

논문 2008-45CI-2-1

휴대폰 환경에서의 근적외선 얼굴 및 홍채 인식 연구

(A Study on Multi-modal Near-IR Face and Iris Recognition on Mobile Phones)

한 송 이*, 강 병 준**, 박 강 령***, 박 소 영****

(Songyi Han, Byung Jun Kang, Kang Ryoung Park, and So-Young Park)

요 약

휴대폰에서 보안 필요성이 증가함에 따라 개인 인증을 위하여 홍채, 지문, 얼굴과 같은 단일 생체 정보를 이용한 많은 연구들이 진행되었으나 단일 생체 인식에서는 인식 정확도에 한계가 있었다. 따라서 본 논문에서는 휴대폰 환경에서 고 인식율을 위해 얼굴과 홍채를 결합하는 방법에 대해 제안한다. 본 논문에서는 근적외선 조명과 근적외선 통과 필터를 부착한 휴대폰의 빠가 픽셀 카메라를 사용하여 근적외선 얼굴 및 홍채 영상을 동시에 취득한 후, SVM(Support Vector Machine)을 기반으로 스코어 레벨에서 결합하였다. 또한, 저 연산의 로가리듬(Logarithm) 알고리즘을 사용한 얼굴 데이터의 조명 변화에 대한 정규화와 극 좌표계 변환 및 홍채 코드의 비트 이동 매칭에 의한 홍채 영역의 이동, 회전, 확대 및 축소에 대한 정규화를 통해 SVM의 분류 복잡도와 얼굴, 홍채 데이터의 본인 변화도를 최소화함으로써 인식 정확도를 향상시켰으며, 저 연산의 휴대폰 환경에서 정수형 기반의 얼굴 및 홍채 인식 알고리즘을 사용하여 처리시간을 향상시켰다. 실험 결과, SVM을 사용한 인식의 정확성이 단일 생체(얼굴 또는 홍채), SUM, MAX, MIN 그리고 Weighted SUM을 사용하는 것보다 우수한 것을 알 수 있었다.

Abstract

As the security requirements of mobile phones have been increasing, there have been extensive researches using one biometric feature (e.g., an iris, a fingerprint, or a face image) for authentication. Due to the limitation of uni-modal biometrics, we propose a method that combines face and iris images in order to improve accuracy in mobile environments. This paper presents four advantages and contributions over previous research. First, in order to capture both face and iris image at fast speed and simultaneously, we use a built-in conventional mega pixel camera in mobile phone, which is revised to capture the NIR (Near-InfraRed) face and iris image. Second, in order to increase the authentication accuracy of face and iris, we propose a score level fusion method based on SVM (Support Vector Machine). Third, to reduce the classification complexities of SVM and intra-variation of face and iris data, we normalize the input face and iris data, respectively. For face, a NIR illuminator and NIR passing filter on camera are used to reduce the illumination variance caused by environmental visible lighting and the consequent saturated region in face by the NIR illuminator is normalized by low processing logarithmic algorithm considering mobile phone. For iris, image transform into polar coordinate and iris code shifting are used for obtaining robust identification accuracy irrespective of image capturing condition. Fourth, to increase the processing speed on mobile phone, we use integer based face and iris authentication algorithms. Experimental results were tested with face and iris images by mega-pixel camera of mobile phone. It showed that the authentication accuracy using SVM was better than those of uni-modal (face or iris), SUM, MAX, MIN and weighted SUM rules.

Keywords : Multi-modal NIR face and iris recognition, SVM, mobile phone, integer-based authentication algorithm

* 정회원, 코아로직
(CoreLogic INC)

** 학생회원, 상명대학교 컴퓨터과학과
(Dept. of Computer Science, Sangmyung University)
*** 정회원, 동국대학교 전자공학과-주저자 및 교신저자
(Dept. of Electronic Engineering, Dongguk University)
**** 정회원, 상명대학교 디지털미디어학부
(Division of Digital Media Technology, Sangmyung University)

접수일자: 2007년9월28일, 수정완료일: 2008년2월29일

I. 서 론

최근, 휴대폰에서 보안의 필요성이 증가함에 따라 개인 인증을 위하여 홍채, 지문, 얼굴과 같은 단일 생체 정보를 이용한 많은 연구가 진행되었다. 이중, 얼굴 인식은 사용자에게 친숙하고 영상 취득 시에 불편함이 없는 반면, 홍채 인식은 비교적 정확한 인식 성능을 갖는 생체 시스템으로 알려져 있다^[1~3]. 그러나 홍채 인식의 정확성은 홍채 패턴이 조명에 의한 반사광 또는 속눈썹에 의해 가려지거나, 움직임, 광학에 의한 혼들림에 의해 초점이 맞지 않을 때 급격하게 감소될 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 안정된 성능을 제공하기 위하여 SVM(Support Vector Machine)에 기반한 얼굴과 홍채의 스코어 레벨에서의 결합방법을 제안한다. 또한 휴대폰의 메가 픽셀 카메라와 근적외선 조명을 사용함으로써 가시광선에 의해 발생되는 조명의 변화량을 최소화하고, 빠른 속도로 인식을 위해 충분한 품질의 얼굴과 홍채 영상을 취득하였다.

