

논문 2005-42CI-6-9

# 노이즈에 강인한 정면 얼굴 검출을 위한 특성벡터 추출법

(Robust feature vector composition for frontal face detection)

이 승 익\*, 원 철 호\*, 임 성 운\*, 김 덕 규\*\*

(Seung-Ik Lee, Chulho Won, Sung-Woon Im, and Duk-Gyoo Kim)

## 요 약

본 논문에서는 정면 얼굴 검출에 이용되는 특성 벡터의 새로운 추출법을 제안한다. 새로운 특성벡터의 추출은 일차원 Harr 웨이블릿, 평균행렬, 분산행렬 및 진폭 투시법을 이용하여 각 각의 특성벡터를 구하였으며 얼굴 및 비 얼굴의 모델링은 확률적 특성을 이용한 조건부 확률 분포 함수로 모델링 한다. 또한 계산된 확률 분포 함수를 이용한 확률 값을 계산하여 입력 영상에서의 얼굴 검출을 수행한다. 제안한 방법으로 구성된 특성 벡터를 이용한 얼굴 검출에서는, 영상 내에서의 다수의 얼굴 검출이 가능하며 약간의 각도를 가지는 얼굴 검출도 가능하며 저해상도의 영상에서의 얼굴 검출에 매우 효과적이며 모의실험 결과 SET3의 테스트 영상에서의 얼굴 검출율은 98.3%가 됨을 확인하였다.

## Abstract

The robust feature vector selection method for the multiple frontal face detection is proposed in this paper. The proposed feature vector for the training and classification are integrated by means, amplitude projections, and its 1D Harr wavelet of the input image. And the statistical modeling is performed both for face and nonface classes. Finally, the estimated probability density functions (PDFs) are applied for the detection of multiple frontal faces in the still image. The proposed method can handle multiple faces, partially occluded faces, and slightly posed-angle faces. And also the proposed method is very effective for low quality face images. Experimental results show that detection rate of the propose method is 98.3% with three false detections on the testing data, SET3 which have 227 faces in 80 images.

**Keywords :** face detection, Bayes classifier, statistical models.

## I. 서 론

얼굴 검출 과정은 얼굴 인식의 전 단계로뿐만 아니라 다양한 멀티미디어 분야의 응용에 있어서 매우 중요한 전처리 과정 중의 하나이다. 이러한 얼굴 검출 알고리즘은 매우 활발히 연구되고 있는 분야중의 하나이며, Yang<sup>[1]</sup> 등은 이러한 다양한 검출 기법들을 각 각의 다양한 카테고리별로 명확히 분류하여 서술하였다. 이리

한 다양한 기법 중에서 학습을 통한 얼굴검출 방법이 최근 주목받고 있으며 특히 Schneiderman<sup>[2]</sup> 등이 제안한 Bayes방법에 의한 얼굴검출은 매우 좋은 결과를 보여주고 있다. 하지만 이러한 통계적인 특성을 이용한 학습 방법은 비교적 많은 양의 특성벡터가 필요하게 되며 이로 인해 많은 양의 계산이 필요하게 된다. 따라서 이러한 특성벡터의 차원을 감소시키고자 새로운 알고리즘이 연구되고 있다. Liu<sup>[3]</sup>는 이러한 문제점을 줄이기 위해 주성분분석(principal component analysis) 방법을 이용하여 특성 벡터의 차원을 감소시키고자 하였으며, 1차원 Harr 웨이블릿 및 진폭 투시법등을 사용 하여 특성 벡터를 구성하였다. 이러한 특성 벡터의 선택은 얼굴 검출 결과에 매우 민감하게 작용하게 되며, 최근 이러한 특성 벡터의 추출 방법에 대해 많은 연구가 진행

\* 정회원, 경일대학교 전자정보통신공학부  
(School of Electronic Information and  
Communication Eng., Kyungil University)

\*\* 평생회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부  
(School of Electrical Engineering & Computer  
Science, Kyungpook National University)

접수일자: 2005년4월6일, 수정완료일: 2005년10월31일

되고 있다. 본 논문에서는 노이즈에 강인하고 특성 벡터의 차수를 줄이기 위한 새로운 특성 벡터 추출법을 제안한다. 제안한 방법에서는 특성 벡터의 차원은 감소시키면서 비교적 낮은 해상도의 얼굴 검출에서도 좋은 결과를 보여주었다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장과 III장에서는 제안한 특성 벡터 선택 알고리즘과 분류 방법에 대해 기술하고, IV장 및 V장에서는 모의실험의 결과 및 결론에 대해서 기술한다.

