

# LDA를 이용한 실시간 얼굴인식 시스템 구현

박윤재\*, 김형민\*, 고현주\*\*<sup>0</sup>, 전명근\*\*

\*한국정보통신 교육원

\*\*충북대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학부

[mgchun@chungbuk.ac.kr](mailto:mgchun@chungbuk.ac.kr)

## Real-time Face Recognition System Using the LDA

Yun-Jae Park\*, Hyung-Min Kim\*, Hyoun-Joo Go\*\*<sup>0</sup>, Myung-Geun Chun\*\*

\*Advanced Institute of Information Technology

\*\*School of Electrical and Computer Engineering

Chungbuk National University

### 요약

본 논문에서는 생체인식분야로 얼굴인식이 실제 시스템에서는 어느 정도의 인식률을 가질 수 있으며, 또한 얼굴 인식에서 많이 쓰이는 Fisherface에 Wavelet Transform으로 얼굴인식에서 단점인 대량의 데이터 핸들링을 극복하면서 인식률을 높일 수 있는 방법을 제안하였다. 실제로 원영상을 2차원 이산 웨이블릿 변환을 수행하면 4분의 1의 다운샘플링 된 저주파 영역만 뽑아 사용하므로 원영상을 이용한 Fisherface와 다른 높은 인식률을 보장하면서 데이터양을 줄여 얼굴인식의 데이터 부담을 줄일 수 있었다.

## 1. 서론

데이터의 홍수 속에 살고 있는 우리는 주체성을 잃지 않고 중요한 정보를 안전하게 보호하며, 개인생활을 보장할 수 있는 시스템을 개발하기 위해 활발한 연구를 진행해 왔다. 이에 바이오메트릭(biometric)을 이용한 개인 식별 및 확인을 위한 시스템이 많이 개발되고 있는 상태이다.

이미지 해석 및 이해의 가장 성공적인 응용들 중의 하나인 얼굴인식은 최근, 특히 지난 수년 동안 상당한 관심을 받아왔다. 이러한 이유로 첫 번째, 넓은 범위의 상업적 및 사법적 응용을 들 수 있으며, 두 번째, 30 여년 동안의 연구에 의한 실행할 수 있는 기술들의 이용 가능성이다. 또한, 지문분석과 망막(retinal), 또는 홍채스캔 등은 대상자들(participants)의 협조에 의존하는 반면에 얼굴의 정면 또는 프로파일 이미지들의 분석에 기초하는 개인 식별 시스템(personal identification system)은 대별히 대상자들의 협조나 지식이 없이도 유효하다.

지난 5년여 동안에 얼굴인식은 많은 관심을 받았고 기술적으로 진보하여, 이제는 얼굴인식을 사용하는 많은 상업용 시스템들이 이용이 가능한 수준이다. 특히, 많은 부분의 연구 노력들이 비디오 기반 얼굴 모델링(face modeling), 처리 그리고 인식에 초점을 맞추었다. 얼굴인식이 패턴인식, 이미지 해석과 이해의 가장 성공적인 응용들 중 하나가 되었다고 말하는 것은 과장이 아니다 [1].

얼굴 인식을 위해 가장 잘 알려진 방법들은 eigenface와 fisherface 방법이다. eigenface 방법은 KL(Karhunen-Loeve) 방법으로서 알려진 주성분 분석 기법(Principal Component Analysis : PCA)에 의해 변환된 특징벡터를 이용함으로써 수행되어진다. 이 방법은 얼굴영상 공간을 저차의 특징공간으로 선형적으로 투영하는 것을 기초로 한다. 얼굴인식을 위한 eigenface 방법의 주된 문제점은 PCA가 조명이나 얼굴감정도 인 해 원하지 않는 변동을 보유하기 때문에 저차 기저로부터 차원축소에는 최적의 방법이지만 분류에 있어서는 그렇지 않다는 것이다.