다중 생체 인식에 대한 이전 연구로써, 결합을 위하여 세 단계(특정 추출 단계에서의 결합, 스코어 단계에서의 결합, 결정 단계에서의 결합)에서의 결합이 가능하다^[4]. 특징 추출 단계에서의 결합은 개개의 생체, 센서 또는 장치로부터 추출된 각 생체 특징 벡터를 결합하는 것으로써 특징 벡터를 다루며 복잡한 차원 축소 과정을 수행해야 하므로 상대적으로 복잡한 방법이다. 스코어 단계에서의 결합은 각 생체, 센서 또는 장치에 의해 제공된 매칭 스코어 값을 결합하는 것으로써, 먼

저 스코어 값을 정규화 하고 다양한 종류의 결합 방법을 사용하여 결합을 수행한다. 마지막으로, 결정 레벨에서의 결합은 각 분류기의 최종 결과(수락, 거절)를 사용하는 것으로 낮은 인식의 정확성을 나타낸다. 특징 추출 레벨에서의 결합의 복잡성과 결정 레벨에서의 결합의 낮은 정확성을 고려하여 본 논문에서는 휴대폰 환경에서 얼굴과 홍채 데이터의 스코어 레벨에서의 결합을 제안한다. 비록, 이전에 얼굴과 홍채 영상을 결합한 연구가 있지만^[5~7], 대부분 특징 추출 레벨에서의 결합을 시도한 것으로써 Son et al.은 홍채와 얼굴 영상으로부터 저차원의 특징을 추출하기 위하여 2차원의 이산 웨이블릿 변환을 사용하였고^[5], 이 같은 특징들로부터 직접 선형 판별 분석법(Direct Linear Discrimination Analysis)을 사용하여 Reduced Joint 특징 벡터를 얻었다. 그러나 전술한 바와 같이 특징 추출 레벨에서의 결합은 복잡한 연산과 긴 처리 시간을 요구하므로 저연산 휴대폰 환경에 적합하지 않기 때문에 본 논문에서는 스코어 레벨에서의 결합을 제안한다. Wang et al.은 스코어 레벨에서 홍채와 얼굴을 결합하기 위하여 SUM 또는 Weighted SUM 규칙에 의해 스코어를 결합하여 미리 정의된 임계치와 비교한 후에 얼굴과 홍채 영상의 스코어 값을 2차원의 특징벡터로 간주하고 Fisher's Discriminant Analysis와 radial basis function과 같은 분류기를 이용하였다^[8]. 또한, Gupta et al.은 네 개의 다른 생체(얼굴, 지문, 홍채, 사인)를 Weighted SUM 규칙에 의해 결합하였다^[9]. 일반적으로 Weighted SUM 규칙에 의해 스코어 레벨에서 결합하는 것보다 SVM을

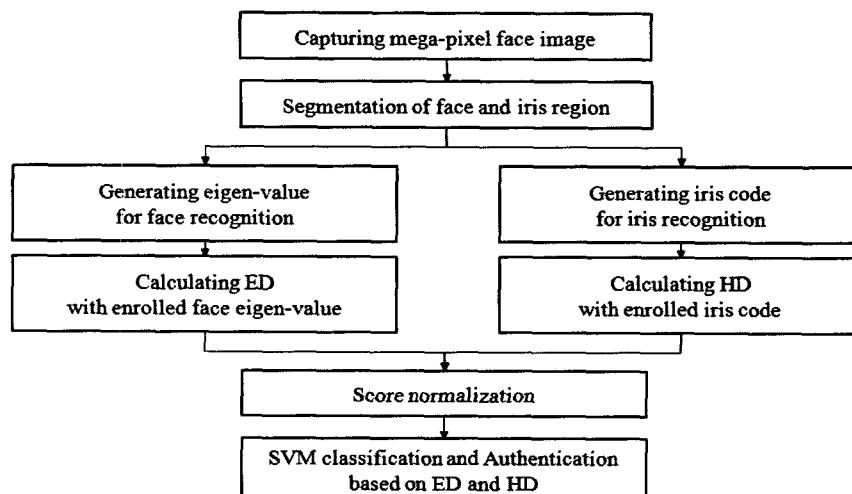


그림 1. 전체 흐름도

Fig. 1. Overview of the proposed method.

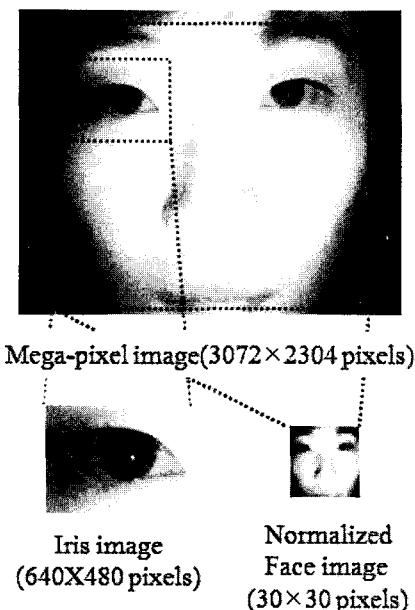


그림 2. 메가 픽셀 근 적외선 얼굴 영상에서 추출된 홍채와 얼굴 영상^[25]

Fig. 2. Face and Iris image segmentation from mega-pixel NIR face image^[25].

