한 결과이다. 실험 결과로 볼 때, 얼굴 정규화가 문제가 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 제안된 방법을 적용하면 인식률이 개선될 수 있다. 실험4는 단안 얼굴영상을 확대, 축소, 포즈 변화를 적용하지 않고, HMM^[11]로 실험한 결과이다. HMM은 얼굴뿐만 아니라 주변 정보도 같이 포함되는 것을 실험결과에서 볼 수 있었다. 그래서 인식률이 실험3 보다 높은 것을 볼 수 있었다. 본 실험을 통하여 거리에 따라 확대, 축소, 포즈 변화에 대한 방법을 적용한다면 인식률을 높일 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 스테레오 얼굴영상으로부터 3차원 정보인 거리와 깊이 정보, 얼굴방향 정보를 이용해 거리에 따라 얼굴인식률이 떨어지는 것을 개선하였다. 제안된 방법은 얼굴검출 알고리즘, 눈과 입의 위치 판별 및 방향 분석, PCA알고리즘으로 구성되며, 인식을 수행하였다. 또한 얼굴 검출을 고속처리를 위해 RGB컬러공간에서 YCbCr공간으로 변환하여 얼굴영역을 검출하였다. 거리 변화에 따라 추출된 얼굴영상의 스케일을 통해 확대, 축소와 회전 등을 보다 강건한 정보를 취득하였으며, 왼쪽 얼굴영상과 방향 정보를 PCA로 학습하여 얼굴인식을 수행하였다. 실험을 통하여 제안된 방법은 30cm~200cm 정도의 거리에서 기준 거리(100cm)를 설정하고, 취득된 정면얼굴의 스케일 변화를 적용하여 최대 95.8%(100cm)의 인식률을 얻을 수 있었다. 또한 포즈변화에 따라 98.3%의 높은 인식률을 얻을 수 있었다. 따라서 실험을 통하여 제안된 방법은 2차원 영상에서 불확실한 정보로 인해 인식률이 떨어지는 것을 해결할 수 있음을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] S. Kong, J. Heo, B. Abidi, J. Paik, and M. Abidi, "Recent advances in visual and infrared face recognition-A review," *Computer Vision, Image Understanding*, vol. 97, no. 1, pp. 103-135, January 2005.
- [2] 손광훈, 신형철, 양욱일, "3차원 얼굴인식 기술 현황 및 전망", *전자공학회 학회지*, vol. 33, no. 1, pp. 46-54, 2005년 1월.
- [3] A. Moreno, A. Sanchez, J. Velez, and F. Diaz, "Face recognition using 3D surface-extracted descriptors," *The Irish Machine Vision & Image Processing Conference (IMVIP'03)*, pp. 1-8, September 2003.
- [4] X. Lu, D. Colbry, and A. Jain, "Three-dimensional model based face recognition," *Proc. 2004, 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR 2004)*, pp.1-4, August 2004.
- [5] U. Park H. Chen, and A. Jain, "3D model-assisted face recognition in video," *Proc. 2005, 2nd Canadian Conference on Computer and Robot Vision (CRV'05)*, pp. 322-329, 2005.
- [6] V. Blanz and T. Vetter, "Face recognition based on fitting a 3D morphable model," *IEEE Trans. Pattern Analysis, Machine Intelligence*, vol. 25, no. 9, pp. 1-12, September 2003.
- [7] N. Uchida, T. Shibahara, T. Aoki, H. Nakajima, and K. Kobayashi, "3D face recognition using passive stereo vision," *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP05)*, pp. II-950-953, 2005.
- [8] 이영학, 심재창, 이태홍, "등고선 영역의 투영 벡터를 이용한 3차원 얼굴 인식", *멀티미디어학회 논문지*, vol. 6, no. 2, pp. 230-239, 2003년 4월.
- [9] 송환중, 양욱일, 손광훈, "3차원 얼굴 인식을 위한 오류 보상 특이치 분해 기반 얼굴 포즈 추정", *전자공학회 논문지*, vol. 40-SP, no. 6, pp. 457-466, 2003년 11월.
- [10] A. Nefian and M. Hayes III, "An embedded HMM-based approach for detection and recognition," *Proc. 1999 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol. 6, pp. 3553-3556, 1999.
- [11] B. McLindin, "Baselining illumination variables for improved facial recognition system performance," *4th EURASIP Conf., Video/Image Processing, Multimedia Communications*, vol. 1, pp. 417-422, July 2003.
- [12] L. Sirivich and M. Kirby, "Low-dimensional procedure for the characterization of human faces," *Journal Optical Society of America A:*

- Optics, Image Science, Vision, vol. 4, no. 3, pp. 519-524, March 1987.
- [13] O. Faugeras, Three-Dimensional Computer Vision, MIT Press, 2001.
- [14] C. Gonzalez and E. Woods, Digital Image Processing, 2nd Edition, Prentice Hall, 2001.
- [15] L. Chen and W. Lin, "Visual surface segmentation from stereo," Image, Vision Computing, vol. 15, no. 2, pp. 95-106, 1997.
- [16] D. Kim, Y. Yoon, and J. Choi, "A quasi-feature based image mosaic algorithm using modified block matching criteria," Trans. IEE Japan, vol. 121-C, no. 5, pp. 892-898, May 2001.
- [17] D. Chi, and K. Ngan, "Face Segmentation Using Skin-Color map in Videophone Applications," IEEE Trans. Circuits and systems for video technology, vol. 9, no. 4, pp. 551-564, June 1999.
- [18] Y. Kim, S. Jang, S. Kim, C. Park, and J. Paik, "Pose-Invariant Face Detection Using Edge-Like Blob Map and Fuzzy Logic," Proc. 2005 IEA/AIE 2005, LNCS, vol. 3533, pp. 695-704, June 2005.

 저 자 소 개



박 장 한(정회원)

1997년 방송통신대학교 컴퓨터과
학과(독학학위) 학사졸업

1999년 광운대학교 정보통신대학
원 소프트웨어공학과 석
사졸업

2005년 광운대학교 대학원 컴퓨터
공학과 박사졸업

2005년~현재 중앙대학교 첨단영상대학원
문화컨텐츠기술연구원 전임연구원
<주관심분야: 스테레오비전 및 영상 압축, 3D영
상, 영상처리, 영상인식>



백 준 기(정회원)

1984년 서울대학교 제어계측
공학과 학사졸업.

1987년 노스웨스턴대학교 전기 및
컴퓨터 공학과 석사졸업.

1990년 노스웨스턴대학교 전기 및
컴퓨터 공학과 박사졸업.

1993년~현재 중앙대학교 첨단영상대학원
영상공학과 교수

<주관심분야: 영상복원, 신호처리, 반도체>