

다중생체시스템에 기반한 스테가노그래피

Steganography based Multi-modal Biometrics System

유병진, 고현주, 이대종, 전명근

충북 청주시 충북대학교 전기전자컴퓨터 공학부
E-mail: mgchun@chungbuk.ac.kr

요 약

본 논문에서 얼굴과 홍채 데이터를 사용하여 다중생체시스템에 기반한 스테가노그래피 구현을 제안한다. 이를 위해, 얼굴과 홍채 인식 기반의 다중생체인식을 구성하였다. 여기서, 홍채의 특징벡터는 디지털 워터마킹 기법을 이용하여 얼굴 이미지 안에 숨기게 된다. 얼굴과 홍채의 인식시스템은 퍼지집합 이론과 LDA 기법이 결합하여 확장한 Fuzzy-LDA(Fuzzy-Based Linear Discriminant Analysis)기법을 제안한다. 최종적으로 디지털 워터마킹 기법을 적용하여 얼굴 이미지 안에 홍채 정보를 삽입하고 얼굴 데이터와 홍채 데이터를 통한 다중생체인식을 구성하였으며, 최종적으로 생체데이터 인식율의 ROC 곡선을 통해 제안된 워터마킹 기법의 좋은 성능을 확인하였고, 얼굴 인식율을 통해 워터마킹된 얼굴 영상과 원본 얼굴 영상을 비교하였다. 다양한 실험을 통해 제안된 기법이 다중생체시스템을 보호하고 효과적으로 사용 될 수 있음을 확인 할 수 있다.

Key Words : Steganography, Biometrics, Information Hiding, 얼굴인식, 지문인식, 다중생체인식

1. 서 론

생체인식 기술은 인터넷의 발달로 인터넷 뱅킹과 같은 금융서비스, 기업등의 중요한 자료에 대한 정보보호, 안전한 전자정부 구축 등에 신뢰성을 제공하는 핵심 기술로 발달하고 있다. 생체인식 기술은 기존 비밀번호 보다 안전한 인식 성능을 갖는데, 홍채, 얼굴, 지문, 음성, 서명등의 단일 생체 특징에 의한 인식 기술로 만족 시킬수 없는 사항들이 발생함에 따라 여러 종류의 생체인식 기술을 적용하여 성능을 향상시키고 신뢰도를 높이는 다중생체인식 기술이 활발하게 연구되어지고 있다. 하지만 생체데이터의 유출로 인한 개인인증 문제는 기존의 비밀번호와 같은 방법보다 치명적인 영향을 초래하게 된다[1]. 본 논문에서 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 다중생체시스템에 기반한 스테가노그래피를 제안하였다. 본 논문에서 다중생체시스템 구현을 위해 얼굴 인식과 홍채인식의 단일 생체인식을 제안한다. 얼굴은 매우 자연스러우면서도 직접적인 생체인식 방법으로 매우 유용하나, 카메라 각도 또는 빛의 영향을 많이 받는 단점이 있다. 홍채는 각막과 수정체 사이에 존재하는 것으로 지문과 마찬가지로 태어날 때 한번 정해지면 평

생 변화하지 않는다. 그러나 조명을 느끼는 순간의 상태에 따라 동공의 지름이 달라지게 되어 조명의 변화가 있는 곳에서 데이터의 양에 문제가 있다.[2] 본 논문에서 이러한 단일 생체인식 시스템을 보완하기 위한 방법으로 얼굴과 홍채영상을 통한 다중생체인식 시스템을 제안하였으며, 데이터의 전송상에 유출, DB상에서의 데이터의 유출에 의한 문제점을 보완하기 위한 방법으로, 얼굴영상 안에 홍채의 특징값을 삽입하고 추출 할수 있는 워터마킹 방법의 스테가노그래피를 제안하였다. 얼굴인식과 홍채인식은 Fuzzy-LDA(Fuzzy-Based Linear Discriminant Analysis)에 의한 특징을 추출하고 특징값의 유사도에 의한 학습 데이터와 검증 데이터 매칭방법을 이용하였고, 다중생체인식의 한 방법인 Waight Sum을 통하여 다중생체 인식에 접목하였다. 최종적으로 다중생체시스템 기반의 스테가노그래피는 워터마킹 기법을 이용하여 얼굴 영상 안에 Fuzzy-LDA에 의해 얻어진 홍채의 특징값을 삽입하여 워터마크된 얼굴이미지를 얻는다. 다시 워터마크된 얼굴 이미지에서 홍채의 특징값을 추출하여 다중생체인식 시스템에 적용할 수 있었다. 본 논문에서 여러 실험을 통해 다중생체시스템에 기반한 스테가노그래피 구현을 제안하였다.