기반으로 결합하는 것이 더 좋은 인식 성능을 나타내는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 논문에서는 SVM에 기반한 얼굴과 홍채의 스코어 결합을 제안한다. [25]의 연구에서는 계층적 SVM (Hierarchical SVM) 을 이용하여 얼굴과 홍채의 스코어를 결합하였으며 인증 정확도는 향상되었으나 시스템 복잡도가 높아지는 문제점이 있다. 또한, 기존의 연구들은 각각 다른 얼굴과 홍채 데이터베이스로부터 가상의 다중 생체 데이터베이스를 이용하여 실험하였으나 본 논문에서는 휴대폰의 메가 픽셀 카메라에 의해 얻어진 하나의 실제 영상으로부터 얼굴과 홍채 정보를 추출하여 실제적으로 실험하였다.

II. 제안 방법

1. 전체 흐름도

그림 1은 제안하는 방법의 전체 흐름도를 나타낸다. 먼저 휴대폰 카메라에 의해 촬영된 메가 픽셀의 얼굴 영상은 그림 2와 같이 얼굴과 홍채 인식의 입력영상으로 사용되기 위한 전처리를 수행한다. 이 때 취득된 메가 픽셀의 영상은 인식을 위한 충분한 픽셀 정보(3072 X 2304 픽셀)를 갖고 있다. 적외선 조명의 의해 눈의 각 박에 발생한 반사광의 위치를 기반으로 눈 영역과 얼굴을 분리하고 정규화한 다음^[11~12], 얼굴 데이터로부터

PCA를 사용하여 Eigen-values를, 홍채 데이터로부터 가버 필터를 사용하여 이진 홍채 코드를 계산한다. 다음, Eigen-values와 홍채 코드를 가지고 미리 등록된 얼굴과 홍채 템플릿과의 유클리디언 거리(ED)와 해밍 거리(HD)를 각각 계산한다. 계산된 스코어 값은 정규화된 후에 SVM(support vector machine)에 의해 결합되고 마지막으로 SVM의 결과값은 미리 결정된 임계치에 의해 본인 수락과 타인 거절이 결정된다.

2. 얼굴 검출 및 인식

일반적으로 모바일 환경은 낮은 프로세싱 파워와 적은 메모리를 갖으며 실수 연산을 지원하지 않기 때문에 본 연구에서는 적절하게 변경된 얼굴 인식 알고리즘을 사용하였다^[11]. 그림 3은 얼굴 스코어 값을 계산하기 위한 흐름도를 나타낸다. 첫 번째로, 얼굴 인식을 위한 얼굴 영역을 검출하기 위해 휴대폰에 설치된 두 개의 근적외선 조명에 의해 양 눈에서 발생되는 각막 반사광을 검출하였다. 조명 반사광을 검출하기 위해 카메라 제어 장치에 의해 두 개의 근적외선 조명의 끄고 켜기를 번갈아 수행함으로써 연속적으로 다섯 장의 영상을 얻었다. 다섯 장의 영상에서 외부 가시광선과 움직임 또는 광학적인 흐림 현상으로부터 가장 영향을 받지 않은 하나의 영상을 선택하여 각막 반사광의 후보영역들을 검출하였다. 일반적으로 얼굴 영상에서 각막 반사광의 그레이 값은 다른 피부 영역에서의 그레이 값보다 크기 때문에 일정한 임계치 이상의 그레이 값을 가지는 영역을 검출함으로써 각막 반사광의 후보 영역을 검출하였다^[12, 23]. 이 때, 안경 유리 표면에도 역시 반사광이 생기기 때문에 각막 반사광 후보 영역들의 반지름 차이 정보를 사용하여 각막에 생긴 반사광과 안경 유리 표면에 생긴 반사광을 구별하였다. 최종적으로 그림 2에서 보는 바와 같이 검출한 각막 반사광의 위치를 기반으로 두 눈 사이의 거리, 눈과 입과의 기하학적인 비율에 의해 일정한 크기의 얼굴 영역을 추출하고, 얼굴 인식을 위해

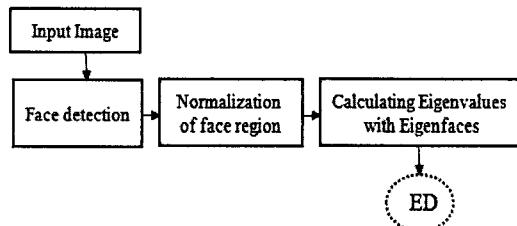


그림 3. 얼굴 스코어 값 계산에 대한 흐름도

Fig. 3. Flowchart about calculating the face matching score.

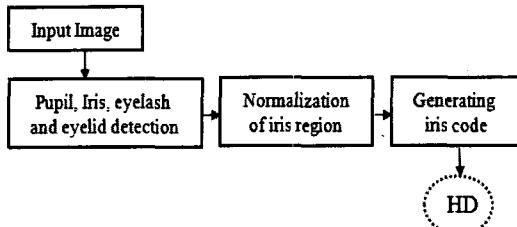


그림 4. 홍채 스코어 값 계산에 대한 흐름도
Fig. 4. Flowchart about calculating the iris matching score.

