

퍼지 융합을 이용한 다중생체인식 시스템 구현

양동화**, 김형민*, 고현주**, 전명근**

*한국정보통신 교육원

**충북대학교 전기전자컴퓨터 공학부

e-mail: mgchun@chungbuk.ac.kr

Multi-Modal Recognition System Using the Fuzzy Fusion

Dong-Hwa Yang**, Hyung-Min Kim*, Hyoun-Joo Go**, Myung-Geun Chun**

*Advanced Institute of Information Technology

**School of Electrical and Computer Engineering

Chungbuk National University

요 약

본 논문에서는 사람의 얼굴과 지문을 이용하여 실시간 다중 생체인식 시스템 구현을 제안하였다. 얼굴인식에서는 이미지의 크기를 축소하기 위해 Wavelet Transform을 이용하였으며, 특징 값을 찾아내기 위한 방법으로는 얼굴 인식에서 많이 사용되는 LDA(Linear Discriminant Analysis)를 이용하였다. 또한, 지문인식에서는 지문의 중심점을 찾아 가버 변환을 하고, 이로부터 섹터별 변량을 특징 값으로 사용하였으며, 인식 성능을 향상시킬 수 있는 상관도가 높은 지문 3개를 기준 데이터로 등록하였다. 마지막 단계로 두 가지의 생체정보를 모두 사용할 수 있도록 퍼지를 이용하여 얼굴인식의 결과와 지문인식의 결과를 융합하였으며, 단일 생체정보를 이용했을 때의 단점을 다중 생체인식 시스템을 구현함으로써 우수한 성능을 보이는 시스템을 구현하였다.

1. 서론

다중생체인식 시스템은 단일 생체인식 기술의 한계를 극복하고자 단일 생체인식 장단점을 고려하여 두 가지 이상의 생체인식 기술을 혼합하는 기술이다. 이중 가장 많이 연구되고 있는 분야는 지문과 얼굴, 지문과 음성, 지문과 홍채 등이며, 일반화된 생체특징을 조합으로 사용하고 있다[1]. 이와 같은, 다중 생체인식 시스템은 개별적으로 성능이 우수한 분류기나 모듈을 조합한다고 해서 탁월한 결과를 기대할 수 있는 것이 아니고, 시스템의 설계과정에서 상호 보완성이 좋은 모듈들의 조합으로 이루어진다고 볼 수 있다.

본 논문에서는 사람의 얼굴과 지문을 이용한 다중 생체인식 시스템을 제안하기 위해, 얼굴인식에서는 이미지의 크기를 축소하기 위한 Wavelet Transform을 이용하였다. 또한, 특징 값을 찾기 위한 방법으로는 얼굴인식에서 많이 사용되는 LDA(Linear Discriminant Analysis)를 이용하였다. 지문인식에서는 지문의 중심점을 찾아 가버 변환을 하고, 이로부터 섹터별 변량을 특징 값으로 사용하였다. 융합과정에서는 퍼지를 이용하여 얼굴인식의 결과와 지문인식의 결과를 융합하였다 이와 같은 방법은 지문인식의 정확성과 얼굴인식의 빠른 인식속도를 결합하여 보다 나은 인증 서비스를 제공하고 이중 안전보안으로 보안성이 향상된 시스템을 구축하고자 한다.

제안한 알고리즘의 유용함을 보이기 위해 2장에서

얼굴 영역을 검출하는 과정 및 얼굴인식에 대해 설명하였으며, 3장에서는 지문인식에 대해 설명하였다. 4장에서는 Fuzzy를 이용한 융합방법에 대해 설명하였으며, 5장에서는 실험 및 결과와 6장에서는 결론을 논하였다.

2. 얼굴 검출

각 영상의 프레임에 대해 얼굴색을 이용하여 후보영역들을 이진화 시키고, 이진화 영상에 대해서 Morphology 처리한다. 이후, Labeling하여 가로, 세로의 비가 가장 큰 후보영역을 얼굴 부분으로 검출한다.