## II. 제안한 특성 벡터 추출법

본 논문에서는 얼굴 영상 검출을 위한 모든 입력영상 및 훈련영상의 사이즈를 16×16으로 설정하였으며, 1,200개의 얼굴영상을 BioID 데이터 베이스에서 검출해 내었다. 검출한 1,200개의 얼굴 영상은 각기 다른 밝기를 가지는 다수의 정면 얼굴에서 검출해서 사용하였으며 얼굴이 아닌 영상의 훈련을 위해 자연 영상에서 임의로 추출하여 5,000개를 구성하였다. 그림 1은 훈련 영상으로 쓰이는 얼굴 영상 및 얼굴이 아닌 영상의 예이다.

Harr 웨이블릿은 얼굴인식에 있어서 매우 효율적인 방법이며<sup>[4]</sup>, 진폭 투시법 또한 얼굴의 수평 및 수직적 특성을 나타내는 특성벡터로 선택될 수 있다<sup>[3]</sup>. Harr 웨이블릿 성분들은 정면 얼굴의 수평 및 수직 얼굴의 특성을 잘 나타내어 주며 이러한 얼굴의 특징적 계수 값 때문에 중요한 특성 벡터의 요소로 이용된다. 그리고 진폭 투시법 또한 얼굴의 눈과 코 그리고 입의 위치에 따른 수평 및 수직적 형태를 특성 벡터로 이용하는 방법이다.

본 논문에서는 이러한 두 가지 특성 벡터의 검출 방법에서, 특성 벡터의 크기를 줄이고 낮은 해상도에서의

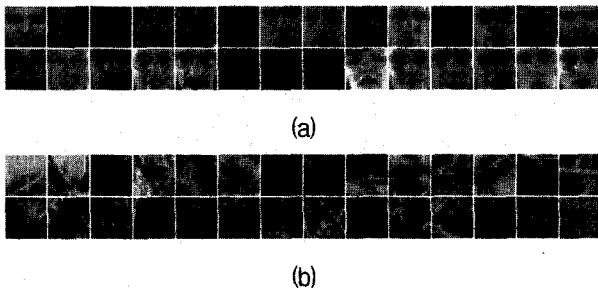


그림 1. 훈련 영상의 예. (a) 얼굴 영상 (b) 비 얼굴 영상

Fig. 1. The training data of (a)face data (b)nonface data.

얼굴 검출결과를 향상시키기 위해 새로운 특성 벡터 추출법을 제안한다. 그림 2는 제안한 모델을 나타낸 그림을 나타낸다. [3]에서의 모든 입력영상의 벡터를 사용하지 않고, 수평 및 수직 벡터의 절반만 이용함으로써 벡터의 크기를 감소하는 효과를 나타냄과 동시에, 저해상도에서 나타날 수 있는 부분적인 영상의 노이즈에 대해서도 얼굴의 수평 및 수직의 대칭적인 특성을 이용한 벡터를 사용함으로써 좀더 높은 얼굴 검출율을 나타낼 수가 있다.

$I(i, j)$ 를 16×16의 크기를 가지는 입력영상이라고 가정한다면, 수평 및 수직에 대한 각각의 진폭 투시법의 값들은 다음과 같이 정의 된다.

$$X_{ah}(i) = \sum_{j=1}^{16} I(i, j) \quad 1 \leq i \leq 8 \quad (1)$$

$$X_{av}(j) = \sum_{i=1}^{16} I(i, j) \quad 1 \leq j \leq 8 \quad (2)$$

또한 각각의 1차원 Harr 웨이블릿에 대한 식은 다음과 같다.

$$X_{H_h}(j) = I(i+1, j) - I(i, j) \quad 1 \leq i \leq 16, 1 \leq j \leq 8 \quad (3)$$

$$X_{H_v}(i) = I(i, j+1) - I(i, j) \quad 1 \leq i \leq 8, 1 \leq j \leq 16 \quad (4)$$

각각의 값들이 위의 식들에 의해 구하여지면, 각 벡터의 평균값을 빼고 난 후에 다시 표준 편차로 나누어 구해진 각각의 평균화 벡터들을 구한다.