30 X 30 픽셀의 영상으로 정규화 하였다.

다중 생체 인식을 고려하여 사용한 적외선 조명은 휴대폰의 특성상 가까운 근접 촬영으로 인하여 그림 2와 같이 얼굴 중앙 및 코 부분에 밝기 포화(Brightness Saturation)와 부분 그림자(Local Shading)를 발생시킨다. 따라서 얼굴 영상의 조명에 대한 정규화가 필수적이다^[13]. 이를 위하여, 휴대폰 환경에서 실시간 처리가 가능한 저 연산 로가리듬 알고리즘에 기초한 밝기 정규화 방법을 사용하였다. 이를 수행함으로 입력 영상의 부분 그림자 영역의 명도 값과 대비는 증가하는 반면, 밝기 포화 영역의 명도 값은 적게 증가되었다. 또한, 휴대폰 환경에서 처리 속도를 고려하여 로가리듬 계산을 위한 룩업 테이블(Look up table)을 사용하였다.

본 논문에서는 PCA(Principal Component Analysis) 기반의 얼굴 인식 방법을 사용하였다^[11]. 먼저 정규화된 얼굴 영상으로부터 1 X 900의 1차원 벡터를 만든 후, 학습을 위해 사용되는 영상 벡터들로부터 고유벡터와 고유값을 계산하여 최종적으로 고유얼굴(eigenface)을 얻었다. 본 논문에서는 계산된 실수 기반의 고유얼굴을 20비트의 비트 이동(bit-shift)을 통해 정수의 고유얼굴로 변환하였다. 본 논문에서는 저 연산의 핸드폰 환경을 고려하여 학습을 통해 얻어진 고유얼굴을 사영(projection)하여 인식에 사용되는 얼굴 영상의 가중치를 계산할 때, 정수 기반으로 계산하였다. 평균과 표준 편차에 의해 정규화 된 가중치는 0에서 1의 분포를 갖기 때문에 이 값을 또한 7비트의 이동을 통해 정수 값으로 변환하였다. 결과적으로 미리 저장된 정수의 고유값과 정수의 가중치 값을 가지고 유클리디언 거리(ED)를 계산하였다. 실험을 통해 정수 기반의 PCA의 인식 정확도가 실수 기반의 인식 정확도와 유사한 것을 확인하였으며, 정수기반의 PCA가 정수기반의 LDA 또는 ICA의 인식 정확도 보다 우수한 것을 알 수 있었다^[11]. 또한, 유클리디언 거리와 코사인 거리를 측정하여 성능을 비교한 결과 스코어 결합을 위해 코사인 거리 보다

유클리디언 거리를 사용할 때 인식 정확도가 더 우수한 것을 발견하였다. 따라서 본 실험에서 결합을 위한 얼굴의 스코어 값으로 유클리디언 거리를 사용하였다.

3. 홍채 검출 및 인식

홍채 데이터에 대하여, 기존의 연구^[12, 14~16]에서 제안된 홍채 인식 알고리즘을 사용하였다. 그림 4는 홍채 스코어 값을 계산하기 위한 흐름도를 나타낸다.

전술한 바와 같이 검출된 각막의 위치를 가지고 홍채 영역을 결정한 뒤, 식 (1)과 같은 원형 경계 검출 방법을 사용하여 입력 영상의 홍채와 동공 영역을 검출하였다^[14, 20].

$$\max_{(r, x_0, y_0)} \left| G_\sigma(r) * \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right| \quad (1)$$

원의 중심 (x_0, y_0) 과 반지름 r 을 변화시키면서, 원주에 해당하는 픽셀들의 그레이 값의 평균을 구하고, 반지름의 변화에 따라 그 평균의 값의 편차가 가장 큰 곳을 동공 및 홍채의 경계로 검출하는 방식이다. 본 논문에서는 두 개의 원형 경계 검출기를 사용하여 동시에 홍채와 동공 영역을 검출하였다^[14].

홍채 패턴 정보를 가리는 눈꺼풀은 기존의 눈의 회전을 고려한 포물 허프 변환 기반의 눈꺼풀 영역 검출 알고리즘을 사용하였다^[15]. 먼저 눈꺼풀 특징점 추출 마스크를 사용하여 눈꺼풀 후보점을 검출하고, 식(2)와 같은 포물 허프 변환식을 사용하여 눈꺼풀 영역을 검출하였다.

$$E = (\sin\theta(x - h) + \cos\theta(y - k))^2 - a(\cos\theta(x - h) - \sin\theta(y - k)) \quad (2)$$

식 (2)에서 E 가 최소화 되도록 곡률(a), 포물선의 정점 좌표(h, k), 회전각(θ)을 결정하였다. 속눈썹은 눈꺼풀로부터 시작되어진다는 특징과 속눈썹 형태의 마스크를 기반으로 검출하였다^[16].