본 실험에서는 YCbCr의 컬러모형을 이용하여 Cb와 Cr의 범위를 설정하여 설정범위에 해당하는 영역을 피부색 영역으로 선택하고 범위를 벗어나면 배경으로 이진화 하였다.

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

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

이때, C_b 와 C_r 이 식 (1), (2)의 조건에 만족하면 이진화한 1의 피부색 영역으로 선택하고 조건을 만족하지 않으면 0의 배경으로 선택한다.

얼굴색이 조명의 영향을 많이 받으므로 RGB 컬러 값에 대하여 다음과 같이 정규화 한다.

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

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

위의 평균값과 공분산을 이용하여 얼굴 후보영역을 추출한 후 수평/수직 비율이 얼굴의 비율과 유사한 영역들을 얼굴 후보영역으로 검출한다. 검출된 얼굴 영역의 위치에 따라서 프레임별로 얼굴의 위치를 계산하여 웹카메라를 상하 좌우로 이동시켜서 얼굴을 화면의 중앙에 위치하도록 조정한다. 본 실험에서 사용한 카메라는 RS232C통신을 하며 COM1, COM2 포트를 연결하여 카메라 제어를 위한 명령어들을 사용한다.

검출된 얼굴 영역의 정보를 바탕으로 160×120 크기로 잘라낸다. 본 실험 초기에는 얼굴영역의 중심에서 160×120 크기로 잘라내었으나 배경 등의 영향으로 인식이 떨어지서 얼굴영역으로 자른 후 다시 Resize하는 방법을 사용하였다.



그림 1. 얼굴추적 및 얼굴영역 검출

이미지 Resize는 역방향 매핑의 실제 구현시 해당 하는 이미지상의 좌표가 정수가 아니라 실수 값인 경우가 많다. 이와 같은 경우 해당 지점의 밝기 값의 결정시 주변 정수 지점의 값을 이용하여 이중선형 보간 방법을 사용하여 이미지의 크기를 변경하였다.

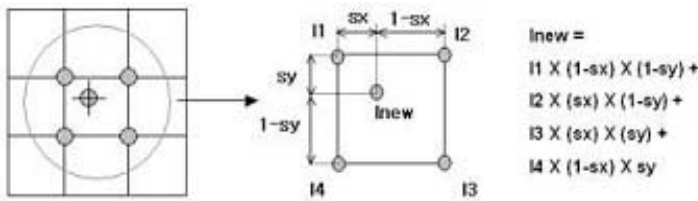


그림 2. 이중선형 보간에 의한 밝기값의 결정

2.1 Fisherface(PCA+LDA)를 이용한 얼굴인식

원영상을 2차원 이산 웨이블릿 변환을 수행하면 4분의 1의 다운 샘플링 된 저주파 영역만 뽑아 낼 수 있으며, 본 논문에서는 저주파 영역만을 사용한다. 이는, 실제적인 영상 데이터가 아닌 중요한 특성만 가지고 있는 저주파 영역을 사용하므로 데이터량을 줄일 수 있다.

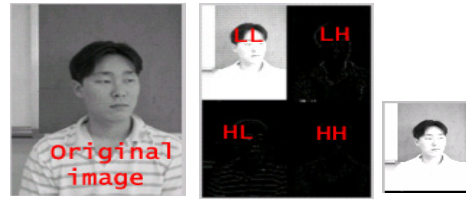


그림 3. 얼굴영상을 이용한 Wavelet

LDA(Linear Discriminant Analysis)를 사용하기 위해 PCA(Principal Component Analysis)과정을 이용하여 데이터의 차원을 줄인다. 데이터의 최대 분산 방향으로 나타내는 상호직교 기저벡터로 분해하고 이 고유영상의 선형조합으로 임의의 영상을 표현한다[2].



그림 4. 얼굴영상을 이용한 PCA 과정

LDA는 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. 이는 조명이나 표정 변화가 있는 얼굴영상에 대해 PCA 방법 보다 우수한 인식성능을 나타내고 있다[3].

