

가버특징량을 이용한 지문인식 시스템

Fingerprint Recognition System using the Gabor Features

양동화**, 김창규*, 고현주**, 전명근**

*한국 정보통신 교육원 생체인식과정

**충북대학교 전기전자 컴퓨터공학부

Dong-Hwa Yang**, Chang-kyu Kim*, Hyoun-Jo Go**, Myung-Geun Chun*

*Advanced Institute of Information Technology University

**School of Electrical and Computer Engineering

Chungbuk National University

E-mail : mgchun@chungbuk.ac.kr

요 약

본 논문은 지문을 이용하여 개인 식별 및 확인하는 생체인식 시스템을 제안한 것으로, 입력 지문 영상으로부터 중심점(Core)를 찾아 8개 방향의 가버 필터를 사용하여 지문의 특징을 드러나게 한다. 또한, 중심점으로부터 일정 영역을 섹터로 분할하고 분할된 섹터 별 특징 값을 산출하여 코드 북으로 등록한다. 등록된 데이터로부터 매칭하는 과정은 상관 계수를 이용하여 유사도가 가장 높은 등록자를 선별하고 인식 대상으로 선정한다. 이와 같은 방법은 융선의 분기점과 단점을 특징으로 하는 알고리즘에서 문제시 되는 특징점이 빠지는 경우와 의사 특징점에 의한 오인식을 줄일 수 있으며, 중심점과 기준 축의 설정에 따라 지문 영상의 회전에도 영향을 받지 않는 방법으로 좋은 성능을 보일 수 있다. 제안된 방법의 유용성을 확인하고자 광학식 지문 센서와 PC를 이용한 실시간 지문 인식 시스템을 구현하였다.

1. 서론

최근 들어 생체인식 기술이 크게 부각되고 있다. 이는 고도로 발달하는 정보화 사회에 대응하여 모든 시스템에 보안 및 관리를 철저하게 하지 않으면 정보보호를 받을 수 없기 때문으로 판단된다. 즉 출입 통제, 근태 관리, 기기의 사용자 통제 관리 등과 같은 물리적 통제와 관리로부터 컴퓨터 보안, 원격 교육, 전자상거래, 정보 보안 등과 같이 정보 산업과 관련된 분야에서의 보안 및 관리에 이르기까지 확실한 개인의 인증을 통해 여러 가지 위험요소 및 손실을 줄이기 위한 목적이다. 특히 정보 산업의 측면에서 대부분의 중요한 정보들이 컴퓨터에 의해 처리됨에 따라 인터넷을 통한 정보의 교류가 활발해지고 온라인

뱅킹 등 전자상거래와 관련된 산업의 규모가 커지면서 개인의 인증에 대한 요구가 그 어느 때보다도 커지고 있다.

또한, 고도의 성능을 가진 시스템으로부터 사용자는 편리성을 추구하고 있다. 생체인식 기술은 몸에 지니고 다녀야 하는 열쇠나 스마트카드, 기억하고 있어야 하는 다양한 형태의 ID, 패스워드 등으로 대표되는 기존의 개인인증 방법과 비교해 매우 편리한 장점을 가지고 있다. 이처럼 생체인식을 이용한 개인인증 도구로 자신의 지문이나 음성, 홍채, 얼굴 등 생체적 특징을 이용해 손쉽게 본인임을 인증할 수 있기를 바라며, 인증된 사용자로부터 사용자의 요구에 부합하도록 기계 스스로 대응할 수 있게 하는 기술도 가능하게 된다. 이와 같이 생체인식 기술은 인간 생활에 안전함

과 편리함을 동시에 제공할 수 있으며 많은 경제적 효과를 가져 올 수 있는 기술로 향후 많은 발전이 있을 것으로 기대하고 있다[1-2].

