

다중 바이오인식 기반 운전면허학원 근태관리 시스템

김용중, 박성호, 최우준, 서대영
 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과
 e-mail:{yongjoong, livingwreck, icemouse, seody}@kpu.ac.kr

Driving School Attendance Management System based on Multi-modal Biometrics

Yong-Joong Kim, Sung-Ho Park, Woo-Joon Choi, Dae-Young Seo
 Dept of Computer Engineering, Korea Polytechnic University

요 약

본 논문에서는 지문과 얼굴정보를 이용한 다중 바이오인식 기술(Multi-modal Biometric Technology)을 이용한 운전면허학원 근태관리 시스템 구현에 대해 논한다. 지문인식은 Neurotechnology사의 Free Fingerprint Verification SDK를 사용하였으며, 얼굴인식은 얼굴검출 단계에 Adaboost, 특징추출 단계에 Gabor Wavelet Transform을 이용하였다. 마지막 단계인 인식단계는 두 특징벡터 간의 유클리디언 거리를 이용한다. 두 바이오정보를 통한 인증(Verification)의 결정여부는 AND규칙을 이용하여 두 가지의 바이오정보 인증과정을 모두 통과하여야만 최종 인증확인이 되도록 구현하였다. 성능테스트는 10명의 적은 테스트 집합을 이용하였으며 지문과 얼굴정보를 각각 이용하였을 때보다 두 정보를 결합하였을 때 더 나은 인식률을 보였다.

1. 서론

정보통신 기술의 발달로 정보통신 인프라가 널리 보급되고 이를 통한 서비스가 보편화됨에 따라 정보통신 인프라 내에서 비밀번호나 장비를 사용하는 것 이외에 사용자 고유의 생체정보를 이용하여 신원확인을 하는 바이오인식(Biometrics) 기술이 등장하여 각광을 받고 있다. 바이오인식 기술은 사용자가 기억하거나 소지할 필요가 없으므로 분실 및 도난 등의 문제가 전혀 없어 기존의 패스워드나 장치를 이용한 방법에 비해 높은 보안 성능을 제공할 수 있다.

이미 지문인식과 얼굴인식을 이용한 제품들이 시장에 많이 출시되었으며, 다양한 분야에서 바이오인식 기술을 이용하여 편리함을 추구하고 있다.

그러나 이런 바이오인식 기술의 장점과 유용성에도 불구하고 이를 악용하는 사례도 간간히 등장하고 있다. 예를 들면 실리콘 지문으로 운전면허 시험 대리 출석을 한 사건과 역시 마찬가지로 실리콘 지문으로 일본 입국시스템을 무력화 시키는 사건이 있었다.[1, 2] 이러한 사례에서 알 수 있듯이 각각 하나의 바이오정보를 이용한 단일 바이오인식 기술은 생체 방식에 따라 각각의 문제점이 노출되고 있는 상황이다.

특히 운전면허학원에서는 2005년도부터 지문인식을 이용하여 강사 및 학원생들의 근태관리를 하고 있는데, 지문인식의 인식률은 바이오인식 기술에서 가장 높은 수준에 머물러 있지만 사용자 등록과정에서 타인의 지문을 등록할 수 있게 된다. 이는 결국 해당 사용자의 근태관리를 조작할 수 있다는 말이 되고, 운전자의 불충분한 교육으로 교통사고로 직결될 수 있는 중요한 문제이기 때문에 이에

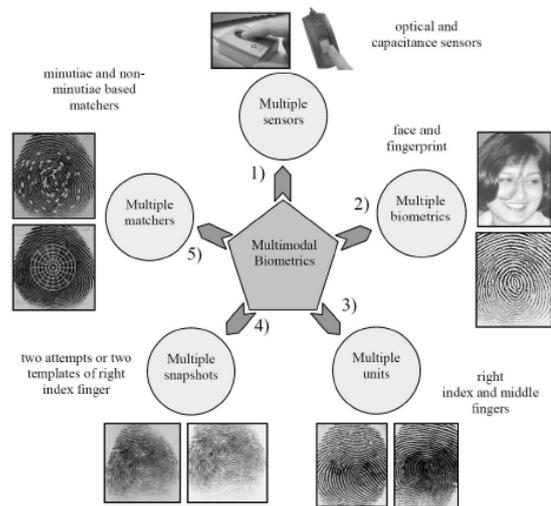
대한 대처방안이 필요한 상황이다. 따라서 본 논문에서는 다중 바이오인식을 이용한 운전면허학원 근태관리 시스템에 대해 논한다.

본 논문의 구성은 2장에서는 다중 바이오인식 시스템의 분류, 지문인식, 얼굴인식 알고리즘을 다루며, 3장에서 제안하는 시스템을 기술하고, 4장에서 성능평가, 5장에서 결론을 도출하여 마무리 한다.