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

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

여기에서, n_i 는 각 클래스의 영상 수를 나타내며, P 를 전체학습영상이라 할 때, 전체영상의 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 행렬은 식(6)과 같다.

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

$$= [w_1, w_2, \dots, w_m]: m \text{개의 고유벡터}$$

위 식에서 이 조건(7)을 만족하는 S_B, S_W 를 찾아서 값이 최대가 되는 W 를 찾는다.

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

위와 같이, 등록과정에서의 특징 벡터를 코드북으로 하고 매칭과정에서는 인식과정에서 입력된 영상의 특징 값과 코드북 간의 유클리디안 거리를 이용하여 최

소의 값을 갖는 대상을 인식한다.

3. 지문 특징량 추출과정

지문입력기로부터 입력되는 지문은 피부의 습도, 센서 표면과 압력 및 센서 특징에 의하여 그 영상 상태는 매 획득 시마다 상태가 달라진다. 이러한 차이를 극복하고 최소화하여 영상을 균질화 하는 것을 목적으로 한다.

$$G(i, j) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{VAR_0(I(i, j) - M^2)}{VAR}} & \text{if } I(i, j) > M \\ M_0 - \sqrt{\frac{VAR_0(I(i, j) - M^2)}{VAR}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

식 (8)에서 $I(i, j)$ 는 i, j 위치에서의 256 계조도이고, M, VAR 는 영상 I 에서의 평균과 편차이다. $G(i, j)$ 는 균질화된 i, j 위치에서의 256 계조도를 의미하고 M_0, VAR_0 는 목표로 하는 평균과 편차이다.

특징량을 추출하는 방법으로 8개 각도 ($0^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ, 90^\circ, 112.5^\circ, 135^\circ, 157.5^\circ$)의 Gabor 필터를 이용한다. Gabor 필터의 적용목적은 융선 구조를 강하게 하면서 잡음을 제거하고 이미지에서 특별한 방향성 정보를 얻는데 있다. 분할된 섹터 내의 그 방향에서 융선의 존재를 발견한다[9].



그림 5. 원영상과 가버 필터한 영상

지문 융선의 방향성 계산은 지문 영상을 작은 크기의 블록으로 나누고 그 블록의 대표방향을 결정하는 것이다. 계산된 대표 방향은 블록내의 모든 위치에서의 방향성을 대표한다. 본 알고리즘에서 방향성을 구하는 이유는 섹터를 나누기 위한 중심을 찾기 위함이다. 중심을 찾는 방법은 계산된 방향성을 가지고 Y축의 변화가 많은 지역을 중심 예상지역으로 정하고 바로 전 픽셀과 중심예상으로 정한 픽셀 그리고 다음 픽셀을 비교한 후 변화가 가장 많은 부분을 중심으로 선택한다[10].

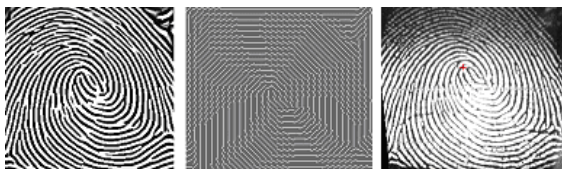


그림 6. Gabor 영상(좌), 방향성 영상(중), 중심점표시(우)

3.1 상관계수를 이용한 지문 인식과정

위와 같은 방법으로 찾은 중심점에서 30픽셀 90° 수

직으로 내려 참조점으로 한다. 이때, 참조점을 사용하는 이유는 사람의 지문에서 중요한 정보를 가지고 있는 코어부분의 정보 손실을 막기 위함이다. 가버 필터를 필터링한 8방향과 같은 방향만큼 참조점에서 참조축을 기준으로 섹터를 분할한다. 섹터를 분할하는 방법은 참조점을 기준으로 반지름이 12인 동심원 5개를 참조축에 22.5° 씩 16개의 섹터를 분할하며, 안쪽동심원부터 Polar Mapping을 하여 섹터별 평균과 분산을 구하여 그 변량을 80개의 배열에 저장한다.