또한 이렇게 구하여진 식들과 원래의 입력 영상 벡터와 일차원으로 연결시킨 벡터를 만든 후 최종적으로 평균화된 값들로 이루어진 최종적인 특성 벡터는 다음과 같다.

$$\hat{Y} = (\hat{X}^t \hat{X}_{ah}^t \hat{X}_{av}^t \hat{X}_{H_h}^t \hat{X}_{H_v}^t)^t \quad (5)$$

여기서  $t$ 는 전치행렬을 나타내며 최종적인 특성벡터의 크기는 512이다. 따라서 [3]에서 이용된 벡터의 크기와 비교해 보면 약 33%정도 감소함을 알 수 있다. 따라서 식 (5)을 통해 구하여진 각각의 얼굴 및 비 얼굴의 특성 벡터를 이용하여 얼굴 및 비 얼굴의 공분산 행렬을 그림 2와 같이 구한다. 각각의 공분산 행렬은 512×

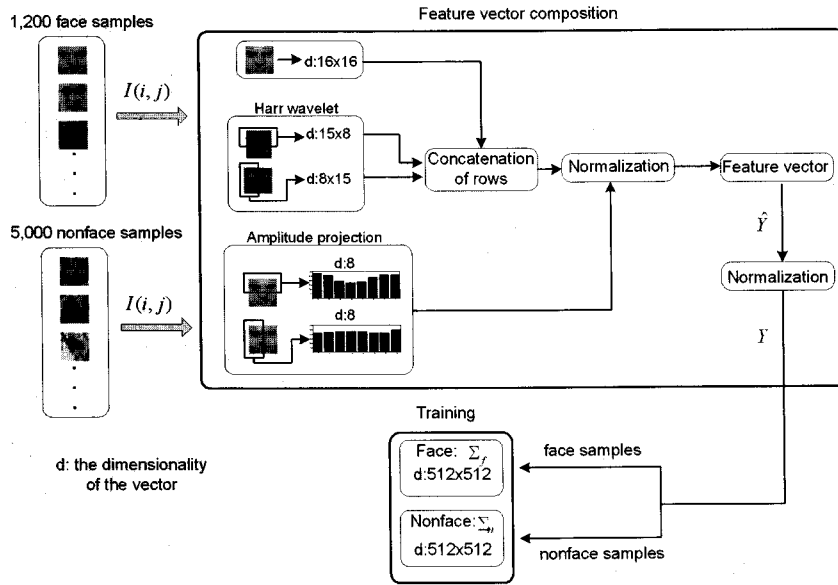


그림 2. 제안한 특성 벡터 검출 알고리즘  
Fig. 2. The block diagram of the proposed method.

512 의 크기를 가진다. 마지막으로 두 경우에 대해서 각각 구하여진 2개의 공분산 행렬을 이용하여 입력 영상과의 조건부 확률을 계산하여 각각의 경우로 분류해 낸다.

### III. 검출된 영상의 분류

두 경우의 각각의 조건부 확률 분포 함수는 다음과 같이 정의된다.

$$P(Y|w_f) = \frac{1}{(2\pi)^{N/2} |\Sigma_f|^{1/2}} \exp\left(-\frac{1}{2}(Y-M_f)' \Sigma_f^{-1} (Y-M_f)\right) \quad (6)$$

$$P(Y|w_n) = \frac{1}{(2\pi)^{N/2} |\Sigma_n|^{1/2}} \exp\left(-\frac{1}{2}(Y-M_n)' \Sigma_n^{-1} (Y-M_n)\right) \quad (7)$$

여기서  $N$  은 입력영상의 크기가 되며 본 논문에서는 512이다. 또한  $M_f$  과  $M_n$  은 얼굴 및 비 얼굴의 평균행렬이며,  $\Sigma_f$  와  $\Sigma_n$  은 각각의 공분산행렬을 나타낸다.