2. 홍채와 얼굴을 이용한 다중생체 인식

일반적으로 영상은 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 데이터 베이스의 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 인식 성능을 나타내고 있다[3].

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 소속도 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. 소속도 행렬 U 은 다음과 같은 식들을 만족해야 한다[4].

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

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

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

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. 퍼지 소속도를 계산하기 위한 단계에 대해 아래와 같이 표현될 수 있다.

[단계1] 학습 집합의 특징벡터들 사이의 유클리디안 거리 행렬을 구한다.

[단계2] $i = j$ 경우에 영의 값을 가지기 때문에 거리 행렬에서 대각요소의 값을 무한대(큰 값)로 정한다.

[단계3] 거리 값이 작은 순서로 거리 행렬을 나열한다. 그리고, 고려하는 특징벡터에서 가장 가까운 이웃에 위치한 특징벡터의 c 클래스 중에서 하나의 레벨을 선택한다. 즉, 1에서

k 번째로 가까운 특징벡터에 해당되는 클래스를 구한다.

[단계4] 식(4)을 이용하여 j 번째 특징벡터에 대한 i 번째 클래스의 퍼지 소속도를 계산한다.

$$\mu_{ij}(\mathbf{x}) = \begin{cases} \alpha + ((1-\alpha)(n_{ij}/k)) & \text{if } i=j \\ (1-\alpha)(n_{ij}/k) & \text{if } i \neq j \end{cases} \quad (4)$$

여기서 n_{ij} 의 값은 j 번째 데이터에서 i 번째 클래스에 속하는 이웃들의 수이며, α 는 $0 \leq \alpha \leq 1$ 값으로 표현될 수 있다.

$$u_k = \frac{Ux_t}{\sum U} \quad (5)$$

식(4)에서 얻어진 소속도의 행렬 U 는 식(5)에 의해 u_k 를 계산한 후에 클래스간 분산을 나타내는 식(6)과 클래스내 분산을 나타내는 식(7)을 통하여 클래스내 분산을 나타내는 행렬에 대한 클래스간 분산을 나타내는 행렬의 비가 최대가 되도록 식(8)을 통하여 최적의 투영 W_{opt} 를 얻는다.

$$S_B = \sum_{k=1}^c N_k (\mu_k - \mu) (\mu_k - \mu)^T \quad (6)$$

여기서 N_k 는 클래스 k 내의 데이터 수이고, μ_k 는 클래스 k 내에서 평균 영상이며 c 는 클래스의 수이다.

$$S_W = \sum_{k=1}^c \sum_{x_t \in c_k} (x_t - \mu_k) (x_t - \mu_k)^T \quad (7)$$

$$W_{opt} = \arg \max_w \frac{|W^T S_B W|}{|W^T S_W W|} \quad (8)$$

홍채영상의 경우에는 얼굴영상과 달리 가버 필터를 통해 패턴을 추출 한 후 앞에서 언급한 Fuzzy-LDA를 이용하여 특징을 추출하였다.

가버 필터는 시간기능 위에 고정길이 윈도우와 간격 내에서 주파수 성분을 추출하는 short time Fourier-transform (STFT)으로 국부적으로는 움직이지 않으나 전체적으로는 고정적이지 않은 음성신호 등에 적용이 적당하다. 2차원 가버 필터의 일반적인 공식은 식 (9)과 같다[4].

$$W(x, y, \theta, \lambda, \varphi, \sigma, \gamma) = e^{-\frac{x^2 + \gamma^2 y^2}{2\sigma^2}} \cos(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \varphi)$$

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta$$

$$y' = -x \sin \theta + y \cos \theta \quad (9)$$

θ 는 웨이블릿의 방향 결정

λ 는 파형의 길이 결정

φ 는 삼각함수의 위상 결정

σ 는 가우시안의 반경 결정

γ 는 가우시안의 가로세로 비율 결정

이러한 가버 웨이블릿은 방향성 및 주파수

선택의 특징을 갖는 밴드패스 필터로 공간주파수 영역에서 최적의 집합 분석력을 갖고 있다.

본 연구에서는 4개의 방향(0도, 45도, 90도, 135도)의 가버 웨이블릿을 사용하였다[5].

최종적으로 얼굴인식과 홍채인식은 얼굴영상과 홍채영상의 특징값을 이용하여 학습데이터와 검증검증데이터의 매칭 유사도를 구한다. 두 영상의 유사도값을 통하여 다중생체인식 융합 기법중 하나인 가중치합(Weight Sum)을 사용하여 다중생체인식을 구현하였다.