검출된 원형의 홍채 영역은 홍채 영상에서의 이동과 확대에 의해 발생되는 본인 변화량을 최소화하기 위해 극좌표계로 정규화되고, 8개의 트랙과 256개의 섹터로 나누어진다. 각 섹터마다 일차원의 가우시안 커널을 적용하여 평균 그레이 값을 계산함으로써 홍채 영역 검출 시 발생되는 에러의 영향을 최소화할 수 있다. 결과적으로 256 X 8 픽셀의 정규화된 영상을 얻을 수 있다. 다음, 홍채의 위상 코드(Phase Code)를 생성하기 위해 일차원의 가버 필터가 적용된다. 이때 속눈썹, 눈꺼풀

그리고 반사광에 의해 가려진 영역은 신뢰할 수 없는 코드로 간주되어 매칭값 계산 시 제외된다. 홍채 코드의 해밍 거리 계산 시에 입력 영상의 회전 영향을 최소화하기 위해 홍채 코드를 일정 범위 내에서 비트 이동시킨 후 최소의 해밍 거리를 찾아 사용하였다. 마지막으로, 계산된 해밍 거리는 얼굴 인식 과정에서 계산된 유클리디언 거리와 스코어 레벨에서 결합을 위해 사용된다. 추가적으로 유클리디언 거리, 해밍 거리, 코사인 거리 각각의 성능을 비교하였다. 실험 결과, 홍채의 스코어 값을 위해 코사인, 유클리디언 거리보다 해밍 거리를 사용할 때 인식 성능이 더 우수한 것을 확인하였고 본 실험을 위해 해밍 거리를 사용하였다. 이때 유클리디언, 코사인 거리를 계산하기 위하여 가버 필터를 적용한 뒤 진폭 값을 사용하였다. 유클리디언, 코사인 거리보다 해밍 거리의 성능이 우수한 이유는 사용된 입력 영상의 홍채 부분의 밝기가 일정하지 않기 때문이다. 다시 말하면, 해밍 거리는 위상 값의 이진화로 인해 정보의 손실이 일어남에도 불구하고 영상의 밝기에 영향을 거의 받지 않기 때문에 코사인, 유클리디언과 비교하여 우수한 성능을 보일 수 있다. 모바일 환경에서 처리속도의 증가를 위해 정수기반의 원형 경계 검출 방법을 이용하여 홍채 영역을 검출하였으며 홍채 코드의 추출을 위해 정수 기반의 가버 필터를 사용하였다.

4. 스코어 값의 정규화

서로 다른 생체 정보로부터 계산된 스코어 값은 이질적인 특징을 갖기 때문에 스코어 값을 결합하기 이전에 공통된 영역으로 값을 정규화 시켜야 한다^[10]. 그래서 본 논문에서는 실험적으로 구해진 데이터의 평균과 분산을 이용한 Z-스코어 정규화 방법을 사용하였다^[10]. 추가로, Z-스코어 정규화 방법과 “min-max”, “decimal scaling”, “median&media absolute deviation(MAD)”, “double sigmoid functions”, “tanh-estimators”的 성능을 비교한 결과 SUM, Weighted SUM, 그리고 SVM의 입력 스코어를 위한 정규화로써 Z-스코어 정규화 방법을 사용했을 때에 가장 좋은 성능을 보였다.

5. 스코어 결합

(SUM, MAX, MIN, Weighted SUM)

스코어 결합의 가장 대표적인 방법은 각 스코어의 합을 계산하는 SUM 규칙이다. 단일 생체의 특징을 사용하는 경우, 인식의 결과는 일차원 임계치에 의해 결정된다. 하지만 다중 생체 특징을 사용하여 SUM 규칙을

적용할 경우, 다차원의 공간에서 임계치에 의해 구별되기 때문에 단일 생체 특징만을 이용할 때보다 본인과 타인 분포를 더 잘 구별할 수 있다. 그러나 일반적으로 SUM, MIN, MAX, Weighted SUM은 비선형의 분류는 가능하지 않기 때문에 본 논문에서는 비선형으로 구분할 수 있는 SVM을 사용하여 결합을 시도하였다.

6. 스코어 결합(SVM)

SVM은 서포터 벡터를 이용해 최적의 선형 결정 하이퍼 평면(Hyper-plane)을 결정함으로 두 클래스 문제를 해결하기 위해 소개되었다. 결정된 최적의 하이퍼 평면에 기초하여 SVM 커널이라 불리는 비선형 변환 함수를 사용하여 입력 값을 고차원의 특징 공간으로 맵핑시킴으로써 인식 에러를 최소화시킬 수 있다^[18]. Yong et al.^[21]은 홍채 특징을 추출하기 위해 정규화 된 상관계수를 사용하였고 SVM을 이용하여 홍채 특징에 대한 분류와 인식을 수행하였다. Kaushik Roy et al.^[22]에서는, 일차원의 로그-가버 웨이블릿으로 정규화 된 홍채 패턴에 특징 부호화를 수행하였고 다수의 비트 정보가 포함된 bitwise 템플릿을 생성하였다. 추출된 홍채 정보는 사용자 인식을 위해 SVM의 입력 값으로 사용되었다. 하지만 SVM을 사용한 이전 연구들은 특징 추출 레벨에서 이루진 것으로 입력 특징의 고차원성 때문에 좋은 인식 성능을 보이기 위해서는 너무 많은 계산 복잡성을 요구하게 된다. 이 같은 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 스코어 레벨에서 SVM을 사용하여 얼굴과 홍채를 결합하였다. SVM 결합을 위해 5개의 기본 커널 함수(dot, polynomial, radial, neural, anova 커널)를 사용하였고 각 커널의 효율성은 서포터 벡터의 수, mean squared 에러, 분류 정확성을 고려하여 결정하였다. 실험 결과 식(3)의 gamma 0.2, degree 5의 anova 커널을 사용할 때에 가장 분류 정확성이 높게 나타났다.

