

홍채인식과 얼굴인식을 이용한 다중생체인식

유병진*, 고현주*, 권만준*, 전명근*

*충북대학교 전기전자컴퓨터공학부

e-mail: mgchun@chungbuk.ac.kr

Multi-Modal Biometrics Recognition Using the Iris Recognition and Face Recognition

Byoung-Jin You*, Hyoun-Joo Go*, Man-Jun Kwon*, Myung-Geun Chun*

*Chungbuk National University School of Electrical and
Computer Engineering

요 약

본 연구는 기존 단일 생체인식의 단점을 보완하기 위해 다중생체인식(Multi-Modal Biometrics Recognition)기법을 연구한 것으로, 홍채영상을 이용한 홍채인식과 얼굴영상을 이용한 얼굴인식을 융합하기 위해 다양한 방법을 시도해 보았다. 이에, CBNU 홍채 영상데이터를 사용한 홍채인식은 Gabor Wavelet과 FLDA(Fuzzy Linear Discriminant Analysis)를 이용하였으며, FERET 얼굴영상데이터를 사용한 얼굴인식도 FLDA를 이용하여 패턴의 특징을 추출하고 matching에 따른 score를 각각 획득한다. 얻어진 두 score 값에 대하여 다양한 균등화과정을 사용해 보았으며, 다중생체인식 융합방법중 하나인 Weight sum rule을 적용하여 인식률을 얻었다. 또한, 단일 생체인식의 경우보다 좋은 성능을 나타냄을 확인하기 위해 FRR과 FAR등의 인식률 평가방법을 사용하였으며, 기존 단일생체인식 방법보다 좋은 성능을 보이고 있음을 확인할 수 있었다.

1. 서론

생체 인식 기술은 인터넷의 발달로 인터넷 뱅킹과 같은 금융서비스, 기업 등의 중요한 자료에 대한 정보 보호, 안전한 전자정부 구축 등에 신뢰성을 제공하는 핵심 기술로 발전하고 있다. 생체 인식 기술은 기존에 사용하던 보안기술 보다 안전함과 편리함, 그리고 신뢰할 수 있는 인식 성능으로 최근들어 많은 각광을 받고 있다. 이에 생체정보로는 홍채, 얼굴, 지문, 음성, 서명 등을 사용할 수 있으며, 단일 생체 특징에 의한 인식 기술로 만족시킬 수 없는 사항들이 발생함에 따라 두가지 이상의 생체정보를 이용하여 성능을 향상시킬 수 있는 다중생체인식 기술이 활발하게 연구되어 지고 있다[1].

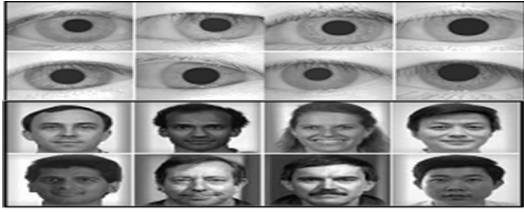
얼굴은 사용자의 편의성 측면에서 가장 탁월한 시스템으로 값비싼 생체정보 입력장치를 필요치 않으며, 지문이나 홍채와 같은 다른 인식 방법들이 더 정밀할 수 있음에도 불구하고 이용자들에게 거부감 없이, 자연스럽게 직관적으로 보이기 때문에 주요한 연구 개발 대상으로 많은 연구중에 있다. 그러나, 조명이나 카

메라와의 거리등에 따라 인식률이 변하거나, 얼굴의 각도, 표정, 나이에 따라 안면의 모양은 계속 변하기 때문에 실용화하기 어려운 단점이 있다.

홍채는 각막과 수정체 사이에 존재하는 것으로 안구의 전방에 있으며 이것의 가운데에 있는 등근 구멍이 동공이다. 홍채의 앞면은 불규칙한 기본을 가지며, 동공연(pupillary margin)의 가까이에 융기된 원형의 패턴이 존재하는데, 이를 권축륜이라 하며 지문과 마찬가지로 태어날 때 한번 정해지면 평생 변화하지 않는다. 그러나 조명을 느끼는 순간의 상태에 따라 동공의 지름이 달라지고 이로 인해 추출되는 데이터의 개수와 위치가 달라질 수 있으므로 조명의 변화가 있는 곳에서는 문제가 있을 수 있다[2].