3. 디지털워터마크 기법을 이용한 스테가노그래피

디지털 워터마킹은 멀티미디어데이터의 불법적인 도용을 막기 위해 제안된 방법이며, 지적 권리를 보호하기 위해 추가적인 정보를 삽입하는 기술이다. 따라서 원본이미지 또는 원본 데이터의 변화를 통하여 불법적인 사용자의 접근을 막고 어떠한 인증 없이도 이미지 또는 데이터를 사용할수 없다. [6] 그림 1.은 이미지 워터마킹의 일반적인 과정을 나타낸다. 워터마킹은 기법은 삽입(Encoding)과 추출(Decoding) 과정을 갖으며, 삽입과정에서 원본이미지(Original Image)에 워터마크 이미지(Watermark Image)를 삽입함으로써 워터마크된 이미지(Watermarked Image)를 생성할수 있다. 여기에서 일반적으로 워터마크 이미지는 원본이미지의 크기보다 작은 크기의 이미지를 사용한다.

워터마크된 이미지는 네트워크상에서 다른 사용자에게 전송이 이뤄지고 전송된 워터마크된 데이터는 추출과정을 거쳐 원본이미지와 워터마크 이미지를 추출한다. 이미지의 공간 영역과 주파수 영역에서 워터마크의 삽입과 추출이 이뤄지며 본 논문에서는 주파수 영역의 DWT(Discrete Wavelet Transform)을 제안하였다.

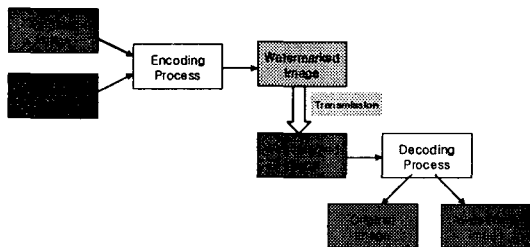


그림 1. 이미지 워터마킹의 일반적인 과정

본 논문에서 디지털 워터마킹 기법을 사용하여 스테가노그래피를 구현하였다. 스테가노그래피는 겉으로는 원본이미지의 변화 없이 삽입된 정보가 존재하는 정보 숨김 방법이다. 본 연구에서는 원본이미지로 얼굴 영상을 사용하

였고 숨길 정보는 홍채패턴 영상의 특징벡터를 사용하였다. 그림2.와 그림3은 워터마크 삽입과 추출을 이용한 스테가노그래피의 구현과정을 나타내었다. 그림 2.의 삽입과정은 원본얼굴 이미지(Original Face Image)의 DWT변환을 통하여 웨이블릿 계수를 얻고 원본홍채이미지(Original Iris Image)는 2절에서 언급한 Fuzzy-LDA를 이용하여 특징값을 얻어 웨이블릿 영역에서 삽입하고 웨이블릿 계수를 얻는다. 얻어진 웨이블릿 계수를 DWT 역변환을 통하여 얼굴영상에 홍채의 특징값이 삽입된 워터마크된 얼굴 이미지(Watermarked Face Image)를 얻었다.

그림3.의 추출과정은 워터마크된 얼굴이미지의 웨이블릿 영역에서, 얼굴이미지의 웨이블릿 계수와 홍채의 특징벡터값을 추출한다. 얼굴이미지의 웨이블릿계수는 DWT 역변환을 통하여 추출된 얼굴 이미지(Decoded Face Image)를 얻는다.

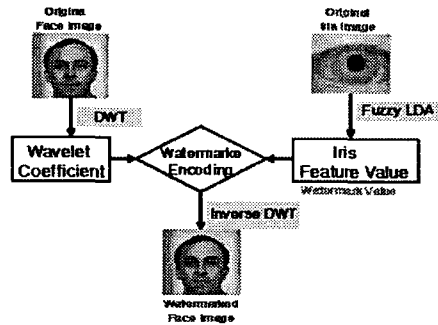


그림2. 워터마크 삽입과정

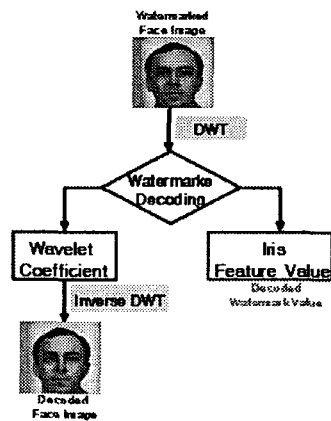


그림3. 워터마크 추출과정

최종적으로 얻어진 홍채의 특징벡터와 Fuzzy-LDA를 통한 얼굴이미지의 특징벡터를 통해 다중생체인식시스템에 적용하였다.