$$K(x, y) = \left(\sum_i \exp(-\gamma(x_i - y_i)) \right)^d \quad (3)$$

III. 실험 결과

본 연구에서 실험은 SMUFaceDB를 가지고 진행되었으며 DB는 각 클래스 당 7장에서 25장의 이미지가 포함된 40클래스의 506장 정면 얼굴 영상으로 구성되어 있다^[10]. 그림 2에서와 같이, 각 영상은 근적외선 조명과 SCH-V770 휴대폰 카메라에 의해 촬영되었다^[19]. 각

이미지의 사이즈는 3072X2304 픽셀이며 전체 얼굴 영역을 포함한다. 첫 번째 실험으로, 단일 모달(얼굴, 홍채) 그리고 SUM, Weighted SUM, MIN, MAX 결합에 의한 인식의 정확성과 제안하는 SVM의 정확성을 측정하였다. 얼굴 인식의 경우에는 고유얼굴을 학습해야 하기 때문에 253장의 얼굴 영상은 학습을 위해 사용하고, 나머지 253장의 얼굴은 인식 실험을 위해 사용하였다. 전술한 바와 같이 인식을 위한 패턴 매칭에서 얼굴 인식의 경우에는 유클리디언 거리를 사용하고 홍채 인식의 경우에는 해밍 거리를 사용하기 때문에 얼굴 및 홍채 인식에서 측정된 스코어를 Z-스코어 정규화 방법에 의해 0부터 1사이의 값으로 정규화하였다. 본 논문에서는 정규화된 스코어 값을 가지고 SUM, Weighted SUM, MIN, MAX, SVM에 기반하여 스코어 레벨에서 결합하였다.

본 연구의 실험에서는 얼굴 인식의 경우, 표 1에서 보는 바와 같이 EER이 17.4532%로 기존의 PCA를 기반으로 하는 얼굴 인식^[24]의 성능 보다 좋지 않은 결과를 나타냈다. 이러한 이유는 기존의 연구들은 얼굴 인식 방법을 실험하기 위해 무표정한 얼굴 영상만을 포함한 데이터베이스를 사용한 반면에, 본 실험에서는 놀라거나 웃는 표정을 한 얼굴 영상이 포함된 데이터베이스를 사용했기 때문이다. 일반적으로 표정이 있는 얼굴 영상에서 얼굴 인식의 성능이 감소하기 때문에 본 연구에서의 실험 결과가 좋지 못하였다^[17]. [17]의 결과에 의하면 표정변화가 있는 경우 최대 46%까지 에러율이 발생함을 알 수 있다.

표 1에서 보는 바와 같이 SVM의 정확성이 다른 방법들보다 우수한 것을 확인할 수 있다. SUM 규칙의 정확성이 홍채 인식의 것보다 좋지 않은데 이는 본인과 타인의 분포가 그림 5에서와 같이 비대칭의 정규분포이

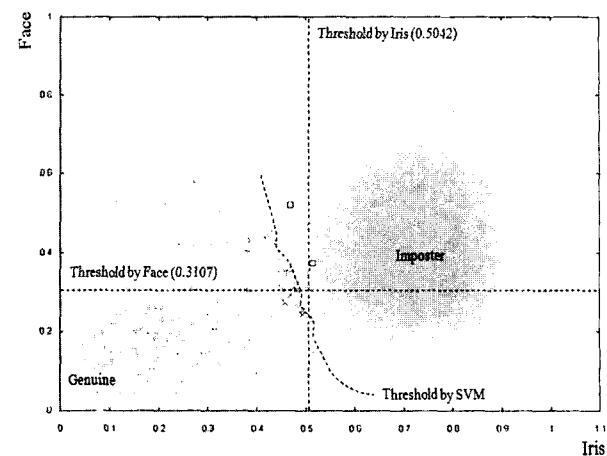


그림 5. 본인과 타인의 SVM 분류 결과

Fig. 5. SVM classification result with authentic and imposter distribution.

기 때문이다. 따라서 Weighted SUM 규칙의 정확성이 SUM, 홍채 인식의 것보다 우수한 것을 확인할 수 있었다. 이때 Weighted SUM의 가중치는 실험적으로 가중치를 변경해가며 최소의 EER을 얻을 때의 것으로 결정하였다.

그림 5는 SVM 분류의 결과를 나타낸 본인과 타인의 분포를 보여준다. X,Y축은 각각 정규화 된 해밍 거리(홍채인식)와 유클리디언 거리(얼굴인식)를 의미한다.

그림 5를 통해 비선형 적으로 본인과 타인을 구분하는 SVM의 정확도를 확인할 수 있다.

그림 6은 SVM을 통해 얻어진 결과 값의 분포를 보여준다. 본인의 분포는 -1에 가깝게 위치하며 타인의 값은 1에 가깝게 위치한다. 인식 결과를 위한 임계치는 베이지안 규칙(Bayesian Rule)에 기초하여 최적의 값 0.02로 설정하였고 그 때의 EER은 0.3397%이며 d' 은 8.332이다.