식 (6) 와 (7) 은 다음과 같은 로그 형태의 식으로 변환 될 수 있으며 변환된 각각의 식은 다음과 같다.

$$\ln[P(Y|W_f)] = -\frac{1}{2}((Y-M_f)' \Sigma_f^{-1} (Y-M_f) + N \ln(2\pi) + \ln(|\Sigma_f|)) \quad (8)$$

$$\ln[P(Y|W_n)] = -\frac{1}{2}((Y-M_n)' \Sigma_n^{-1} (Y-M_n) + N \ln(2\pi) + \ln(|\Sigma_n|)) \quad (9)$$

공분산행렬은 주성분 분석법을 통하여 다시 간단하게 재구성될 수 있으며 이러한 방법을 통하여 입력 영상 벡터가, 보다 적은 계산량으로 각각의 조건부 확률이 계산될 수 있다. 각각의 공분산 행렬은 다음과 같은 식으로 재구성된다.

$$\Sigma_f = \Phi_f \Lambda_f \Phi_f', \quad \Phi_f \Phi_f' = \Phi_f' \Phi_f = I_N \quad (10)$$

$$\Sigma_n = \Phi_n \Lambda_n \Phi_n', \quad \Phi_n \Phi_n' = \Phi_n' \Phi_n = I_N \quad (11)$$

여기서,  $\Lambda^f = \text{diag}\{\lambda_1^f, \lambda_2^f, \lambda_3^f, \Lambda, \lambda_N^f\}$  와

$\Lambda^n = \text{diag}\{\lambda_1^n, \lambda_2^n, \lambda_3^n, \Lambda, \lambda_N^n\}$  이다.

식 (10) 와 (11)에서,  $\Phi$  는 직교 고유벡터이고  $\Lambda$  는 대각선 고유 벡터를 나타낸다. 또한  $\Lambda$  는 각각의 요소들 값이 내림차순의 형태로 된다. ( $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq \Lambda \geq \lambda_N$ ). 또한  $I_N$  은 단위행렬을 나타내며 각각의 공분산행렬에서의 주성분은 다음과 같이 정의된다.

$$C_f = \Phi_f' (Y - M_f), \quad C_n = \Phi_n' (Y - M_n) \quad (12)$$

식 (12)에서 각각의 경우, 각 요소값들 중에서  $M$  개

의 성분만으로도 조건부 확률 분포 함수를 큰 오차없이 나타낼 수 있으며, 나머지  $N-M$  개의 성분들은 다음과 같은 식들로 표현 될 수 있다<sup>[5]</sup>. 여기서,  $N$ 은 512이고  $M$ 은 10으로 본 논문에서 설정되었다.

$$\rho_f = \frac{1}{N-M} \sum_{k=M+1}^N \lambda_k^f, \quad \rho_n = \frac{1}{N-M} \sum_{k=M+1}^N \lambda_k^n \quad (13)$$

마지막으로, 식 (8), (9), (10), (11), (12), (13)로부터 얼굴 검출을 위한 식이 다음과 같이 정의된다.

$$\ln[p(Y|W_f)] = -\frac{1}{2} \left\{ \sum_{i=1}^M \frac{C_i^f}{\lambda_i^f} + \frac{\|Y - M_f\|^2 - \sum_{i=1}^M (C_i^f)^2}{\rho_f} \right. \\ \left. + \ln \left( \prod_{i=1}^M \lambda_i^f \right) + (N-M) \ln(\rho_f) + N \ln(2\pi) \right\} \quad (14)$$

$$\ln[p(Y|W_n)] = -\frac{1}{2} \left\{ \sum_{i=1}^M \frac{C_i^n}{\lambda_i^n} + \frac{\|Y - M_n\|^2 - \sum_{i=1}^M (C_i^n)^2}{\rho_n} \right. \\ \left. + \ln \left( \prod_{i=1}^M \lambda_i^n \right) + (N-M) \ln(\rho_n) + N \ln(2\pi) \right\} \quad (15)$$

여기서  $C_i^f$  과  $C_i^n$  은,  $C_f$  및  $C_n$ 의 각각의 성분들을 나타낸다.

