

Contactless Biometric Using Thumb Image

Lim Naeun^{*} · Han Jae Hyun^{**} · Lee Eui Chul^{***}

ABSTRACT

Recently, according to the limelight of Fintech, simple payment using biometric at smartphone is widely used. In this paper, we propose a new contactless biometric method using thumb image without additional sensors unlike previous biometrics such as fingerprint, iris, and vein recognition. In our method, length, width, and skin texture information are used as features. For that, illumination normalization, skin region segmentation, size normalization and alignment procedures are sequentially performed from the captured thumb image. Then, correlation coefficient is calculated for similarity measurement. To analyze recognition accuracy, genuine and imposter matchings are performed. At result, we confirmed the FAR of 1.68% at the FRR of 1.55%. In here, because the distribution of imposter matching is almost normal distribution, our method has the advantage of low FAR. That is, because 0% FAR can be achieved at the FRR of 15%, the proposed method is enough to 1:1 matching for payment verification.

Keywords : Thumb Recognition, Biometric

엄지손가락 영상을 이용한 비접촉식 바이오인식

임 나 은^{*} · 한 재 현^{**} · 이 의 철^{***}

요 약

최근 금융과 기술이 결합된 핀테크 기술이 각광받고 있고 모바일 기기에서 바이오 정보를 이용한 간편 결제를 이용하는 사람들이 늘어나고 있다. 본 논문에서는 기존의 지문, 홍채, 정맥 인식과 같은 생체인식 시스템과 달리 별도의 센서 추가 없이 스마트폰의 후면 카메라로 촬영된 엄지손가락 후면 영상을 이용한 새로운 비접촉식 바이오인식 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서는 엄지손가락의 길이, 너비, 주름 정보를 특징으로 사용한다. 이를 위해 가이드라인에 맞춘 엄지손가락 영상을 촬영하고, 조명 정규화, 피부색 영역 검출, 크기 정규화 및 정렬 과정을 거친 후 상관계수 계산을 통해 유사도를 측정한다. 인식 정확도 측정을 위해 동일한 매칭 및 타인 매칭을 진행하였으며, 오거부율이 1.55%일 때, 1.68%의 오수락율의 결과를 얻었다. 타인 매칭 결과에 대한 분포가 정규분포에 가깝게 나타나 보안성 측면에서 더욱 중요한 오수락율이 적다는 장점을 가진다. 오거부율이 15% 수준일 때 오수락율을 0%까지 낮출 수 있어 보안성을 우선시 하는 금융시장에서 본인 확인 목적의 바이오인식 방법으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

키워드 : 엄지손가락 인식, 바이오인식

1. 서 론

바이오인식은 센서를 통해 획득된 인체 데이터의 고유한 특성을 패턴인식 기법을 통해 본인 여부를 판단하는 방법으로, 기존의 본인 인증 방법에 비해 망각이나 분실에 의한 문제가 없으며, 위변조 위험성이 덜하다는 장점을 가지고

있다[1]. 생체인식의 종류에는 지문인식, 얼굴인식, 홍채인식, 정맥인식, 음성인식 등이 있으며, 특히 지문, 정맥, 홍채인식이 높은 시장 점유율을 보이고 있다[2-6]. 최근에는 금융(financial)과 기술(technology)의 합성어인 핀테크(Fintech) 기술이 각광 받음에 따라, 지문인식 센서가 포함된 휴대기기에서는 지문을 통한 개인 인증을 통한 간편 결제를 이용하는 사람들이 증가하고 있다[7].

하지만 지문인식 센서가 포함되지 않은 스마트폰에서는 지문인식을 사용할 수 없고, 손가락 표면의 습기 정도나 상처에 의해 인식에 오류가 잦다는 문제가 있다. 모든 스마트폰이 카메라를 포함함에 따라, 얼굴인식 방법이 고려될 수 있으나, 얼굴의 정보가 모자나 안경 착용, 머리카락, 조명 및 표정 편차 등에 의해 인식률이 크게 저하될 수 있다[8]. 홍채인식은 높은 정확도가 장점이지만 적외선 조명 및 고가의 증

※ 이 논문은 2015년 계당장학재단 연구비에 의하여 연구되었음.