본 논문에서는 이러한 단일 생체인식의 단점을 보완하기 위한 방법으로 얼굴과 홍채영상을 통해 다중생체 인식에 적용하였다. 얼굴인식과 홍채인식에서 사용된 특징추출 알고리즘은 FLDA로 기존에 많이 연구되어진 PCA와 LDA에 비해 좋은 성능을 나타낼 수 있었다. 사용되어진 데이터는 FERET 얼굴

데이터와 CBNU 홍채데이터를 사용하였으며, 그림 1은 FERET 얼굴데이터와 CBNU 홍채데이터의 일부를 보이고 있다.



(그림1) 8개의 홍채와 얼굴 데이터

2. 홍채와 얼굴영상을 이용한 개인 인증 알고리즘

2.1 홍채인식

Gabor Wavelet은 방향성 및 주파수 선택의 특징을 갖는 밴드패스 필터로 공간주파수 도메인에서 최적의 집합 분석력을 갖고 있다. 그림 2는 Gabor Wavelet을 사용한 후의 홍채영상으로, 본 연구에서는 4개의 방향(0도, 45도, 90도, 135도)의 Gabor Wavelet을 사용하였다.[3]



(그림 2) Gabor Wavelet(0도, 45도, 90도, 135도) 변환 후의 영상

일반적으로 홍채영상은 매우 고차원의 패턴으로 표현되기 때문에 특징 추출과 분류를 위해서는 저차원의 데이터로 표현되는 것이 요구된다. 선형판별분석기법(LDA)은 클래스 내의 분산을 나타내는 행렬(Within-Scatter Matrix)과 클래스 간 분산을 나타내는 행렬(Between-Scatter Matrix)의 비율이 최대가 되도록 하는 선형 변환 방법으로, PCA 방법은 영상 공간에서 저차원의 특징 공간으로의 선형 사영을 기초로 하므로 전체 데이터베이스의 모든 홍채 영상을 최대화하는 사영 방향을 찾아낸다. 그러나 조명 조건과 동공의 크기 변화로 생기는 원하지 않는 변화도 포함되게 되므로 PCA 방법은 저차원의 기저벡터로부터 복원을 하는 관점에서는 최적의 방법이지만 조명이나 크기변화가 있는 영상의 식별, 인식에서는 LDA가 우수한 인식성능을 나타내고 있다[4].

퍼지 집합은 소속함수 $\mu: U \rightarrow [0, 1]$ 에 대한 특성함수의 개념을 일반화함으로서 유도되어진다. 주성분 분석기법에 의해 변환된 특징벡터의 집합 $X=(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_N)$ 이 주어질 때 이 벡터들의 퍼지 분할 행렬은 c 클래스에서 각 벡터의 소속도로서 특성화되며, $c \times N$ 의 행렬 U 로 표현한다. 여기서 $\mu_{ij} = \mu_i(\mathbf{x}_j)$

$i=1,2,\dots,c$, $j=1,2,\dots,N$ 는 클래스 i 에서 \mathbf{x}_j 의 소속도이다. 퍼지 분할 행렬 U 은 다음과 같은 식들을 만족해야 한다.

$$\sum_{i=1}^c \mu_{ij} = 1 \quad (1)$$

$$0 < \sum_{j=1}^N \mu_{ij} < N \quad (2)$$

$$\mu_{ij} \in [0, 1] \quad (3)$$

c 클래스에서 특징 벡터의 퍼지 소속도의 합은 항상 1이어야하며, 두 개의 클래스의 경우를 예로 들면 0.5 근처의 소속도는 두 클래스에서 높은 소속도를 가짐을 의미한다.[5]

2.2 얼굴인식

얼굴인식에 주로 사용되어지는 통계적인 패턴인식 방법에는 주성분분석기법(PCA), 선형판별분석기법(LDA), 독립성분분석기법(ICA)등이 사용되어지고 있다. PCA는 다 변수 선형 데이터 분석에서 잘 알려진 기법이며 주된 개념은 데이터의 최대 분산 방향을 나타내는 상호직교 기저 벡터의 집합을 찾는 것을 목적으로 하고, LDA는 분류를 위해 최적의 투영을 찾는 방법 중의 하나이다. 투영된 분산을 최대화하는 투영을 찾기보다는 LDA는 BCS(Between-Class Scatter)행렬과 WCS(Within-Class Scatter) 행렬의 비가 최대가 되는 최적의 투영 행렬을 찾는 것이다. ICA는 2차 모멘트뿐만 아니라 고차 모멘트까지 학습하는 PCA의 일반화된 알고리즘으로 볼 수 있다. PCA는 직교성(Orthogonality)을 가지는 방향벡터로 제한하며, 오직 2차까지만 독립성을 부여할 수 있는 반면, ICA는 출력벡터의 개별적인 성분에 관해 통계적인 독립성을 부여하여 직교성의 제한 조건을 가지지 않는다.