이렇게 개인을 식별하기 위해 생체인식(Biometric)을 이용하는 예로 여러 가지 방법중 망막인식을 들 수 있다. 망막은 사용자의 안구 배면에 위치한 모세혈관의 구성이 인간의 지문과 같이 종생불변의 특성을 지니고 있다는 점을 이용하는 것으로 이러한 망막 패턴을 읽기 위해서는 미약한 강도의 연필 지름 만한 적색 광선이 안구를 투시하여, 망막에 있는 모세혈관에 반사된 역광을 측정한다. 이러한, 망막 패턴 검색 기술은 고도의 보안성을 만족시키지만 사용상의 불편과 두려움을 유발하는 등 일반인을 대상으로 하여 사용하기에는 비효율적이다[3].

홍채인식의 홍채는 각막과 수정체 사이에 존재하는 것으로 안구의 전방에 있으며 이것의 가운데에 있는 둥근 구멍이 동공이다. 홍채의 앞면은 불규칙한 기분을 가지며, 동공연(pupillary margin)의 가까이에 융기된 원형의 패턴이 존재하는데, 이를 권축륜이라 하며 지문과 마찬가지로 태어날 때 한번 정해지면 평생 변화하지 않으며, 개개인별로 모양이 모두 다른 것으로 알려져 있다[4-5].

본 논문에서 제안하고자 하는 지문을 이용한 생체인식은 손가락의 땀샘이 융기되어 일정한 흐름으로 만들어진 것으로 그 모양이 개개인마다 서로 다르게 태어날 때의 모습 그대로 평생동안 변하지 않음이 증명되어 실생활에서 각종 신원확인을 위해 많이 사용되어 왔다. 이와 같은 지문을 이용한 생체인식 기법으로는 Gabor filter를 이용하여 특징점을 얻는 방법이 새로운 방법으로 사용되고 있으며, 고유의 특성상 식별 성능에 대한 신뢰도와 안정도가 다른 수단보다 높은 것으로 평가되어 가장 효율적인 개인 인증의 방법으로 이용되어 왔다[6-7].

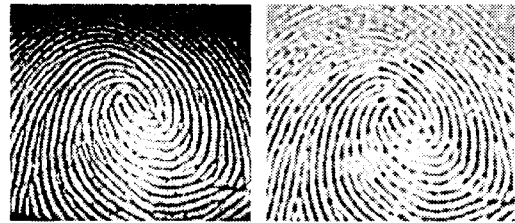
따라서 본 논문에서는 개인의 신원 확인 및 인증에 대한 필요성이 급증하고 있는 지문인식에 대하여 가짜단점과 분기점, 특징점이 빠지기 쉬운 문제점을 가지고 있는 일반적인 특징점 알고리즘을 해결하는 방안으로 Gabor특징량 알고리즘을 제안한다. 또한 제안한 알고리즘의 유용성을 알아보기 위해 실시간 지문인식 시스템을 구축하여 실험을 하였다.

2. 지문의 전처리 과정

지문 입력기로부터 입력 되는 지문은 피부의 습도, 센서 표면과 압력 및 센서 특징에 의하여 그 양상 상태는 매 획득 시마다 상태가 달라진다. 이러한 영상의 차이를 극복하고 특징의 손실을 최소화하기 위한 영상의 균질화는 어느때 보다 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 아래와 같은 수식을 이용하여 균등화 과정을 거친다 [8-9].

$$G(i, j) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{Var_0(I(i, j) - M^2)}{Var}} & \text{if } I(i, j) > M \\ M_0 - \sqrt{\frac{Var_0(I(i, j) - M^2)}{Var}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

이때, $I(i, j)$ 는 $I(i, j)$ 위치에서 256 계조도 이고, M 와 Var 는 영상 $I(i, j)$ 에서의 평균과 편차이다. 또한, M_0, Var_0 는 목표로 하는 평균과 편차로 학습을 통하여 100을 선택하였다. 그림 1은 입력으로 사용하는 지문영상과 입력영상에 대해 균등화를 거친 후의 영상을 보인것이다.