그림 7은 ROC 곡선을 보여준다. 그림 7을 통해 우리

표 1. 단일 생체와 스코어 결합 알고리즘의 정확도

Table 1. The accuracy of uni-modal and score fusion algorithm.

	Genuine		Imposter		d'	EER(%)
	Mean	Std	Mean	Std		
Face	0.2187	0.1238	0.4228	0.1235	1.651	17.4532
Iris	0.1996	0.0493	0.4517	0.0418	5.516	0.6455
SUM	0.2177	0.0869	0.5723	0.0783	4.287	1.5191
Weighted SUM	0.2166	0.0876	0.6621	0.0726	5.537	0.5960
MAX	0.2708	0.1134	0.7245	0.0838	4.55	1.9715
MIN	0.1824	0.0793	0.4202	0.1188	2.354	8.9323
SVM	-1.1895	0.3308	1.1785	0.2283	8.332	0.3397

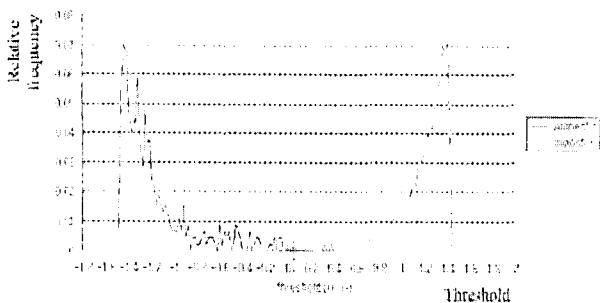


그림 6. 본인과 타인의 SVM 결과 분포

Fig. 6. SVM output distributions of genuine and imposter.

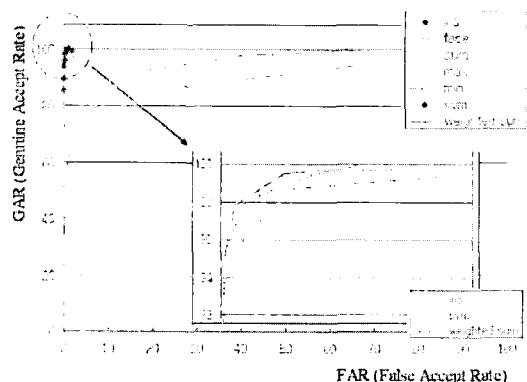


그림 7. ROC 곡선

Fig. 7. ROC curves.

는 다른 방법들보다 SVM을 사용할 때의 인식 성능이 가장 우수한 것을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문은 휴대폰 환경에서 단일 생체 인식의 한계를 극복하고 인식 성능을 향상시키기 위해 SVM을 사용하여 얼굴과 홍채를 스코어 레벨에서 결합하는 새로운 방법과 휴대폰 환경을 고려한 정수 기반의 알고리즘을 제안하였다. 그 결과, 본 논문에서 제안하는 SVM을 사용한 스코어 레벨에서의 결합 방법에 의해 EER 0.3397%의 인식 성능을 얻었고 기존의 SUM, Weighted SUM, MIN, MAX 규칙에 의한 스코어 레벨의 결합에서보다 더 좋은 인식 성능을 얻을 수 있었다. 그러나 광학 흐림 현상이나 사용자의 움직임에 의한 흐림 현상 등이 발생된 좋지 못한 품질의 영상에서는 얼굴 및 홍채 인식의 성능이 각각 감소되어지는 문제점이 있기 때문에 본 논문에서 제안하는 SVM을 사용한 스코어 레벨에서의 얼굴 및 홍채 인식 결합의 성능 역시 감소될 것으로 예상된다. 따라서 좋지 못한 품질의 영상에서 스코어 레벨

에서의 결합을 통해 인식 성능을 향상시킬 수 있는 방법을 연구할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] Ruud Bolle, Jonathan Connell, Sharathchandra Pankanti, Nalini Ratha, Andrew Senior "Guide to Biometrics" Springer Professional Computing, p20-21, 2003.
- [2] A. K. Jain, R. M. Bolle and PanKanti "Biometrics: Personal Identification in a Networked Society", 1999.
- [3] T. Mansfield, G. Kelly, D. Chandler and J. Kan "Biometric product testing final report" Technical report, National Physical Laboratory of the UK, 2001.
- [4] A. Ross, A. Jain and J. Z. Qian "Information Fusion in Biometrics" Pattern Recognition Letters, Vol. 24, issue 13, pp.2115-2125, 2003.
- [5] Byunjun Son, Yillbyung Lee, "Biometric Authentication System Using Reduced Joint Feature Vector of Iris and Face" Lecture Notes in Computer Science (AVBPA), pp. 513-522, 2005.
- [6] J. Y. Gan and Yu Liang "A Method for Face and Iris Feature Fusion in Identity Authentication" IJCSNS (International Journal of Computer Science and Network Security), Vol. 6, No. 2B, 2006.
- [7] C. Ching-Han and C. T. Chu "Fusion of face and iris features for multimodal biometrics" Lecture Notes in Computer Science (ICB), Vol. 3832, pp. 571-580, 2006.
- [8] Y. Wang, T. Tan and A. K. Jain "Combining Face and Iris Biometrics for Identity verification" Lecture Notes in Computer Science (AVBPA), Vol. 2688, pp.805-813, 2003.
- [9] P. Gupta, A. Rattani, H. Mehrotra and A. K. Kaushik "Multimodal biometrics system for efficient human recognition" The International Society for Optical Engineering (SPIE) Vol. 6202, 2006.
- [10] A. Jain, K. Nandakumar and A. Ross "Score normalization in multimodal biometric systems" Pattern Recognition Letters, Vol. 38, pp. 2270-2285, 2005.
- [11] S. Y. Han, H. A. Park, D. H. Cho and K. R. Park "Face recognition Based on Near-Infrared Light using Mobile Phones" Lecture Notes in Computer Science (ICANNGA), Vol.4432, pp440-448, 2007.