※ 이 논문은 2016년도 한국정보처리학회 춘계학술발표대회에서 '손가락 길이 다중 특징을 통한 바이오인증 방법'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임.

† 비 회 원 : 상명대학교 컴퓨터과학과 석사과정

†† 준 회 원 : 상명대학교 컴퓨터과학과 석사과정

††† 정 회 원 : 상명대학교 컴퓨터과학과 교수

Manuscript Received : July 1, 2016

First Revision : August 11, 2016

Accepted : August 11, 2016

* Corresponding Author : Lee Eui Chul(eclee@smu.ac.kr)

컨트롤이 가능한 카메라 장비가 필요하고, 정맥 인식 또한 적외선 이미징 시스템을 갖춰야 한다는 문제점이 있다[5, 9, 10].

따라서 본 논문에서는 위와 같은 바이오인식 시스템의 문제를 해결하고자 별도의 센서 추가 없이 카메라를 통해 엄지손가락 후면 영상을 얻고 영상처리를 통해 개인을 인증할 수 있는 새로운 방법을 제안한다.

본 논문의 2장에서는 제안하는 방법에서 사용되는 알고리즘에 대해 설명하고, 3장에서는 인식 정확도에 대한 성능평가 결과를 제시한다.

2. 제안하는 방법

제안하는 방법은 일반 가시광 카메라를 통해 촬영된 엄지손가락 후면 영상의 영상처리 및 유사도 측정을 통해 동작된다. Fig. 1은 제안하는 방법에 대한 흐름도이다.



Fig. 1. Procedure of Proposed Thumb Recognition Method

2.1 영상 획득

가이드라인에 엄지손가락을 맞춘 후 촬영된 전체 영상이 아닌 가이드라인 안의 영상만을 이용해서 인식 과정을 진행한다. 이 과정은 전체 영상에서 엄지손가락을 검출하고 정렬하는 과정을 간소화하기 위함이다.



Fig. 2. Concept of Guideline (Red Rectangle) and Thumb Image Positioning in Camera Preview Display

2.2 조명 정규화

엄지손가락을 촬영할 때 항상 같은 환경에서 촬영하지 않기 때문에 주변 환경의 조명 조건에 따라 엄지손가락 영역별로 조명 성분의 편차가 존재할 수 있다. Fig. 3A는 획득된 엄지손가락 영상이고 Fig. 3B는 임의의 밝기값의 임계치를 통해 이진화된 결과 영상이다. 제안하는 방법에서는 피부색 검출을 위해 Equation (1)과 같이 밝기와 색상 성분이 혼합되어 있는 RGB 컬러모델을 조건으로 사용하기 때문에, 조명 성분의 정규화를 통해 엄지손가락 영역 내 밝기 성분을 균일하게 맞추어야 할 필요가 있다.

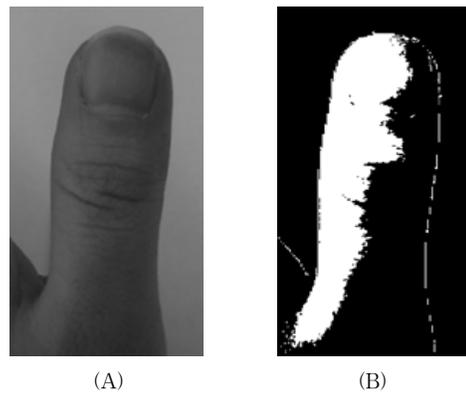


Fig. 3. Illumination Imbalanced Thumb Image. (A) Captured Thumb Image, (B) Binarization Result Using Brightness Threshold

조명 성분을 균일하게 맞춰주기 위해 평균 필터 기반의 조명 정규화 기법[11]을 사용한다. 평균 필터 기반의 조명 정규화 기법은 평균 필터 컨볼루션을 이용하여 영상의 최저주파 성분과 해당하는 조명 성분을 추출한 후 이 성분을 반전시킨 성분과 입력 영상을 더하여 조명 정규화된 영상을 얻는 방법이다.

평균 필터 기반의 조명 정규화 기법은 회색조 영상에서 사용할 수 있으므로 색 변환이 필요하다. RGB 색 공간을 가진 컬러 영상의 입력이미지를 YCbCr 색 공간으로 변환한 후 밝기 성분에 해당하는 Y성분에 대해 조명 정규화 기법을 적용한다. Y성분에 대한 조명 정규화 수행 후 RGB 색 공간에서 영상을 확인하면 Fig. 4와 같이 조명 정규화된 영상을 얻을 수 있다.