본 논문에서는 실시간 얼굴인식 시스템을 구현하기 위해 PCA보다 배경에 더 강인한 LDA로 시스템을 구현하였으며 또한 얼굴검출 화면에서 배경을 최대한 줄이기 위해 얼굴영역만을 선택하여 크기를 조정하고 또한 데이터 양을 줄이기 위해서 웨이블릿 변환을 사용하는 방법을 제안한다.

## 2. 얼굴 영역 검출

### 2.1 피부색을 이용한 얼굴 검출

각 프레임별 영상에서 얼굴색에 의해 후보 영역들을 이진화 시키고, 이진화 영상에 대해서 Morphology 처리 후, Labeling 하여 특정 가로, 세로비를 가지는 가장 큰 후보영역을 얼굴 부분으로 검출한다.

본 실험에서는 YCbCr의 컬러모형을 이용하여 Cb와 Cr의 범위를 설정하여 범위에 해당하면 피부색 영역으

로 선택, 범위를 벗어나면 배경으로 이진화 하였다.

$$96 \leq Cb \leq 120 \text{ or } 130 \leq Cb \leq 131 \quad (1)$$

$$120 \leq Cr \leq 123 \text{ or } 130 \leq Cr \leq 162 \quad (2)$$

Cb와 Cr이 (1),(2)의 조건을 다 만족하면 이진화한 255의 피부색 영역으로 선택하고 조건을 만족하지 않으면 0의 배경으로 선택한다. 얼굴색이 조명에 의한 영향을 많이 받으므로 RGB 컬러값에 대하여 다음과 같이 정규화 한다. 피부영역에 대하여 다음과 같은 평균값과 공분산 행렬을 구한다.

$$\bar{r} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_i, \quad \bar{g} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g_i \quad (3)$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{rr} & \sigma_{rg} \\ \sigma_{gr} & \sigma_{gg} \end{bmatrix}$$

위의 평균값과 공분산을 이용하여 얼굴후보영역을 추출한 후 수평/수직 비율이 얼굴의 비율과 유사한 영역들을 얼굴 후보영역으로 검출한다. 검출된 얼굴 영역의 위치에 따라서 프레임별로 얼굴의 위치를 계산하여 웹 카메라를 상하 좌우로 이동시켜서 얼굴을 화면의 중앙에 위치하도록 조정한다.

본 실험에서 사용한 카메라는 RS232C통신을 하며 COM1, COM2 포트를 연결하여 카메라 제어를 위한 패킷을 정보를 사용한다.

### 2.2 얼굴 영역 선택

검출된 얼굴 영역의 정보를 바탕으로 160 × 120 크기로 잘라낸다. 본 실험 초기에는 얼굴영역의 중심에서 160 × 120 크기로 잘라내었으나 배경 등의 영향으로 인식률이 떨어져서 얼굴영역으로 자른 후 다시 Resize 하는 방법으로 변경한다.

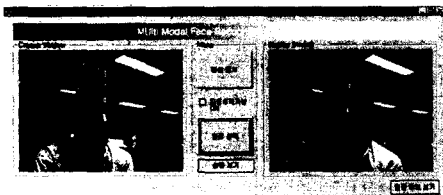


그림 1. 얼굴추적 및 얼굴영역 검출

이미지 Resize는 역방향 매핑의 실제 구현시 해당하는 이미지상의 좌표가 정수가 아니라 실수값인 경우가 많다. 이와 같은 경우 해당 지점의 밝기값의 결정시 주변 정수 지점의 값을 이용하여 이중선형 보간방법을 사용하여 이미지의 크기를 변경한다.