(a) 입력지문영상 (b) 균등화 후의 영상
그림 1. 입력 지문영상과 균등화 후의 영상

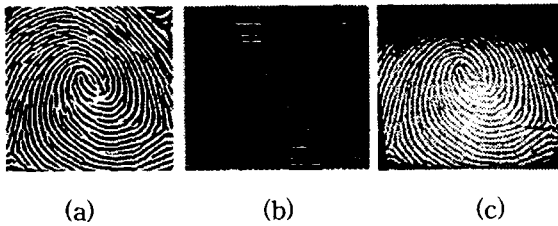
균등화 과정을 거친 영상은 Gabor 필터를 이용하여 융선을 더욱 또렷하게 할 수 있는데, 본 논문에서는 8개 각도($0^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ, 90^\circ, 112.5^\circ, 135^\circ, 157.5^\circ$)의 Gabor 필터를 이용하였다. Gabor 필터를 사용하므로서 융선 구조를 강하게 하면서 잡음을 제거하고 이미지에서 특별한 방향성 정보를 더욱 두드러지게 할 수 있었으며, 2D Gabor필터의 일반적인 공식은 다음과 같다.

$$h(x, y, \theta_k, f, \delta x, \delta y) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x\theta_k^2}{\delta x^2} + \frac{y\theta_k^2}{\delta y^2}\right)\right) \times \exp(i2\pi f x \theta_k) \quad (2)$$

이때, f 는 싸인 평면파의 주파수이며, $x\theta_k = x \cos \theta_k + y \sin \theta_k$, $y\theta_k = -x \sin \theta_k + y \cos \theta_k$, θ_k 는 Gabor 필터의 방향성이고, $\delta x, \delta y$ 는 x 와 y 축을 감싸는 Gaussian의 표준편차를 의미한다. 이러한 Gabor 필터는 방향성 및 주파수 선택의 특징을 갖는 밴드패스 필터로 공간주파수 도메인에서 최적의 집합 분석력을 갖고 있다.

지문의 방향성 정보를 찾기 위해 2D Gaussian lowpass로 잡음을 제거하는데 이때 가운시안 마스크로 5 by 5를 사용한다 그리고 지문이미지를 8 by 8의 블록으로 나누어 블록의 픽셀의 방향에 따른 최대값을 찾아 대표 방향성으로 결정하여 방향표를 만들 수 있는데 이는 입력영상의 크기와 같다. 이와 같은 지문 융선의 방향성 계산은 지문 영상을 작은 크기의 블록으로 나누고 그

블록의 대표방향을 결정하는 것이다. 계산된 대표 방향은 블록내의 모든 위치에서의 방향성을 대표한다. 본 알고리즘에서 방향성을 구하는 이유는 섹터를 나누기 위한 중심을 찾기 위함이다. 중심을 찾는 방법은 계산된 방향성을 가지고 Y축의 변화가 많은 지역을 중심 예상지역으로 정하고 바로 전 픽셀과 중심예상으로 정한 픽셀 그리고 다음 픽셀을 비교한 후 변화가 가장 많은 부분을 중심으로 선택한다. 그림 2의 (a) 영상은 입력영상에 대해 Gabor 필터링 후의 영상이며, (b)영상은 (a)영상으로부터 방향성 정보를 얻은 영상이며, (c) 영상은 (b)영상으로부터 지문의 중심을 찾은 영상이다. 위와 같은 방법으로 찾은 중심점에서 30픽셀 90°수직으로 내려 참조점으로 한다. 이때, 참조점을 사용하는 이유는 사람의 지문에서 중요한 정보를 가지고 있는 코어부분의 정보 손실을 막기 위함이다. 가버 필터를 필터링한 8방향과 같은 방향만큼 참조점에서 참조축을 기준으로 섹터를 분할한다.



(a) (b) (c)
그림 2. 전처리과정을 거친 지문 영상

3. 특징점 추출 과정

3.1 지문의 특징을 이용한 등록

참조점으로부터 반지름 12픽셀로 하는 원을 그리고 12픽셀 간격으로 5개의 원을 더 그린다. 이때, 중앙원은 변량이 잘 나타나지 않으므로 중앙원을 제외한 나머지 5개의 원을 0도부터 22.5도 간격으로 16개의 섹터를 나눈다. 그림 3은 입력 영상에 대해 전처리과정을 거친 영상에 대해 중심점찾고 이로부터 참조점을 찾아 6개의 원을 그린 지문 영상이다.