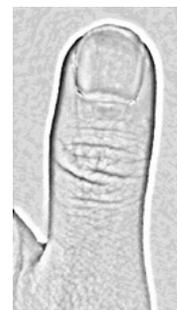


Fig. 4. Illumination Normalized Thumb Image

2.3 손가락 영역 검출

입력 받은 영상에서 엄지손가락 영역을 제외한 배경 성분을 제거하기 위한 과정이다. 손가락 영역을 검출하기 위해서는 RGB-H-CbCr 피부색 모델을 이용하여[12], 피부색 영역을 검출한다. RGB-H-CbCr 피부색 모델은 RGB, CbCr, HSV 영역에서 아래의 식과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} &(R > 95) \text{ AND } (G > 40) \text{ AND } (B > 20) \quad \text{AND} \quad (1) \\ &(\max(R, G, B) - \min(R, G, B) > 15) \quad \text{AND} \\ &(|R - G| > 15) \text{ AND } (R > G) \text{ AND } (R > B) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &(R > 220) \text{ AND } (G > 210) \text{ AND } (B > 170) \text{ AND} \quad (2) \\ &(|R - G| \leq 15) \text{ AND } (R > B) \text{ AND } (G > B) \end{aligned}$$

$$Cr \leq 1.5862 \times Cb + 20 \quad (3)$$

$$Cr \geq 0.3448 \times Cb + 76.2069 \quad (4)$$

$$Cr \geq -4.5652 \times Cb + 234.5652 \quad (5)$$

$$Cr \leq -1.15 \times Cb + 301.75 \quad (6)$$

$$Cr \leq -2.2857 \times Cb + 432.85 \quad (7)$$

$$H < 25 \quad (8)$$

$$H > 230 \quad (9)$$

피부색 영역은 (Equation (1) \cup Equation (2)) \cap ((Equation (3) \cap Equation (4) \cap Equation (5) \cap Equation (6) \cap Equation (7)) \cap (Equation (8) \cup Equation (9)))을 만족하는 영역이다.

입력영상인 Fig. 5A를 RGB-H-CbCr 피부색 모델을 이용하여 엄지손가락 영역을 검출하면 Fig. 5B가 된다.

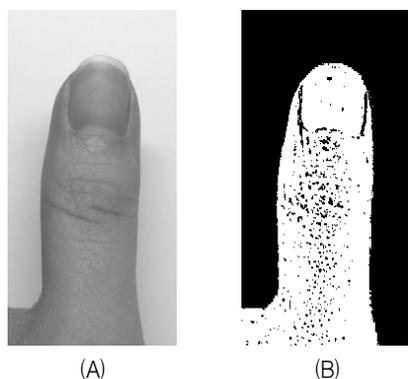


Fig. 5. Example of Skin Region Segmentation. (A) Original Captured Image, (B) After Skin Region Segmentation

손가락 영상의 크기 정규화 및 정렬을 위해서는 손가락의 너비 정보를 측정해야 한다. Fig. 5B에서 좌우 양끝에서 수평방향으로 탐색하여 두 픽셀 이상 연속적으로 255로 나타나는 지점을 결정하여, 두 점 사이의 거리를 너비로 정의한다. Fig. 6은 이와 같은 과정으로 결정된 두 점(A, B)와 너비 정보의 예시이며, Fig. 7은 이와 같은 과정을 통해 연속적으로 검출된 너비 정보의 프로파일이다.

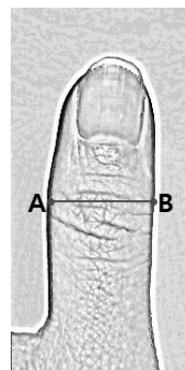


Fig. 6. Concept of the Width of Thumb

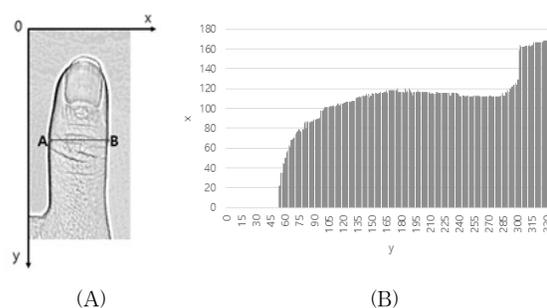


Fig. 7. Profile of Thumb Width. (A) X-Y Coordinate for Explaining Width Profile, (B) Extracted Profile of Thumb Width