또한 각각의 경우에 대한 사후 확률은 베이지 정리에 의해 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$P(W_f|Y) = \frac{P(W_f)p(Y|W_f)}{p(Y)}, \quad P(W_n|Y) = \frac{P(W_n)p(Y|W_n)}{p(Y)} \quad (16)$$

식 (8), (9)과 식(16)으로부터, 입력 영상의 분류는 다음과 같이 정의된다.

$$Y \text{ is } \begin{cases} \text{face} & \text{if } (\sigma_f < 500) \text{ and } (\sigma_f + 50 < \sigma_n) \\ \text{nonface} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (16)$$

여기서  $\sigma_f$ 와  $\sigma_n$ 는 다음 식과 같다.

$$\sigma_f = -\frac{1}{2} \left\{ \sum_{i=1}^M \frac{C_i^f}{\lambda_i^f} + \frac{\|Y - M_f\|^2 - \sum_{i=1}^M (C_i^f)^2}{\rho_f} \right. \\ \left. + \ln \left( \prod_{i=1}^M \lambda_i^f \right) + (N-M) \ln(\rho_f) \right\} \quad (17)$$

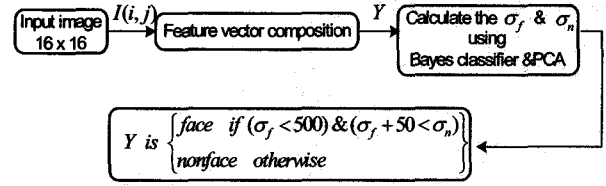


그림 3. 입력 영상 분류 과정

Fig. 3. The process of the face detection.

$$\sigma_n = -\frac{1}{2} \left\{ \sum_{i=1}^M \frac{C_i^n}{\lambda_i^n} + \frac{\|Y - M_n\|^2 - \sum_{i=1}^M (C_i^n)^2}{\rho_n} \right. \\ \left. + \ln \left( \prod_{i=1}^M \lambda_i^n \right) + (N-M) \ln(\rho_n) \right\} \quad (18)$$

그림 3은 얼굴의 분류과정을 나타낸 그림이며, 입력 영상은  $16 \times 16$ 의 크기를 가지며 각기 다른 크기의 얼굴과 회전된 정면 얼굴 검출을 위해서는 정해진 몇 개의 회전각과 크기조정에 의해서, 전체영상의 크기 및 각도 변화가 필요하게 된다.

#### IV. 실험 및 고찰

제안한 알고리즘의 훈련 영상을 만들기 위해서 BioID 데이터베이스에서 검출한 1,200개의 정면 얼굴의 샘플들을 검출하였으며 5,000개의 비 얼굴 샘플들을 자연 영상들로부터 검출하였다.

제안한 알고리즘의 성능을 측정 및 비교하기 위해서, MIT-CMU 테스트 모음 [6]중에서 SET 3 및 자체적으로 촬영한 인물영상을 이용한 성능 측정을 수행하였다. 또한 그림 4에서는  $\sigma_f$ 과  $\sigma_n$ 의 값들의 예를 나타내었다. 그림 4에서 보는 바와 같이  $\sigma_f < 500$ 의 조건을 만족할 때 얼굴의 위치를 찾을 수가 있었지만, 검출 성능의 향상을 위해서  $\sigma_f + 50 < \sigma_n$ 의 조건이 동시에 만