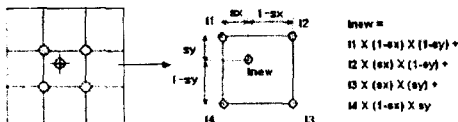


그림 2. 이중선형 보간에 의한 밝기 값의 결정

### 3. 얼굴 인식

#### 3.1 Wavelet을 이용한 얼굴영상 전처리 과정

원영상을 2차원 이산 웨이블릿 변환을 수행하면 4분의 1의 다운 샘플링 된 저주파 영역만 뽑아 사용한다. 실제적인 영상 데이터가 아닌 중요한 특성만 가지고 있는 저주파 영역을 사용하므로 데이터량을 줄일 수 있다. 이는 얼굴인식에서 단점인 대량의 데이터 핸들링을 극복할 수 있다.



그림 3. 얼굴영상을 이용한 Wavelet

#### 3.2 Fisherface(PCA+LDA)를 이용한 얼굴인식

LDA를 사용하기위해 PCA과정을 이용하여 데이터의 차원을 줄인다. 데이터의 최대 분산 방향으로 나타내는 상호직교 기저벡터로 분해하고 이 고유영상의 선형조합으로 입의의 영상을 표현한다[2].

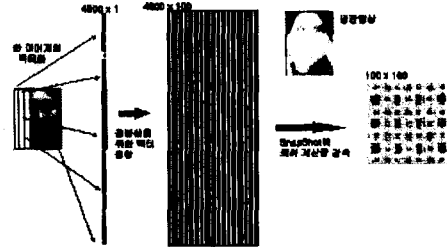


그림 4. 얼굴영상을 이용한 PCA 과정

선형판별 분석(Linear Discriminant Analysis) 클래스 내의 분산을 나타내는 행렬(Within-Scatter Matrix) 식(4)과 클래스간 분산을 나타내는 행렬(Between-Scatter Matrix) 식(5)의 비율이 최대가 되는 선형 변환법이다. 조명이나 표정변화가 있는 얼굴영상에 대해 Eigenfaces 방법보다 우수한 인식성능을 나타낸다[3].

$$S_W = \sum_{i=1}^c \sum_{x \in X_i} (x - m_i)(x - m_i)^T \quad (4)$$

$$S_B = \sum_{i=1}^c n_i (m_i - m)(m_i - m)^T \quad (5)$$

각 클래스의 영상수를  $n_i$ , 전체학습영상을  $p$ 라고 할 때 전체영상  $p$ 의 평균을  $m$ 이라 한다. 이런 선형 판별 분석방법은 클래스 분리를 최대화 시켜주므로, 클래스간의 특징 벡터들을 비교적 정확하게 분류하는 장점이 있다.

클래스 내의 분산을 나타내는 행렬과 클래스간 분산을 나타내는 행렬의 비율이 최대가 되는 행렬 식(6)을 찾는다.

$$W_{opt} = \arg \max \frac{|W^T S_B W|}{|W^T S_W W|} \quad (6)$$

= [w<sub>1</sub>, w<sub>2</sub>, ..., w<sub>m</sub>]: m개의 고유벡터

위식에서 조건(7)을 만족하는 S<sub>B</sub>, S<sub>W</sub>를 찾아서 값이 최대가 되는 W를 찾는다.

$$S_B w_i = \lambda_i S_W w_i, \quad i=1, 2, \dots, m \quad (7)$$

이 고유벡터가 Fisherface 이다. 본 논문에서 매칭 방법으로 이 코드북 행렬값과 입력된 영상의 코드북 값의 유클리디안 거리를 이용한다.

#### 4. 실험 및 결과

학습영상 : 개인별 상, 하, 좌, 우, 정면 5개 카테고리.  
 검증데이터 : 5(개인별) × 18명 = 90 개  
 학습데이터 : 5(개인별) × 18명 = 90 개



그림 5. 개인별 학습영상 데이터

본 논문에서 실험결과는 정지영상과 실시간 영상의 인식으로 결과를 검증하였다.