본 논문에서는 빛이나 표정변화 및 얼굴의 각도 변화에 강인한 것으로 평가 받고 있는 LDA(Linear Discriminant Analysis)에 기반한 Fuzzy LDA를 제안한다. 이 때, 얼굴 이미지의 차원축소를 위해 PCA를 사용한다. 얼굴인식에 사용되어진 Fuzzy LDA는 위의 홍채인식과 동일한 과정으로 수행되어진다.[6]

3. 홍채인식과 얼굴인식을 이용한 다중 생체인식

다중생체인식기법은 단일생체인식기법으로부터 얻은 각각의 특징값으로부터 균등화 과정을 거쳐 융합하는 것으로, 저장하고 있는 템플릿(학습데이터에 의한 템플릿)과의 매칭값을 통해 수용/거부의 여부를 결정하는 방법이다. 이때, 융합하는 시점에 따라, 특

징추출 단계에서의 융합하는 방법이 있을 수 있고, 각각 단일 생체인식 시스템에서 얻어진 매칭값을 융합함으로써 수용/거부의 여부를 결정하는 방법이 있을 수 있으며, 융합후의 과정에서 수용/거부의 결과를 결정하는 방법이 있을 수 있다[7]. 본 논문에서 제안한 다중생체인식 시스템은 두 번째로 언급한 방법으로 단일 생체인식 시스템의 매칭값을 균등화 과정을 거친 후 가중치 합(Weight sum rule) 방식을 적용하여 최종 결과를 얻는 시스템으로 구현하였다.

이때, 균등화 방법으로는 Z-Score, Min-Max, Median and Median Absolute Deviation, Tanh Estimator, Decimal Scaling 등이 있으며, 본 논문에서는 가장 일반적으로 사용되고 있는 Z-Score 방법으로 평균과 표준편차를 이용하며 식(4)와 같이 균등화하였다[8].

$$s' = \frac{s - \min(s_k)}{\max(s_k) - \min(s_k)} \quad (4)$$

위 식에서 s 는 주어진 샘플 집단의 매칭값을 나타낸 것이며, 가중치합 방식은 두 개 이상의 데이터 값 융합에 일반적으로 쓰이는 방식으로, 두가지의 데이터 중 신뢰성이 높은 데이터에 높은 가중치를 주고 신뢰성이 낮은 경우에도 버리지 않고 낮은 수준의 가중치를 줌으로써 신뢰도 만큼의 역할을 할 수 있도록 하는 방식이다. 이러한 가중치 합은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다[9].

$$f = \sum_{i=1}^{N_E} w_i o_i \quad (5)$$

여기서, o_i 는 각 데이터의 출력값이고, w_i 는 각 데이터의 신뢰도를 나타낸다. 일반적으로 모든 데이터에 대한 가중치의 합은 1이 되는 것이나, 반드시 그러할 필요는 없고, 최종 출력단계에서의 설정에 따르게 된다. 즉, 각각의 인식대상으로부터 특징점을 추출한 후, 각기 다른 범위의 특징점들을 정규화 과정을 거쳐 동일한 결정공간상에 특징벡터의 형태로 위치시킨 후, 각각에 가중치를 부여하여 '합'하게 된다.

이와 같이 융합된 결과 값들 중 일정한 임계값(threshold)을 기준으로 허용/거절(Accept/Reject)을 판단하게 된다.

$$f(o_i) = \sum_{i=1}^{N_E} w_i o_i - t \quad (6)$$

여기서, $f(o_i)$ 가 0보다 크거나, 작은 결과에 따라 허용/거부를 결정한다.