- [12] 박현애, 박강령, “휴대폰에서의 홍채인식을 위한 고속 홍채검출에 관한 연구”, 대한전자공학회 논문지, 제 43권 SP편 제 2 호, pp. 19 ~ 29, 2006년 3 월
- [13] W. H. Liao and D. Y. Li “Homomorphic Processing Technologies for Near-Infrared Images” Proceedings of ICASSP, Vol. 3, pp. 461-464, 2003.
- [14] D. H. Cho, K. R. Park, D. W. Rhee, Y. G. Kim and J. H. Yang “Pupil and Iris Localization for Iris Recognition in Mobile Phones” SNPD, Las Vegas, Nevada, USA, 2006.
- [15] 장영균, 강병준, 박강령, “홍채 인식을 위한 포물 허프 변환 기반 눈꺼풀 영역 검출 알고리즘”, 대한전자공학회 논문지, 제 44권 SP편 제01호, pp. 94 ~ 104, 2007년 1월
- [16] B. J. Kang and K. R. Park “A Robust Eyelash Detection Based on Iris Focus Assessment” Pattern Recognition Letters, Vol. 28, Issue 13, pp. 1630-1639, 2007.
- [17] 양희성, 김유호, 이준호, “조명 변화, 얼굴 표정 변화에 강인한 얼굴 인식 방법,” 정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용, 제 28권, 제 2호, pp. 192-200, 2001.
- [18] R. O. Duda, P. E. Hart and D. G. Stork “Pattern Classification” 2nd, pp. 259-265, 2001.
- [19] www.samsung.co.kr (accessed on 2008.02.25).
- [20] J. G. Daugman “How Iris Recognition Works” IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 14, No. 1, pp. 21-30, 2004.
- [21] Yong Wang and Jiuqiang Han “Iris Recognition Using Support Vector Machines” LNCS on ISNN2004, pp. 622-628, 2004.
- [22] Kaushik Roy and Prabir Bhattacharya “Iris Recognition with Support Vector Machines” LNCS on ICB06, 3832, pp. 486-492, 2006.
- [23] Kang Ryoung Park, Hyun-Ae Park, Byung Jun Kang, Eui Chul Lee, Dae Sik Jeong, “A Study on Iris Localization and Recognition on Mobile Phone”, Eurasip Journal on Advances in Signal Processing, Volume 2008 (2008), pp. 1~12, November 2007.
- [24] Vytautas Perlibakas, “Distance measures for PCA-based face recognition,” Pattern Recognition Letters, Vol. 25, Issue 6, pp. 711-724, 2004.
- [25] Song-yi Han, Kang Ryoung Park, “Multi-modal Face and Iris Recognition using Mobile Phones based on a Hierarchical SVM”, Pattern Recognition Letters, Submitted.

저 자 소 개



한 송 이(정회원)
 2006년 2월 상명대학교 소프트웨어학부 학사 졸업
 2008년 2월 상명대학교 일반대학원 컴퓨터과학과 석사졸업
 2008년 3월~현재 코아로직 연구원

<주관심분야 : Biometric 영상 처리, 패턴인식>



강 병 준(학생회원)
 2004년 2월 상명대학교 소프트웨어학과 학사 졸업
 2006년 2월 상명대학교 일반대학원 컴퓨터과학과 석사졸업
 2006년 3월~현재 상명대학교 일반대학원 컴퓨터과학과 박사과정

<주관심분야 : Biometric 영상 처리, 패턴인식, 컴퓨터비전>



박 강 령(정회원)-주저자 및 교신저자
 1994년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업
 1996년 2월 연세대학교 전자공학과 석사
 2000년 2월 연세대학교 전기·컴퓨터공학과 박사
 2000년 2월~2003년 2월 LG전자 기술원 Digital Vision Group 선임연구원
 2003년 3월~2008년 2월 상명대학교 소프트웨어대학 디지털 미디어학부 조교수
 2008년 3월~현재 동국대학교 전자공학과 조교수
 2003년 8월~현재 생체인식연구센터 총괄과제 책임자

<주관심분야 : Biometric 영상 처리, 패턴인식, 컴퓨터비전>



박 소 영(정회원)
 1997년 2월 상명대학교 전자계산학과 학사 졸업
 1999년 2월 고려대학교 컴퓨터학과 석사졸업
 2005년 2월 고려대학교 컴퓨터학과 박사졸업
 2005년 상명대학교 초빙교수
 2006년 고려대학교 BK21 연구전임강사
 2007년 3월~현재 상명대학교 디지털미디어학부 전임강사

<주관심분야 : 인간컴퓨터인터랙션, 자연어처리, 채팅로봇>