4. 실험 결과 및 고찰

본 연구에서 FERET 얼굴데이터베이스와 CBNU(Chungbuk National University) 홍채데이터베이스 두 생체데이터베이스를 사용하였다. 먼저 CBNU 홍채데이터의 홍채패턴을 Fuzzy-LDA를 이용하여 특징값을 추출하고, 3절에서 언급한 워터마킹 삽입기법을 이용하여 FERET 얼굴영상 안에 홍채의 특징값을 삽입하게 된다. 최종적으로 얻어진 워터마크된 이미지는 워터마크 추출 알고리즘을 통하여 추출된 얼굴이미지와 홍채의 특징벡터로 분리되어 얻어지게 된다. 추출된 얼굴이미지와 홍채의 특징벡터를 통해 각각 3장의 학습데이터와 검증 데이터로 나누어 매칭 유사도 얻었다. 그림4와 그림5는 매칭유사도를 통한 얼굴과 홍채의 단일생체인식율을 얻었고, 두 데이터의 유사도를 다중생체인식 융합 기법인 가중치합을 통해 다중생체인식율을 그림5와 같이 얻을 수 있었다.

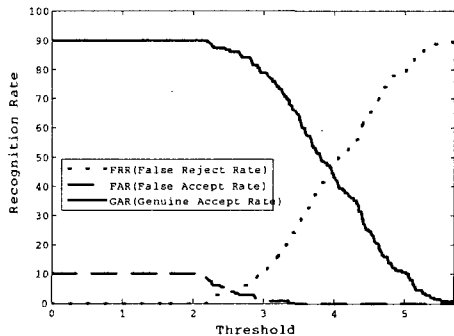


그림 4. 얼굴인식의 인식결과

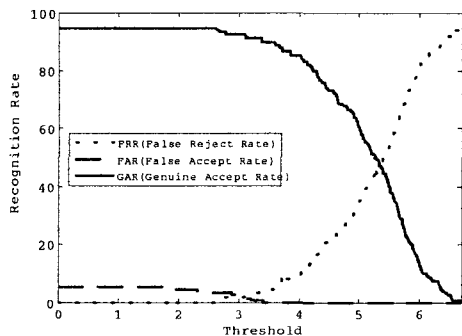


그림 5. 홍채인식의 인식결과

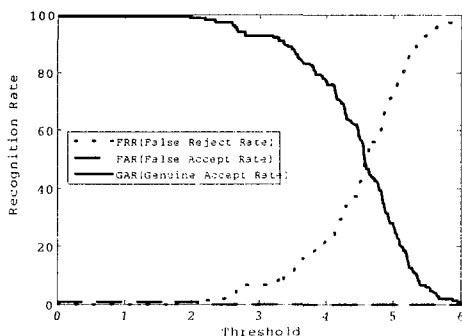


그림6. 다중생체인식 시스템의 인식결과

홍채는 92.66%, 얼굴은 90%, 다중생체는 94.66%의 최고 인식율을 얻었다. 워터마크기법을 이용한 스테가노그래피구현을 검증하기 위해 워터마크 과정 이전 얼굴이미지의 인식율, 워터마크 삽입을 통해 얻어진 워터마크된 얼굴이미지의 인식율, 워터마크 추출을 통해 추출된 얼굴이미지의 인식율을 Table 1.과 같이 얻었으며 모두 동일한 90%임을 확인하였다.

표 1. 원본얼굴이미지와 워터마크된 이미지의 인식율

DATA	Original Face	Decoded Face	Watermarked Face
Rate	90%	90%	90%

본 논문은 다중생체인식기반의 스테가노그래피를 제안 하였고 다양한 실험을 통해 우수한 성능을 확인할수 있었다. 추후 워터마크기법의 키개념 도입과 생체데이터의 특징추출 알고리즘 개발 등의 보완이 이뤄져야 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 전명근 “생체정보 이용과 프라이버시 보호,” 정보보호학회, Vol. 15, No. 6, pp. 11-18, 2005.
- [2] Fasel, I.R, Bartlett, M.S, Movellan, J.R, “Automatic Face and Gesture Recognition,” Proceedings, Fifth IEEE International Conference on, 2002.
- [3] P. N. Belhumeur, J. P. Hespanha, and D. J. Kriegman, “Eigenfaces vs. Fisherfaces: recognition using class specific linear projection,” IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, Issue 7, pp. 711-720, 1997.
- [4] Keun-Chang Kwak, Witold Pedrycz, Hyoun-Joo Go, Myung-Geun Chun, “Fuzzy Aggregation Method Using Fisherface and Wavelet Decomposition for Face Recognition,” Journal of Advanced computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 8, No.4, pp. 379-384, 2004.
- [5] Hyoun-Joo Go, Keun-Chang Kwak, Mann-Jun Kwon, “Iris Pattern Recognition Using Fuzzy LDA Method,” Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering systems, LNAI 3682, pp. 364-370, 2005.
- [6] Mayank Vatsa, Richa Singh, P. Mitra, “Digital Watermarking based Secure Multimodal Biometric System,” IEEE Conf. Systems, Man and Cybernetics , Vol. 3, pp.2983-2987, 2004.