그림 3 섹터로 분할된 영상

그림 3과 같이 그려진 5개의 원에 대해 x축

방향(0°)을 기준으로 분할된 섹터를 Polar Mapping을 하면 그림 4와 같이 보일 수 있다. 이는 변량을 추출하기 위한 과정으로 16개의 섹터에 대해 5개의 원을 사용했으므로 80개의 섹터를 얻을 수 있으며, 각각의 섹터별 특징값을 얻을 수 있다.



그림 4 지문영상으로부터 Polar Mapping

마지막으로 특징값을 구하는 과정으로 지문의 흐름에 대응하는 패턴의 집중을 특징으로 하기 위해 섹터 내의 변량을 조사한 결과, 섹터내의 높은 변화는 Gabor 필터와 같은 방향의 용선을 의미하는 것이고, 낮은 변화는 용선이 아님을 알 수 있었다. 본 논문에서 제안하는 Gabor 필터를 이용한 지문영상에 대한 특징값으로 사용되는 변량 계산식은 식 (3)과 같다.

$$G_{i\theta} = \sqrt{\sum_x \sum_y (N_{i\theta}(x,y) - M_{i\theta})^2} \quad (3)$$

여기서, $N_{i\theta}$ 는 θ 각도로 필터링된 i 번째 섹터에서의 정규화 값이고, $M_{i\theta}$ 는 필터링된 영상에 대한 i 번째 섹터에서의 픽셀 값의 평균이며, $G_{i\theta}$ 는 본 논문에서 특징벡터로 사용하고자 하는 특징값이다. 또한 개인의 지문영상에서 얻어진 특징값 80개를 코드북으로 저장한다. 이때 5번의 입력 지문영상에 대해 특징값을 산출하여 이들 각각에 대한 상관도를 산출하여 상관도가 가장 높은 순으로 3개의 영상에 대하여만 코드북으로 저장한다. 결과적으로 한사람당 80개의 특징값으로 하는 코드북을 3개 갖을 수 있다.

3.2 상관계수를 이용한 지문인식

인식과정에서는 입력받은 지문에 대해 등록과정에서와 같이 특징 값을 산출하여 기존에 만들어진 코드북과 상관도를 계산하여 상관관계가 높은 등록 지문을 선택한다. 그리고 이를 인식 대상자로 선정한다. 식 (4)는 본 논문에서 사용한 상관관계 계수를 얻는 수식이다[10].

$$r = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sigma_x \sigma_y} \quad (4)$$

상관계수 r 는 X 와 Y 의 공분산을 X 와 Y 각각의 표준편차의 곱으로 나눔으로써 계산되며, \bar{X} , \bar{Y} 는 평균값이다.

4. 실험 결과

지문의 데이터는 19명의 임의대로 회전과 변화를 주어 획득한다. 이 결과 회전이 25° 이상인 경우와 지문을 살짝 날인한 지문과 중심 이동이 많은 경우, 지문이 상한경우로 인해서 오인식이 20%에 가깝게 나타났다. 그림 5는 오인식의 원인이 되는 지문영상들

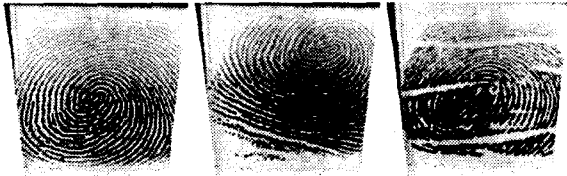


그림 5. 오인식의 원인이 되는 지문영상들

또한, 본 논문에서 제안한 방법에 대해 유용성을 알아보기 위해 실험 지문 영상으로 19명의 임의의 손가락 영상을 5장씩 사용하였으며, 광학식 지문 센서와 PC를 이용한 실시간 지문 인식 시스템을 구현하였다. 그림 6은 연구를 위해 구현한 실시간 지문인식 시스템으로 다양한 기능을 갖는 그래픽한 환경을 구현하였다. 이와 같은 시스템을 이용하여 성능을 평가해본 결과 19명에 대한 실험결과를 그림 7과 같이 얻을 수 있었다.