2. 관련연구

이 장에서는 다중 바이오인식의 분류와 지문과 얼굴을 이용한 바이오인식 알고리즘 종류에 대해 논한다.

2.1. 다중 바이오인식 시스템의 분류



(그림 1) 다중 바이오인식 시스템의 분류

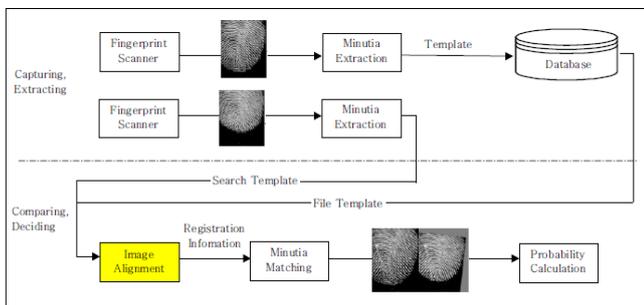
Prabhakar와 Jain[3]에 의하면 다중 바이오인식 시스템은 크게 다중 바이오 정보의 구성 또는 정보 통합(Fusion)이 이루어지는 기준에 따라 (그림 1)과 같이 분류한다.

- 1) Multiple sensors: 하나의 바이오특징을 여러 개의 다른 방식의 센서로 획득한다.
- 2) Multiple biometrics: 다수의 서로 다른 바이오 정보를 사용한다.
- 3) Multiple units: 하나의 바이오특징에 대하여 여러 개의 특징 유닛을 사용한다.
- 4) Multiple snapshots: 하나의 바이오특징을 하나의 센서로 여러 번 획득하여 사용한다.
- 5) Multiple matchers: 하나의 입력된 바이오특징 신호를 여러 가지 매칭 알고리즘을 사용한다.

이 다섯 가지 종류 중에 본 논문에서는 Multiple Biometrics System을 다룬다.

2.2. 지문인식 알고리즘

일반적으로 사용되는 지문인식 알고리즘은 크게 특징 추출과 지문정합의 두 부분으로 나눌 수 있다. (그림 2)은 지문인식 알고리즘 흐름도이다.



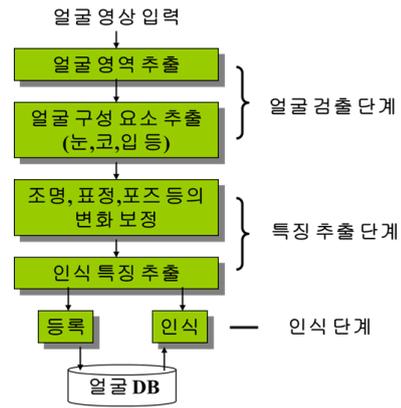
(그림 2) 지문인식 알고리즘 흐름도

특징추출 단계는 다시 전처리, 특징점 추출, 후처리로 나뉘고 이러한 단계를 거쳐 매칭성능을 높인다.

2.3. 얼굴인식 알고리즘

얼굴인식 알고리즘에는 정지영상을 이용한 경우와 동영상을 이용한 경우가 있는데 본 논문에서는 정지영상을 이용한 얼굴인식을 다룬다.

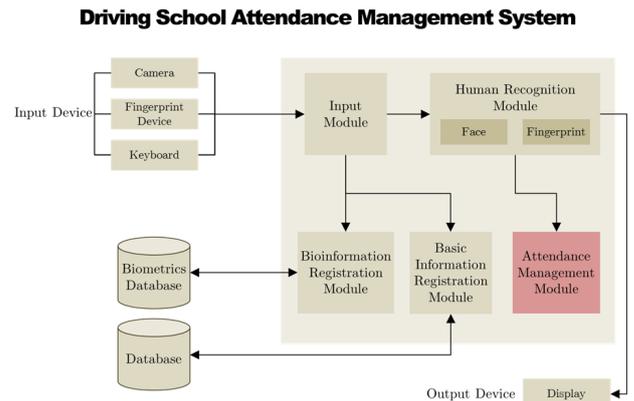
정지영상을 이용한 얼굴인식 방법은 통계적 방법, 신경망을 이용하는 방법, 특징을 기반으로 한 방법, 2차원 측면 영상을 사용한 방법 등이 있으며, 이 방법들은 얼굴검출, 특징추출, 인식의 세 단계를 거친다.



(그림 3) 얼굴인식의 3단계

3. 제안하는 시스템

본 논문에서 제안하는 운전면허학원 근태관리시스템은 기존에 사용하는 단일 바이오인식 방법이 아닌 지문정보에 얼굴정보를 추가로 이용하는 다중 바이오인식 방법이다. (그림 4)은 운전면허학원 근태관리 시스템의 구성도이다.