하나의 지문에 대한 총 섹터의 합은 $5 \times 16 = 80$ 개가 되며, 각 섹터별 변량을 특징 값으로 코드북을 구성하게 되며, 인식과정에서는 입력받은 지문에 대해 등록과정에서와 같이 특징 값을 산출하여 기존에 만들어진 코드북과 상관도를 계산하여 상관관계가 높은 등록 지문을 선택한다.

$$r = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sigma_x \sigma_y} \quad (9)$$

상관계수 r 는 X 와 Y 의 공분산을 X 와 Y 각각의 표준편차의 곱으로 나눔으로써 계산되며, \bar{X}, \bar{Y} 는 평균값이다. 지문 코드북에는 한사람당 3장씩 지문이 이미 등록되어있고 지문을 정합한 후 상관계수가 높은 지문 3개를 얼굴 인식부에서 얻어진 매칭정보와 함께 융합 부에서 Fuzzy를 이용하여 융합한다.

4. Fuzzy를 이용한 융합

본 논문에서 사용한 퍼지 융합 방법은 각 얼굴과 지문의 결과에 대한 소속 함수로써 지문의 상관계수, 얼굴의 유클리디언 거리를 나타내기 위해 Sigmoid Membership function을 사용한다. 이 함수의 수식은 아래와 같다.

$$F(x) = 1 / (1 + \exp^{-A \times (x - C)}) \quad (10)$$

여기에서 A 는 가변 폭을 나타내며 C 는 중심 값을 말한다. 실제 구현된 시스템에서는 각 얼굴과 지문의 입력 값에 대한 소속도 결과 값에 대하여 지문과 얼굴에서 후보 입력 값들을 각각 3개씩 입력해서 각 후보자에 대해서 출력 값들의 합을 계산하고 그 중 가장 큰 값을 인식된 사람으로 결정한다.

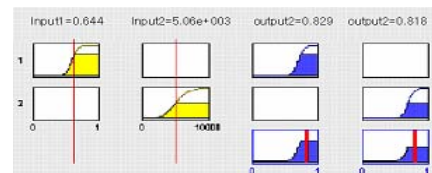


그림 7. 퍼지 융합

입력은 위에서 나타내듯이 지문의 상관계수와 얼굴의 유클리디언 거리이며 출력은 각 지문, 얼굴의 소속도 값이다. 그림 7에서 입력, 출력 값은 퍼지 Rule에 따라

Rule 1 :: If input1 is mf(1) then output is mf(1)

Rule 2 :: If input2 is mf(1) then output is mf(1)

융합에서는 Rule 1, 2 에서 얻어 소속도 값의 합을

후보 실험자 별로 얻어서 가장 큰 값을 인식자로 결정한다.

5. 실험 및 결과
5.1 얼굴인식 결과

본 실험에서는 학습영상을 개인별 상, 하, 좌, 우, 정면의 5개의 카테고리로 나누고 오프라인 인식은 증데이터 90개와 학습데이터 90개로 실험하였으며 실시간 온라인 인식은 카메라로부터 들어온 영상을 사용하여 미리 저장된 데이터와 비교 검증한다.

LDA를 이용한 검증 결과 오프라인 영상 일 때 고 유벡터 수에 따른 인식률은 표 1과 같이 나타낼 수 있다.

Eigenface 갯수	Fisherface 갯수	인식률(%)
30	10	95.38
30	9	96.92
25	8	89.23

표 1. 오프라인영상 LDA 인식률

표 1와 같은 조건에서 LDA를 실시간 온라인 인식 할 때 70.0 %의 인식률이 나타냄을 알 수 있다.

5.2 지문인식 결과

지문의 데이터는 19명의 임의대로 회전과 변화를 주어 획득한다. 이 결과 회전이 25°이상인 경우와 지문을 살짝 날린 지문과 중심 이동이 많은 경우, 지문이 상한경우로 인해서 오인식이 20%에 가깝게 나타났다.