2.4 손가락 크기 정규화 및 비교 관심 영역 지정

카메라와 손가락 사이의 거리에 따라 영상에서 손가락의 크기가 다르게 나타날 수 있다. 이 때문에 크기를 정규화시키지 않으면 같은 사람의 손가락이라도 유사도가 떨어질 수 있다.

Fig. 2의 가이드라인을 제시하여 촬영된 엄지손가락 영역을 사용하지만, 엄지손가락 하단의 다른 영역이 포함될 수 있으므로, 일관된 기준을 통해 엄지손가락의 관심영역을 좁히는 과정이 필요하다.

크기 정규화 및 관심 영역 지정은 2.3절에서 검출된 손가락 너비를 이용한다. 크기 정규화는 이미지 상단으로부터 2/3 지점까지 중 손가락 너비가 가장 길게 측정된 지점을 지정한다. Fig. 8A의 빨간색 선은 손가락 너비가 가장 긴 지점이다. 이 위치의 손가락 너비를 정규화하고자 하는 너비를 40 pixels로 맞추는 과정을 통해 크기 편차 문제를 해결한다.

손가락 영역의 하단 끝 부분에 대한 지정은 Fig. 8A의 빨간색 선 하단으로 손가락 너비가 가장 짧은 지점을 검출하여 파란색 선과 같이 결정한다. 좌우 배경 부분을 제거하기 위해서는 피부색 영역 중 가장 좌우측에 위치하는 두 지점의 가로 좌표를 통해 결정된다. 이렇게 결정된 엄지손가락의 비교 관심 영역은 Fig. 8A의 검은색 직사각형 영역과 같다. 이 영역에 대한 크기 정규화 결과 영상은 Fig. 8B과 같다.

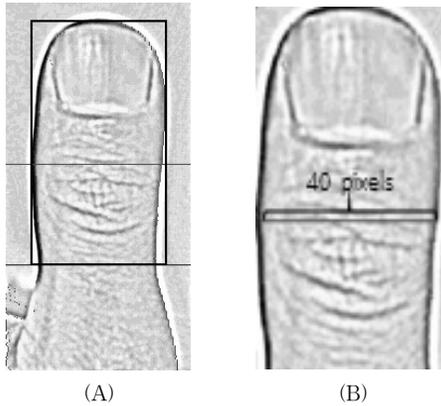


Fig. 8. ROI(Region of Interest) Definition. (A) ROI Definition of Thumb Image (B) Result of Cropping and Size Normalization

2.5 유사도 비교

손가락 인식을 위해서는 두 영상이 서로 동일인인지 판별하기 위한 유사도 측정 과정이 필요하다. 제안하는 방법에서는 2.4절에서 언어진 두 영상간의 상관계수를 구해서 유사도를 측정한다.

Fig. 9와 같이 인식을 할 때 처음에 등록된 영상을 “enrolled image”라 하고 입력된 영상을 “input image”라 한다. 손가락 경계의 모호한 정보가 인식에 사용됨으로 인해 유사도 측정 성능이 떨어질 수 있는 점을 고려하여, “input image”의 외곽부분을 제거하는 과정을 거친다. 먼저, “input image”의 높이가 “enrolled image”보다 긴 경우는 하단 부분을 “enrolled image” 기준에 맞춰 제거한다. 또한, Fig. 9의 “refined image”와 같이 상하단에서 4픽셀, 좌우에서 8픽셀 만큼을 버리는 과정을 통해 최종 인식에 사용될 영역(빨간색 영역)을 결정한다. 결과적으로 “refined image”는 “enrolled image”보다 크기가 작기 때문에 “refined image”를 이동하며 상관계수를 측정하는 과정을 통해 상관계수가 최대치인 값을 최종 유사도로 사용한다.