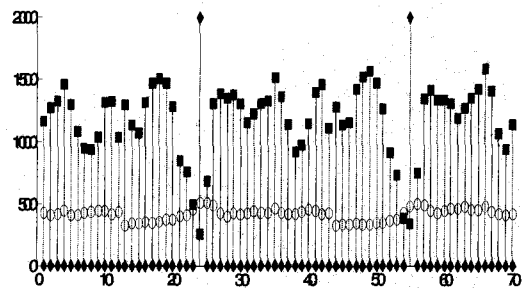


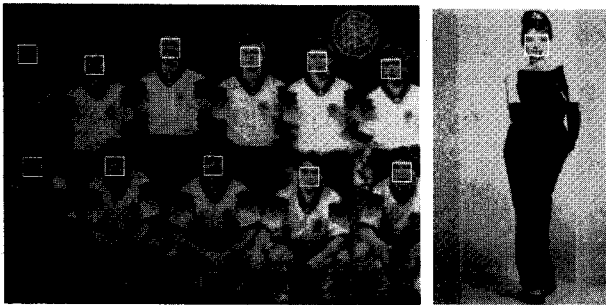
그림 4.  $\sigma_f$ 값과  $\sigma_n$ 값의 예. 네모 모양은  $\sigma_f$ 을, 원 모양은  $\sigma_n$ 값을 각각 나타내고 있다.

Fig. 4. The examples of  $\sigma_f$  and  $\sigma_n$ .

표 1. 제안한 방법의 성능 평가

Table 1. The performance of the proposed and Liu's Methods.

	얼굴 검출	오류 검출	벡터 수	인식률
Liu's	221	1	768	97.4%
Proposed	223	2	512	98.3%



(a)

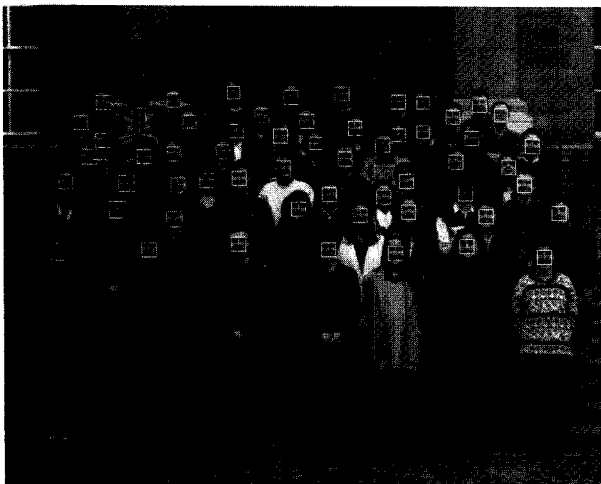
(b)



(c)



(d)



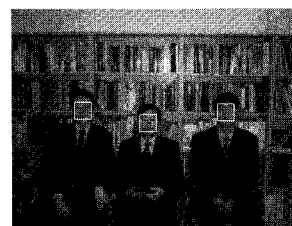
(e)

그림 5. SET 3의 얼굴 검출의 예  
Fig. 5. The results of the SET 3 from MIT-CMU.

족될 때 얼굴 검출을 수행하도록 하였다. 그림 4에서, 최대값을 가지는 두 개의 선은 얼굴 검출의 조건을 만족하며, 얼굴의 위치가 있는 곳을 나타낸다.

여기서 문턱치 값 50은 실험에 의해서 정해진 실험치이다. 또한 각  $\pm 5^\circ, \pm 10^\circ, \pm 15^\circ, \pm 20^\circ$ 에 대한 입력 영상에서의 회전된 얼굴에 대해서 각각 검색하였다. 또한 사이즈의 변화에 따른 얼굴 검출을 위해 각기 다른 입력영상의 크기에 따라 검색하였다.