(그림 4) 전체 시스템 구성도

시스템 구성도를 보면 시스템은 입력장치에서 카메라와 지문스캐너를 통해 얼굴과 지문을 각각 입력받아 근태관리를 한다. 따라서 두 가지의 바이오정보가 어떻게 결합(Fusion)하는지에 따라 시스템의 인식률에 영향을 미친다.

3.1. 지문인식 알고리즘

운전면허 근태관리 시스템에 포함되는 지문인식부분은 Neurotechnology사의 Free Fingerprint Verification SDK를 이용하여 구현하였다.[4]

3.2. 얼굴인식 알고리즘

앞에서 언급했듯이 얼굴인식은 크게 세 단계로 나뉘는데 본 논문에서 제안하는 시스템은 얼굴검출 단계에서

Adaboost 알고리즘을 사용하고 특징추출 단계에서는 GWT(Gabor Wavelet Transform)을 사용한다. 마지막 인식단계에서는 두 특징 벡터 간 유클리디언 거리를 이용하여 인식한다.

3.2.1. Adaboost

Adaboost 알고리즘은 Adaptive Boosting의 약자로 Freund와 Schapire가 제안하였으며, 단순한 가설에 근거한 약한 분류기(weak classifier)를 결합하여 강한 분류기(strong classifier)를 생성하는 학습 알고리즘(Learning Algorithm)이다.[5] Adaboost 알고리즘은 (그림 5)과 같다.

Given: $(x_1, y_1), \dots, (x_m, y_m)$ where $x_i \in X, y_i \in Y = \{-1, +1\}$
 Initialize $D_1(i) = 1/m$.
 For $t = 1, \dots, T$:

- Train weak learner using distribution D_t .
- Get weak hypothesis $h_t : X \rightarrow \{-1, +1\}$ with error $\epsilon_t = \text{Pr}_{i \sim D_t} [h_t(x_i) \neq y_i]$.

- Choose $\alpha_t = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1 - \epsilon_t}{\epsilon_t} \right)$.
- Update:

$$D_{t+1}(i) = \frac{D_t(i)}{Z_t} \times \begin{cases} e^{-\alpha_t} & \text{if } h_t(x_i) = y_i \\ e^{\alpha_t} & \text{if } h_t(x_i) \neq y_i \end{cases}$$

$$= \frac{D_t(i) \exp(-\alpha_t y_t h_t(x_i))}{Z_t}$$

where Z_t is a normalization factor (chosen so that D_{t+1} will be a distribution).

Output the final hypothesis:

$$H(x) = \text{sign} \left(\sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x) \right).$$

(그림 5) 1차원 분류기를 생성하는 Adaboost 알고리즘

3.2.2. GWT(Gabor Wavelet Transform)

GWT에서 가버 특징 벡터는 얼굴 영상과 가버 웨이블릿 필터(filter)를 컨볼루션(convolution)하여 얻어진 계수로 정의되어진다.

가버 특징 벡터를 이용한 가버 웨이블릿 변환은 이차원 형태의 다중해상도와 다중 방향으로 이루어진 필터를 통하여 영상에 대한 다양한 주파수를 가진 특징들을 검출한다. 이 필터는 공간 영역과 주파수 영역 양쪽에서 최적으로 국소화(localization) 되므로 공간적인 특징을 반영한다는 장점을 이용하여 잡음이나 조명 변화에 강인한 특징 추출이 필요한 영상 인식에서 많이 사용되고 있다. 이를 위한 이차원 가버 웨이블릿 함수는 다음과 같이 정의된다.[6, 7, 8]

$$\psi_{\mu, \nu}(z) = \frac{\|k_{\mu, \nu}\|^2}{\sigma^2} e^{-\frac{\|k_{\mu, \nu}\|^2 \|z\|^2}{2\sigma^2}} [e^{ik_{\mu, \nu} z} - e^{-\frac{\sigma^2}{2}}]$$

(1)

(1)식에서 $\| \cdot \|$ 는 놈(norm) 연산자, σ 는 가우시안 분포의 표준편차이다. 그리고 K_u, v 는 주어진 크기(scale)와 방위(orientation)를 가지는 특성과 벡터(characteristic wave vector)로 다음과 같다.

$$K_{u,v} = K_v e^{i\Phi_u} \tag{2}$$

여기서 u 와 v 는 가버 커널의 크기와 방위이다. 다음 <표 1>는 가버 커널 조건이다.[9]