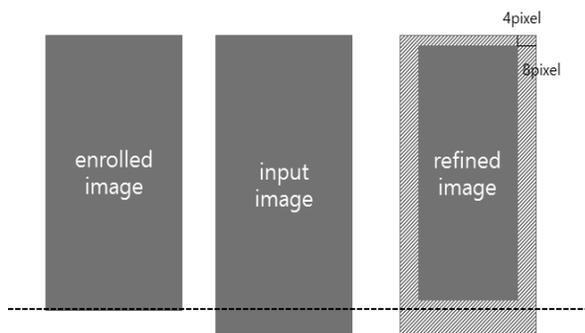


Fig. 9. Comparison Scheme for Matching Two Images with Different Sizes

노이즈 제거 및 유사도 비교를 위해서 “enrolled image”와 “refined image”를 회색조 영상으로 변환하고 평균값필터 기반으로 블러시킨다. 이 결과 영상들은 Fig. 10과 같으며 이 영상으로 상관계수 r 을 구해 유사도를 측정한다.

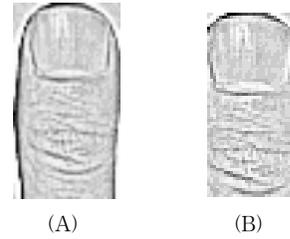


Fig. 10. Examples of Gray and Average Filtered Thumb Image. (A) Gray Image of ROI. (B) Cropped and Blurred Image

X_i, Y_i 를 비교되는 두 영상의 동일 위치에 대한 각 화소라 하면, 각 평균은 \bar{X}, \bar{Y} 이며 표준편차를 σ_x, σ_y 라고 할 때 상관계수 r 은 Equation (10)과 같다.

$$r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - \bar{X}}{\sigma_x} \right) \left(\frac{Y_i - \bar{Y}}{\sigma_y} \right) \quad (10)$$

3. 실험 결과

인식 정확도 측정을 위해 동일 인물의 엄지손가락 영상 간 매칭(genuine matching) 유사도와 다른 인물의 손가락 영상 간 매칭(imposter) 유사도를 측정한다. 측정된 유사도 값에 대한 확률밀도함수를 획득하여 유사도의 임계치에 따른 오수락율(FAR: False Acceptance Rate)과 오거부율(FRR: False Rejection Rate)이 최소가 되는, 즉 FAR과 FRR이 동일하게 나타나는 동일오류율(EER: Equal Error Rate) 지점을 베이지안 최소오류 결정이론에 근거하여 계산한다. 오수락율은 바이오 인식 시스템이 인증하려는 사용자와 등록된 사용자가 다름에도 불구하고 동일한 사용자로 잘못 인식하여 타인을 수락하는 오류의 비율이고, 오거부율은 사용자와 등록된 사용자가 동일임에도 불구하고 다른 사용자로 잘못 인식하여 본인을 거부하는 오류의 비율을 의미한다. EER은 바이오 인식 시스템의 성능 지표로서 오수락률(FAR)과 오거부율(FRR)이 동일하게 나타나는 지점이 최소 오류 지점이라는 이론에 근거한 성능 지표이다.

3.1 평가 환경

1) 사전 데이터

Table 1과 같은 명세를 갖는 엄지손가락 사진 200장(20명의 엄지손가락, 1명당 10장)을 실험에 사용하였다. 엄지손가락은 logitech c920 모델의 웹캠을 이용하여 영상을 획득했다.

Table 1. Database Specification of Thumb Image

Type	Format	Resolution	File size	N
Thumb image	BMP, RGB24	172 × 340	175,494 Bytes	200

2) 세부 실험 평가 환경

PC에서 Microsoft Visual Studio 2015 개발환경에서 C++을 이용하여 실시간 인식 소프트웨어를 개발하였고, 성능 평가를 위해 본인간 매칭과 타인간 매칭을 일괄 처리할 수 있는 모듈을 개발하여 실험을 진행하였다.

Table 2. Experimental Environment

OS	CPU	Mem	HDD	IDE / Language
Microsoft Windows 10 Professional (64bit)	Intel® Core™ i3-505U CPU @ 2.00GHz	8GB	500GB	Microsoft Visual Studio Community 2015 / C++

3.2 평가 결과

Fig. 11은 위의 평가 절차를 거쳐 동일 인물 및 다른 인물의 엄지손가락 매칭 결과에 대한 확률밀도함수를 그래프로 나타낸 것이다. 주황색 분포 그래프는 타인간 매칭 분포이고 파란색 분포 그래프는 동일인간 매칭 분포를 나타낸 것이다.