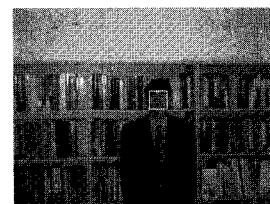
그림 5 및 6은 얼굴 검출의 예를 보여준다. Liu<sup>[3]</sup>의 결과와 비교해보면, 그림 5의 (a)에서 보는 바와 같이 좌측의 하단 부분의 얼굴 영상과 그림 5의 (c)의 왼쪽 상단의 얼굴 영상이 제안한 논문에서는 검출이 되었지만 [3]에서의 방법으로는 검출할 수가 없었다. 하지만 그림 5의 (e)에서 얼굴이 아닌 부분을 얼굴로 인식하는 오류 검출이 발생하였다. 표 1에서는 Liu의 방법과 제안한 방법의 성능 평가를 비교하였다. Set 3 테스트 영상은 80개로 이루어져 있으며 총 227개의 얼굴을 포함하고 있는 실험 영상이며 표 1에서 보는 바와 같이 얼굴 검출율은 Liu의 방법과 비교했을 때 2개의 얼굴을 더 검출해내는 성능을 보였다. 이는 저해상도 또는 노이즈가 많은 영상의 경우에 제안한 방법이 더 우수함을 보여주는 결과이다. 또한 전체 벡터의 크기에 있어서도 많은 감소량을 보여준다. 하지만 그림 5의 (e)와 같이 오류 검출이 하나 더 생김을 알 수 있다. 하지만 전체적인 벡터의 크기와 거기에 따른 계산의 복잡도 및 얼굴 검출의 성능을 비교해 보면 제안한 방법이 더 효율적이



(a)



(b)



(c)

그림 6. 얼굴검출의 예  
Fig. 6. The results of the examples.

며 Liu의 방법보다 저해상도의 영상에 훨씬 강인한 결과를 보여준다. 그림 6은 제안한 방법으로 실험한 영상의 결과이며 밝은 빛에 반사된 안경을 쓴 얼굴들을 잘 검출해 냈음을 알 수 있다. 표 1은 제안한 방법과 Liu의 방법을 비교하여 나타낸 결과이다.

Schneiderman<sup>[7]</sup>등이 제안한 알고리즘과 성능 비교를 위해 SET 3을 이용한 실험 결과는, 실험을 위한 각각의 파라미터 값을 가장 최상으로 조절한 경우 각기 다른 결과 값을 보여 주었으며 얼굴의 검출율이 가장 높을 경우 약 96%의 결과를 보여주었으나 얼굴의 오류검출은 41개나 발생하였으며 제안한 논문이 [7]의 방법보다 우수함을 알 수 있었다.

## V. 결 론

본 논문에서는 노이즈에 강인하면서 특성 벡터의 차수를 줄이기 위한 새로운 특성 벡터 추출법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 1차원 Harr 웨이블릿 및 진폭투사법등을 특성 벡터에 사용하였으며 이렇게 구성된 특성벡터의 크기 및 계산량을 감소시키고자, 수평 및 수직의 얼굴형태 특성을 이용하여 기존의 방법보다 약 33%적은 벡터의 크기로 특성 벡터를 구성하였다.

모의실험 결과 제안한 방법에서는 특성 벡터의 차원은 감소시키면서 비교적 낮은 해상도의 얼굴 검출에서도 좋은 결과를 보여 주었다.

## 참 고 문 헌

- [1] M.H. Yang, N. Ahuja, and D. Kreigman, "Face Detection Using Mixture of Linear Subspaces," Proc.Fifth Int'l Conf.Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 70-76, 2000.
- [2] H.Schneiderman and T. Kanade, "Probabilistic Modeling of Local Appearance and Spatial Relationships for Object Recognition," Proc. Conf. Computer vision and Pattern Recognition, pp.45-51, June 1998.
- [3] C. Liu, "A Bayesian Discrimination Features Method for Face Detection," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 25, no. 6, pp 725-740, June 2003.
- [4] C. Liu and H. Wechsler, "Robust Coding Schemes for Indexing and Retrieval from Large Face Database," IEEE Trans. Image Processing, vol. 9, no. 1. pp. 132-137, 2000.
- [5] B. Moghaddam and A. Pentland, "Probabilistic Visual Learning for Object Representation," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 19, no. 7, pp 696-710, July 1997.
- [6] H. A. Rowley, S. Baluja, and T. Kanade, "Neural Network-Based Face Detection," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 20, no. 1, pp 23-38, Jan. 1998.
- [7] H.Schneiderman and T.Kanade, "Probabilistic Modeling of Local Appearance and Spatial Relationships for Object Recognition," Proc. Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, pp.45-51, June 1998.
- [8] Waring, C.A. and Xiuwen Liu, "Face detection using spectral histograms and SVMs," Systems, Man and Cybernetics, Part B, IEEE Transactions on Volume 35, Issue 3, June 2005 Page(s):467 - 476.
- [9] Jones, S.R. and Capson, D.W., "Two-stage classification using selective attention for fast face detection," Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2005. Proceedings. (ICASSP'05). IEEE International Conference on Volume 5, 18-23 March 2005 Page(s):v/465 - v/468 Vol. 5.
- [10] Rong Xiao, Ming-Jing Li and Hong-Jiang Zhang, "Robust multipose face detection in images," Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on Volume 14, Issue 1, Jan. 2004 Page(s):31 - 41.
- [11] C. Garcia and M. Delakis, "Convolutional face finder: a neural architecture for fast and robust face detection," Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on Volume 26, Issue 11, Nov. 2004 Page(s):1408 - 1423.
- [12] T.Theocharides, G.Link, N.Vijaykrishnan, M.J. Irwin, and W.Wolf, "Embedded hardware face detection," VLSI Design, 2004. Proceedings. 17th International Conference on 2004 Page(s):133 - 138 .
- [13] P.Fonseca and J.Nesvadha, "Face detection in the compressed domain," Image Processing, 2004. ICIP '04. 2004 International Conference on Volume 3, 24-27 Oct. 2004 Page(s):2015 - 2018 Vol. 3.
- [14] Satyanadh Gundimada and Vijayan Asari, "Face detection technique based on rotation invariant wavelet features," Information Technology: Coding and Computing, 2004. Proceedings. ITCC 2004. International Conference on Volume 2, 2004