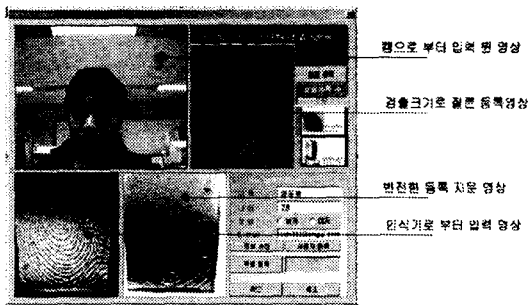


그림 6 실시간 지문 인식 시스템

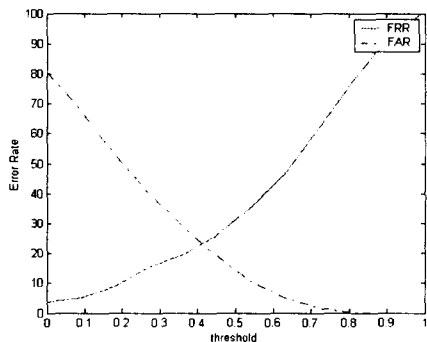


그림 7 FRR, FAR를 이용한 성능평가

5. 결론 및 향후과제

본 논문은 생체인식 시스템중 사람의 지문을 이용한 방법에 대해 논한 것으로 2D Gabor 필터와 80개의 분할된 섹터로부터 특징 값을 추출한다. 또한, 인식과정에서는 상관관계 계수를 이용하여 서로 다른 지문의 특징 값에 대해 유사도를 측정하고 가장 큰 값을 갖는 사람을 찾게 되는데, 이때, 8개의 필터를 거쳐 얻어진 영상에 대해 최고의 값을 인식 대상으로 인정하므로 오인식 될 확률을 최소화 할 수 있다. 이와 같은 방법은 융선의 분기점과 단점을 특징으로 하는 알고리즘에서 문제시 되는 특징점이 빠지는 경우와 의사 특징점에 의한 오인식을 줄일 수 있으며, 중심점과 기준 축의 설정에 따라 지문 영상의 회전에 영향을 받지 않는 방법으로 좋은 성능을 보일 수 있다.

앞으로, 실험결과에 대한 신뢰성을 높이기 위해 정규화하는 과정과 특징벡터를 구하는 과정에 있어 좀 더 강인한 시스템을 위한 분석이 필요하며, 더 많은 대상자의 지문영상에 대한 실험이 요구된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (R01-2002-000-00315-0) 지원으로 수행되었음.

6. 참고문헌

- [1] 김학일, 안도성, 류춘우 "지문인식" 한국정보통신 교육원, 2002
- [2] 전명근, "생체인식(Biometric) 총론", 한국정보통신교육원, 2002.
- [3] 고현주, 전명근, "푸리에 변환과 상관관계 계수 값을 이용한 홍채인식", 정보처리학회 추계학술발표대회 논문집, 제9권, 제2호, 2002.
- [4] Richard P. Wildes, "Iris Recognition : An Emerging Biometric Technology", Proceedings of the IEEE, Vol. 85, No. 9, 1997.
- [5] Fasel, I.R, Bartlett, M.S, Movellan, J.R, "Automatic Face and Gesture Recognition", Proceedings, Fifth IEEE International Conference on, 2002.
- [6] Pankanti, S, Prabhakar, S, Jain, A.K, "On the individuality of fingerprints" Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, Volume 24 Issue 8, Aug. 2002.
- [7] Kroeker K.L, "Graphics and security : exploring visual biometrics", Computer Graphics and Applications, IEEE, Volume: 22 Issue 4, July-Aug. 2002.
- [8] http://www.ece.cmu.edu/~ee551/Old_projects/projects/s99_19/finalreport.html
- [9] 심현보, 박영배, "Gabor 필터를 이용한 지문 인식", 정보처리학회논문지, B 제9-B권, 제5호, 2002.
- [10] 고현주, 이대종, 전명근, "2-D Gabor 필터를 이용한 홍채인식" 한국퍼지 및 지능시스템학회 논문지, 제 13권 제 6호, 2003.