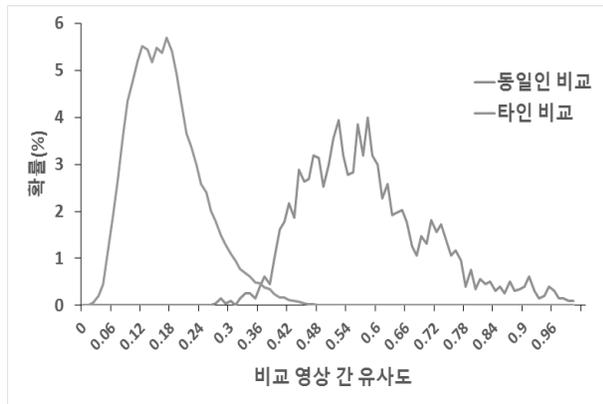


Fig. 11. Probability Distributions of Genuine and Imposter Matchings

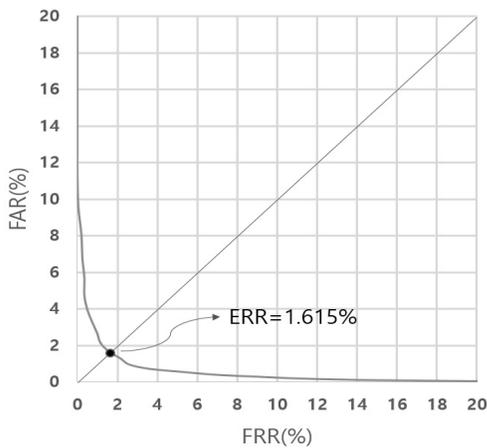


Fig. 12. ROC Curve of Proposed Method

Fig. 12는 유사도 임계치 값의 변화에 따라 측정되는 FAR과 FRR을 기반으로 곡선 형태의 그래프를 나타낸 ROC (Receiver Operating Characteristic) Curve이다. EER (FRR = FAR)을 나타내는 직선과 곡선의 교점이 제안하는 방법의 ERR을 의미하며, 1.615%로 나타남을 확인할 수 있었다.

특히 Fig. 11에서 보는 것과 같이, 타인간 매칭 분포가 단일 정규분포에 가깝게 도출됨으로써, 임계치 조정을 통해 FRR이 15% 수준인 구간에서 FAR이 0%에 가깝게 동작할 수 있으므로, 금융거래시 1:1 매칭을 통한 보안성이 높은 개인인증 방법으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

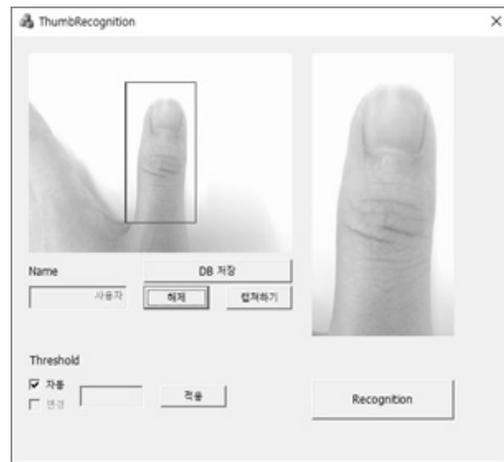


Fig. 13. GUI Based Realtime Recognition Software

위의 인식 성능을 기반으로 Fig. 13과 같이 GUI (Graphical User Interface) 기반의 실시간 인증 소프트웨어를 개발하여 실제 활용 가능성을 확인하였다.

4. 결 론

본 논문에서는 기존 휴대용 기기에서 바이오인식을 수행하고자 할 때의 문제점을 도출하고, 별도의 센서 없이 스마트폰 카메라를 이용해 개인을 인증할 수 있는 새로운 바이오인식 방법을 제안하였다. 20명의 엄지손가락 영상을 각 10장씩 취득하여 본인 및 타인간의 매칭 실험을 진행하였으며, 이를 토대로 제안한 알고리즘의 성능을 분석하였다. 제안하는 방법의 상관계수 유사도 임계치는 최소오류 결정이론에 의해 0.36으로 결정되었으며, 이 때 실제 오거부율(FRR)은 약 1.55%, 오인식율(FAR)은 약 1.68%가 계산되었다(EER 기준 약 1.615% 추정).