Page(s):157 - 158 Vol.2.

- [15] Manoj Seshadrinathan and J. Ben-Arie, "Pose invariant face detection," Video/Image Processing and Multimedia Communications, 2003. 4th EURASIP Conference focused on Volume 1, 2-5 July 2003 Page(s):405 - 410 vol.1.
- [16] Ming-Hsuan Yang, D.J. Kriegman, and N. Ahuja, "Detecting faces in images: a survey," Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on Volume 24, Issue 1, Jan. 2002 Page(s):34 - 58.
- [17] Fei Zuo, de With, P.H.N., "Real-time embedded face recognition for smart home," Consumer Electronics, IEEE Transactions on Volume 51, Issue 1, Page(s):183 - 190, Feb. 2005.

## 저 자 소 개



**이 승 익**(정회원)  
 1994년 경북대학교  
 전자공학과 졸업 (공학사)  
 1997년 경북대학교 대학원  
 전자공학과 졸업  
 (공학석사)  
 2001년 Colorado State Univ.  
 대학원 전자공학과 졸업  
 (공학석사)

2005년 3월~현재 경일대학교 전자정보통신  
 공학부 전임강사  
 <주관심분야 : 영상처리, 얼굴인식 및 임베디드  
 시스템>



**원 철 호**(정회원)  
 1998년 경북대학교 전자공학과  
 박사졸업  
 1998년 3월~1998년 11월  
 계명대학교 의공학과  
 연구강사  
 1999년 11월~2002년 2월 Univ. of  
 Iowa, Dept. of Radiology,  
 Post-Doc Fellow

2002년 3월~현재 경일대학교 제어계측공학과  
 조교수  
 <주관심분야 : 의학 영상처리, 생체신호처리, 컴  
 퓨터 비전>



**임 성 운**(정회원)  
 1987년 경북대학교 전자과 졸업  
 (공학사)  
 1991년 경북대학교 대학원  
 전자과 졸업(공학석사)  
 1995년 경북대학교 대학원  
 전자과 졸업(공학박사)  
 1995년 9월~현재 경일대학교 제어계측공학과  
 부교수

<주관심분야 : 전력전자, 센서응용, 컴퓨터응용  
 제어>



**김 덕 규**(평생회원)  
 1973년 2월 경북대학교  
 전자과 졸업(공학사)  
 1977년 8월 경북대학교 대학원  
 전자과 졸업(공학석사)  
 1989년 3월 일본 동경대학교  
 전기공학과 졸업  
 (공학박사)

1980년 3월~현재 경북대학교 전자·전기·컴퓨터  
 공학부 교수  
 <주관심분야 : 영상 및 음향시스템, PFC등>