4. 실험 및 결과

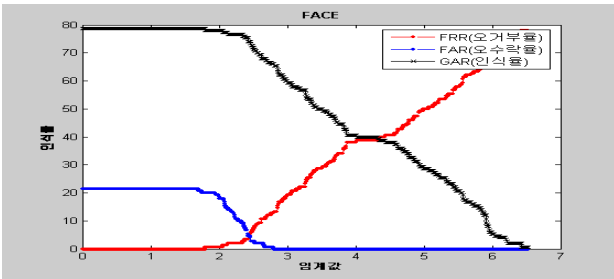
제안한 다중생체인식 방법에 대한 성능을 평가하

기 위해 두 종류의 데이터베이스를 이용하였다. 첫 번째로 홍채 데이터베이스는 한국 학교 내 학생들의 홍채 데이터 베이스로 CBNU(Chungbuk national university)를 사용하였다. CBNU 홍채 데이터의 취득을 위해 LG전자에서 상용중인 홍채인식기의 카메라를 사용하였으며, 20대 초반에서 중반까지의 남학생들을 대상으로 하였으며, 안경을 착용한 사람은 벗은 상태에서, 렌즈를 착용한 사람은 렌즈를 착용한 상태에서 대상자 50명에 대하여 사람 당 왼쪽 눈에 대해 6개의 홍채영상을 취득하였으며, 이중 3장의 홍채영상은 학습영상으로 나머지 3장은 검증영상으로 사용하였다. 두 번째로 얼굴 영상은 FERET 데이터로 또한, 6개의 얼굴 영상중 3장의 얼굴영상은 학습영상으로 나머지 3장은 검증영상으로 사용하였다. 제안한 알고리즘을 구현하기 위해 MATLAB을 이용하여 구현 및 실험하였다.

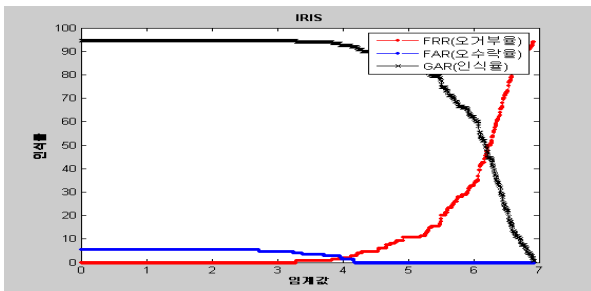
실험 방법으로 홍채 영상에 대해 학습영상과 검증영상을 분리한 후 학습영상에 대해 전처리 과정을 거쳐 홍채의 동공만을 추출한 후 홍채 패턴이 몰려 있는 영역을 펼친다. 펼쳐진 홍채영역에 대해 4개의 방향의 Gabor Wavelet Transform을 이용하여 특징이 되는 패턴을 두들어지게 하였다. 특징벡터를 추출하기 위해 PCA, LDA, ICA를 적용해 보았고 본 논문에서는 PCA를 이용하여 특징벡터의 차원을 축소한 후 Fuzzy_LDA를 이용하여 특징벡터를 획득할 수 있었다. 알고리즘에 따른 인식율은 PCA 83%, LDA 90%, ICA 90% 였고, 본 논문에서 제안한 Fuzzy LDA는 94%를 보였다. 학습영상으로부터 얻어진 홍채영상의 특징값과 검증영상의 특징값에 대한 유사도를 측정하기 위해, 공분산 행렬에 기반한 correlation의 계수를 이용하여 유사도를 얻을 수 있다. 얼굴영상 역시 PCA와 Fuzzy_LDA를 이용하여 특징값을 추출하고 홍채영상과 다른 Euclidean distance에 의한 유사도를 얻었다. 얻어진 두개의 유사도를 균등화 과정을 거쳐 가중치 합을 적용하였다. 본 논문에서는 여러 균등화 방법중 Z-Score 균등화 방법을 사용하였으며, 제안한 균등화 방법외의 여러 방법들도 비교 실험하여 인식률을 나타냈다. 두 유사도의 균등화 과정을 거친 후 다중생체인식 융합 방법의 가중치 합을 이용하였다. 가중치 값은 단일 홍채영상의 인식률이 94%로 단일 얼굴영상의 인식률 78%보다 좋은 결과를 얻어 홍채영상의 유사도값에 가중치를 높게 부여하였다.

본 논문에서는 다중 생체 인식 시스템의 평가 방법으로 임계치에 따른 인식율, 오거부율, 오수락율을 아래 그림 3, 4, 5에 나타내었다. 그림 3과 4는 단일 얼굴영상과 단일 홍채영상의 인식율, 오거부율, 오수

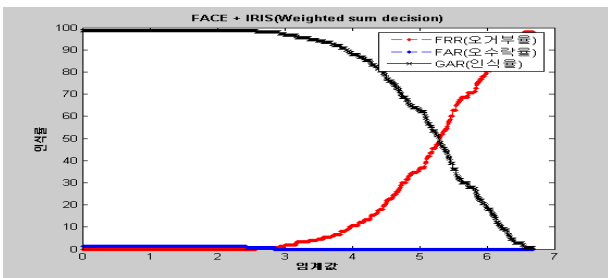
락율을 나타내었고, 그림 5은 얼굴영상과 홍채영상을 융합한 인식율을 나타내었다.