본 연구에서는 손가락이 극단적으로 회전된 경우와 손톱에 매니큐어 또는 네일아트를 한 경우는 제외하였다. 추후 연구에서 손가락 회전과 다양한 손톱 상황에 강인하게 동작할 수 있도록 개선할 것이며, 손에서 관찰될 수 있는 다른 특징들과의 융합을 통해 인식률을 향상시키는 연구를 수행할 계획이다. 또한 위조 손가락을 판별할 수 있는 방법을 개발하여 적용할 계획이다.

References

- [1] A. K. Jain, A. Ross, and S. Prabhakar, "An introduction to biometric recognition," in *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol.14, No.1, pp.4-20, 2004.
- [2] A. K. Jain, K. Nandakumar, and A. Nagar, "Biometric template security," *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, Vol.2008, No.113, 2008.
- [3] T. Ahonen, A. Hadid, and M. Pietikainen, "Face description with local binary patterns: Application to face recognition," in *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.28, No.12, pp.2037-2041, 2006.
- [4] J. Daugman, "How iris recognition works," in *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol.14, No.1, pp.21-30, 2004.
- [5] E. C. Lee, H. C. Lee, and K. R. Park, "Finger vein recognition using minutia based alignment and local binary pattern based feature extraction," *International Journal of Imaging Systems and Technology*, Vol.19, No.3, pp.179-186, 2009.
- [6] L. Muda, M. Begam, and I. Elamvazuthi, "Voice recognition algorithms using mel frequency cepstral coefficient (MFCC) and dynamic time warping (DTW) techniques," *Journal of Computing*, Vol.2, No.3, pp.138-143, 2010.
- [7] S. H. Lee and D. W. Lee, "FinTech-Conversions of Finance Industry based on ICT," in *Korea Convergence Society*, Vol.6, No.3, pp.97-102, 2015.
- [8] G. B. Huang, M. Ramesh, T. Berg, and E. Learned-Miller, "Labeled faces in the wild: A database for studying face recognition in unconstrained environments," in *University of Massachusetts, Amherst, Technical Report*, Vol.1, No.2, pp.7-49, 2007.
- [9] J. G. Daugman, "High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence," in *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.15, No.11, pp.1148-1161, 1993.
- [10] L. Wang, G. Leedham, and D. S. Y. Cho, "Minutiae feature analysis for infrared hand vein pattern biometrics," in *Pattern Recognition*, Vol.41, pp.920-929, 2008.
- [11] E. C. Lee, "A Method for Improving Vein Recognition Performance by Illumination Normalization," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol.17, No.2, pp.423-430, 2013.
- [12] N. A. bin Abdul Rahman, K. C. Wei, and J. See, "Rgb-h-cber skin colour model for human face detection," in *Faculty of Information Technology, Multimedia University*, 2007.



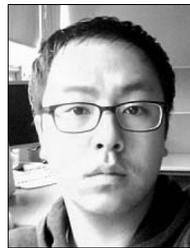
임 나 은

e-mail : ne9277@naver.com
 2015년 상명대학교 컴퓨터과학과(이학사)
 2015년~현 재 상명대학교 컴퓨터과학과
 석사과정
 관심분야 : Image Processing, Pattern
 Recognition, Biometrics



한 재 현

e-mail : hanjaehyun93@naver.com
 2016년 상명대학교 ICT융합대학
 컴퓨터과학과(이학사)
 2016년~현 재 상명대학교 컴퓨터과학과
 석사과정
 관심분야 : Image Processing, Pattern
 Recognition, Biometrics



이 의 철

e-mail : elee@smu.ac.kr
 2005년 상명대학교 소프트웨어학과
 (이학사)
 2007년 상명대학교 컴퓨터과학과
 (이학석사)
 2010년 상명대학교 컴퓨터과학과
 (이학박사)

2010년~2012년 국가수리과학연구소 융복합수리과학연구부
 전임연구원
 2012년~현 재 상명대학교 컴퓨터과학과 교수
 관심분야 : Image Processing, Pattern Recognition, HCI