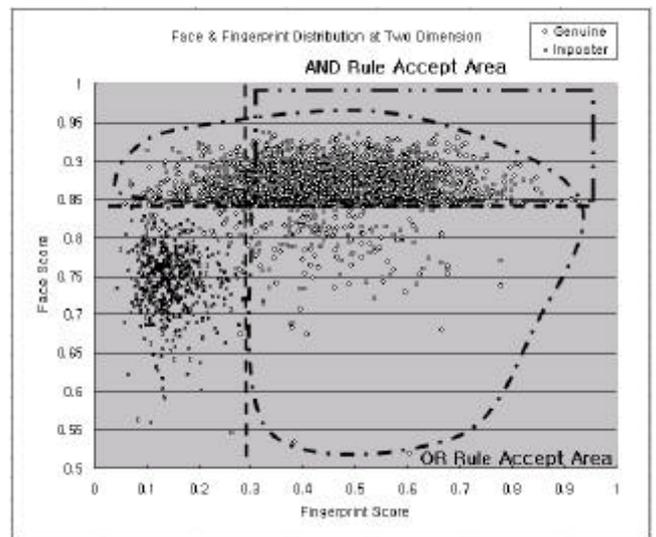
<표 1> 가버 커널 조건 [(1)식 참조]

크기 ν (5개)	0, 1, 2, 3, 4
방위 u (8개)	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
표준편차 σ	2π
최대 주파수 k_{\max}	$\pi/2$
Spacing Factor f	$\sqrt{2}$

3.3. 결정규칙(Decision Rule)

다중 바이오 인식 시스템의 결정단계에서는 보안적인 측면과 사용자의 편의성이라는 측면에서 크게 추상적인 단계(Abstract Level)와 확률 단계(Probability Level)로 나눌 수 있다.[10]

본 논문에서 논하는 시스템은 추상적인 단계를 사용하는데 추상적인 단계에는 AND규칙과 OR규칙이 있다. AND 규칙은 두 개의 바이오정보가 모두 인증되어야 통과되므로 보안적인 측면이 강하고, OR 규칙은 둘 중에 하나의 바이오정보만 인증되면 통과되므로 사용자의 편의성 측면이 강하다.



(그림 6) AND & OR 규칙의 인증 영역

(그림 6)은 지문과 얼굴정보를 이용한 다중 바이오인식 시스템의 AND & OR 결정규칙 영역이다. 본 시스템은 보안성 강화를 위해 AND규칙을 이용한다.

4. 성능 평가

본 시스템은 Free Fingerprint Verification SDK의 제약으로 인해 10명의 작은 사이즈의 데이터베이스로 테스트 하였으며 FRR 테이블은 <표 2>와 같다. 이 표를 보면 각각의 단일 바이오 인식보다 얼굴과 지문을 결합했을 때 보다 좋은 인식률을 보였다.

<표 2> FRR 테이블

FA(%)	FR1(%) (얼굴)	FR2(%) (지문)	FR3(%) (얼굴+지문)
1.0	17.3	4.2	2.6
0.1	41.6	6.1	5.3
0.01	61.8	11.9	7.0
0.001	66.9	14.7	10.2

5. 결론

본 논문에서는 기존에 사용되는 단일 바이오인식을 이용한 운전면허 근태관리 시스템 대신 지문과 얼굴을 이용한 다중 바이오인식을 이용한 근태관리 시스템을 제안하였다. 비록 지문인식 SDK의 제약사항으로 10명의 테스트 집합을 이용하여 성능평가를 하여 더 정확한 성능평가를 하진 못하였지만, 단일 바이오인식보다 다중 바이오인식을 이용하면 결합방법에 따라 더 좋은 성능을 낼 수 있음을 보였다.

참고문헌

- [1] <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LPOD&mid=tvh&oid=055&aid=0000056928>
- [2] <http://www.cbs.co.kr/nocut/Show.asp?IDX=1466391>
- [3] S. Prabhakar and A. K. Jain, "Decision-level fusion in fingerprint verification", Pattern Recognition, vol. 35, pp.861-874, 2002
- [4] <http://www.neurotechnology.com>
- [5] Yoav Freund and Robert E. Schapire, "A Short Introduction to Boosting", Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence, 14(5):771-780, 1999
- [6] T. S. Lee, "Image representation using 2D Gabor wavelets", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol.18, pp.959-971, 1996
- [7] R. M. Mutelo, W. L. Woo and S. S. Dlay, "Discriminant analysis of the two-dimensional Gabor features for face recognition", IET Computer Vision,

Vol.2, No.2, pp.37-49, 2008

[8] L. Shen and L. Bai, "A review on Gabor wavelets for face recognition", Pattern Analysis and Applications 9 (2), pp.273-292, 2006

[9] Donato G., Bartlett M.S., Hager J.C., Ekman P. and Sejowski T.J., "Classifying facial actions", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., 21, pp.974-989, 1999

[10] W. Byeon and M. Jeon, "Person-specific Face Feature Extraction based on Gabor Wavelet Transform", 한국정보기술학회 추계학술대회 논문집 C-05, p.222-227, 2009

[14] Lin Hong, Anil Jain, Sharath Pankanti, "Can Multibiometric Improve Performance?", Proceedings AutoID'99, Summit, NJ, Oct 1999, pp.59-64.