(그림 3) 임계값에 따른 얼굴영상 인식률

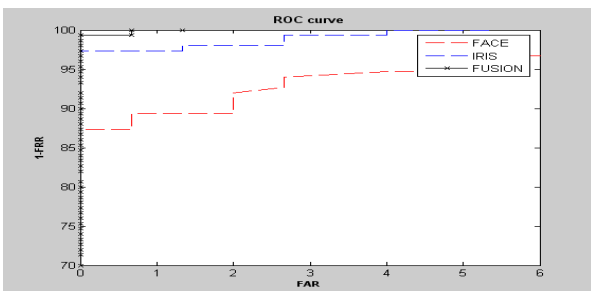


(그림 4) 임계값에 따른 홍채영상 인식률



(그림 5) 융합 후 임계값에 따른 인식률

그림 6은 또 다른 평가 방법으로 ROC Curve를 나타내었다. 아래 그림에서 볼 수 있듯이 단일 얼굴영상과 단일 홍채영상에 비해 다중 생체인식에서 인식율이 우수한 성능을 보임을 알 수 있었다.



(그림 6) 홍채와 얼굴인 융합후의 ROC Curve

표 1은 균등화 방법에 따른 인식율을 나타내었다.

Normalization	홍채인식율	얼굴인식율	Fussion 인식율
Z-Score(제안방법)	94%	78%	98%
Min-Max	94%	78%	98%
Median and Median Absolute Deviation	78%	8%	78%

<표1> 균등화 방법에 따른 인식율

5. 결론

본 논문에서는 홍채인식과 얼굴인식 시스템을 융합한 다중생체인식 시스템을 제안하였다. 다중시스템 평가 방법으로 인식율과, FRR, FAR값을 활용하였고 ROC curve를 통해 다중생체인식 시스템이 단일생체인식 시스템보다 인식율 및 평가방법에서 좋은 성능을 보임을 알 수 있었다. 그 밖의 단일생체인식 시스템의 특징벡터를 얻는 여러 방법중 Fuzzy-LDA의 좋은 성능을 확인 할 수 있었다. 특징벡터의 균등화 방법 중 Z-Score 방법을 사용하여 기존의 다른 균등화 방법들과 비교해 보았다.

향후 연구 과제로 균등화 방법 따른 인식률 개선 방법과 보다 개선된 융합방법 및 알고리즘을 제안하고 더 많은 영상데이터에 대한 실험이 요구 되어진다.

참고문헌

- [1] 반성범, “다중생체인식 II”, 한국정보통신교육원, 2005.
- [2] Fasel, I.R, Bartlett, M.S, Movellan, J.R, “Automatic Face and Gesture Recognition”, Proceedings, Fifth IEEE International Conference on, 2002.
- [3] 고현주, 유병진, 전명근, “Gabor Wavelet과 Fuzzy LDA를 이용한 홍채인식”, 한국정보처리학회 Vol 12, No 1, pp. 423-426, 2005.5
- [4] 광근창, 고현주, 전명근, 퍼지 소속도를 갖는 Fisherface 방법을 이용한 얼굴인식, 한국정보과학회, 정보과학논문지, Vol 31, No 6, JUNE, pp, 784-791, 2004.6
- [5] J. M. Keller, M. R. Gray, J. A. Givens, A fuzzy k-nearest neighbor algorithm, IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 15, No. 4, 580-585, 1985.
- [6] 민준오, “얼굴인식과 서명인식을 이용한 다중생체인식 시스템” 충북대학교 공학석사학위 논문, 2004
- [7] Arun Ross, Anil Jain, “Information fusion in biometrics”, Pattern Recognition Letters, Vol. 24, pp. 2115-2125, 2003.
- [8] 김학일, “다중생체검색 시스템 평가 및 검증 방법론 연구” 인하대학교 연구 보고서, 한국전자통신연구원, 2004
- [9] Wark, T., Sridharan, S., Chandran, V., Robust speaker verification via fusion of speech and lip modalities. In:Proc. Internat. Conf. Acoustics, Speech Signal Process., Phoenix, Vol. 6, pp. 3061-3064. 1999.