그림 8. 오인식의 원인이 되는 지문영상들 (중심 변화가 심한 지문 과 손상된 지문)

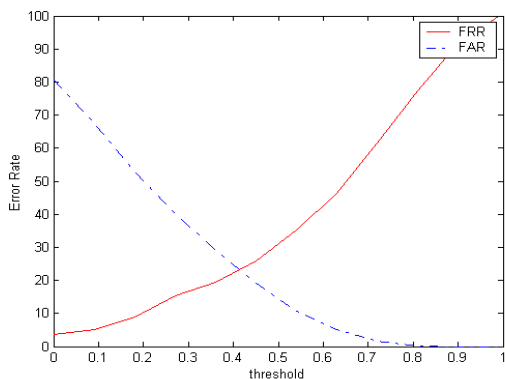


그림 9 FRR, FAR 그래프

6. 결론

본 실험에서는 얼굴과 지문을 이용한 다중생체인식 시스템을 제안하기 위해, 단일 생체를 이용한 시스템

을 구현하였다. 이를 위해, 얼굴인식에서는 Wavelet Transform과 LDA를 이용한 실시간 시스템을 구현하였으나 조명과 배경에 민감한 반응을 보임을 알 수 있었다. 또한 지문인식에 있어서 특징점 알고리즘의 인식률과 많은 차이가 나지 않는다는 것을 알 수 있었으나, 다양한 실험을 하기에는 한계가 있었다. 뿐만 아니라, 시스템을 실시간으로 구현하는 경우 인식률의 저하와 코어 없는 지문이나 많이 손상된 지문 등으로 인해 오인식을 할 경우가 많음을 확인할 수 있었다. 이처럼, 얼굴인식과 지문인식 시스템을 이용하여 다중생체인식 시스템을 제안함으로써 단일 생체인식 시스템 보다 더 성능이 향상된 인식을 보이는 시스템을 구현할 수 있었다. 이는 단일 생체만을 이용한 경우 주위의 환경 조정에 민감한 반응을 보였던 문제를 상호 보완하여 해결할 수 있는 방법이 되었다.

향후, 좀더 다양한 환경과 조명의 변화가 있는 공간에서 더 많은 대상자를 실험으로 알고리즘의 개선이 요구된다.

감사의 글

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

7. 참고 문헌

- [1] L. Hong and A. Jain, "Integrating Face and Fingerprints for Personal Identification", Proc. of Asian Cof. on Computer Vision, pp. 16-23, IEEE Tr. on PAMI, Vol. 20, No. 12, pp. 1295-1307, 1998
- [2] 박상용, 이창우, 이연철, 김향준 "주성분분석을 통한 실시간 얼굴 검출 및 추적". 정보처리학회 춘계학술대회 학술발표 논문집. 2002. 04
- [3] EunHye Hong, ByoungChul Ko, Hyeran Byun "PCA와 LDA를 이용한 실시간 얼굴 검출". 정보처리학회 춘계학술대회 학술발표 논문집. 2002. 10
- [4] 전명근 "얼굴인식". 한국정보통신 교육원. 2002
- [5] Face Recognition : A Literature Survey, W.Zhao et all.
- [6] Face Detection : A Survey, Erik Hjelmas et all.
- [7] 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.
- [8] P. N. Belhumeur, J. P. Hespanha, D. J. Kriegman, Eigenfaces vs. Fisherfaces recognition using class specific Linear Projection, IEEE Trans. on Pattern Analysis Machine Intelligence, Vol. 19, NO. 7, pp. 711-720, 1977.
- [9] 심현보, 박영배 "Gabor 필터를 이용한 지문 인식" Final Report 18-551 (Spring 1999)
- [10] Markus Adhiwiyogo, Samuel Chong, Joseph Huang, Weecheon Teo, "Fingerprint Recognition"
- [11] 김학일, 안도성, 류춘우 "지문인식" 한국정보통신 교육원. 2002