Wavelet + PCA Test recognition 에서 정지영상 때 고유벡터 수에 따른 인식률은 표 1과 같이 나타낼 수 있다.

| Eigen vector num | rate(%) |
|------------------|---------|
| 30               | 87.69   |
| 25               | 89.23   |
| 20               | 89.23   |

표 1. 정지영상 PCA 인식률

우리가 제안한 방법은 실시간에서 얼마나 인식이 가능한가를 시스템을 구현하여 실험을 하였다. 예상과 같이 실시간에서는 주위환경에 따라 PCA의 단점인 조명의 차이에 의해 인식률이 많이 떨어졌다.

$$\text{Real-Time Reconition rate} = 62.0 (\%) \quad (8)$$

Wavelet + PCA Test recognition 에서 정지영상 때 고유벡터 수에 따른 인식률은 표 2과 같이 나타낼 수 있다.

| Eigen vector num | Fisherface num | rate(%) |
|------------------|----------------|---------|
| 30               | 10             | 95.38   |
| 30               | 9              | 96.92   |
| 25               | 8              | 89.23   |

표 2. 정지영상 PCA+LDA 인식률

표 2와 같은 조건에서 LDA를 실시간 인식할 때  
 Real-Time Reconition rate = 70.0 (%) (9)

우리가 제안한 방법은 실험에서도 알수 있듯이 PCA의 실시간 얼굴인식 보다 LDA가 더 배경에 강인함을 알 수 있다.

#### 5. 결론

PCA를 실시간으로 해본 결과 정지영상에서는 인식률이 높게 나오는 것을 알 수 있다. 하지만 실시간으로 영상을 입력받아서 PCA를 사용하면 실험 결과에 나타나듯이 인식률이 현저히 떨어지는 것을 볼 수 있다. 하지만 우리가 제안한 LDA를 실시간으로 사용해 본 결과 만족스런 인식률은 얻지는 못했지만 PCA보다 인식률이 상승한 것을 알 수 있다.

본 실험으로 실제로 시스템을 구현하여 실생활에 사용하기 위해서는 얼마나 강인하게 영상을 취득하느냐가 인식을 크게 좌우한다는 것을 알 수 있다. 또한 웨이블릿을 사용함으로써 실제 사용 시 데이터 학습의 양과 제품화를 했을 때 속도적인 면에서 성능을 발휘 할 수 있다는 것을 검증하였다.

본 논문에서 실행한 실험에는 많은 한계들이 있다. 보다 실시간 얼굴인식 접근을 위해서는 향후 제안방법보다 더 배경에 강하고 실시간으로 영상을 받을 때 조명의 효과를 줄일 수 있는 방법과 더 많은 얼굴데이터를 사용한 인식률 대한 집중 연구가 다음의 과제이다.

#### 감사의 글

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

#### 6.참고문헌

- [1] 박상용, 이창우, 이연철, 김항준 "주성분분석을 통한 실시간 얼굴 검출 및 추적". 정보처리학회 춘계학술대회 학술발표 논문집. 2002. 04
- [2] EunHye Hong, ByoungChul Ko, Hyeran Byun "PCA와 LDA를 이용한 실시간 얼굴 검출". 정보처리학회 춘계학술대회 학술발표 논문집. 2002. 19
- [3] 전명근 "얼굴인식". 한국정보통신 교육원. 2002
- [4] Face Recognition : A Literature Survey, W.Zhao et all.
- [5] Face Detection : A Survey, Erik Hjelmas et all.
- [6] Hyun-Chul Kim, Daijin Kim and Sung Yang Bang, "Extensions of LDA by PCA Mixture Model and Class-wise Features," Pattern Recognition, Vol. 36, pp. 1095-1105, 2003.
- [7] P. N. Belhumeur, J. P. Hespanha, D. J. Kriegman, Eigenfaces vs. Fisherfaces recognition using class specific Linear Projection, IEEE Trans. on Patten Analysis Machine Intelligence, Vol. 19, NO. 7, pp. 711-720, 1977.