

지문인식을 위한 특징요소 추출에 관한 연구

노정석*,정용훈*,최영규**,이준환**,이상범***

*단국대학교 전자컴퓨터공학과

**극동대학교 정보통신학부

**단국대학교 전기전자컴퓨터공학과

e-mail:jsroh@dankook.ac.kr

A Study on Feature-Factors Extraction for Fingerprints Recognition

Jeong-Seok Roh*,Yong-Hoon Jeong*,
Young-Kyoo Choi**,June-Hwan Lee**,
Sang-Burm Rhee***

*Dept of Electronics & Computer Engineering, Dankook
University

**Dept of Information & Communication Science Engineering,
Far East University

***School of Electrical & Electronics & Computer Engineering,
Dankook University

요 약

지식 정보화 시대에 들어서면서부터 정보는 개인이나 일부 기관에 국한됨이 없이 중요시되고 있지만, 그 경계는 나날이 모호해지고 정보의 양은 급속하게 늘어가고 있는 것이 오늘날의 현실이다. 이러한 시대적 환경은 보안의 중요성이 크게 부각되어 생체인식 기술에 대한 관심을 높아지게 만들었다. 생체인식(Biometrics) 분야 중에서도 지문 인식(Recognition)은 많은 연구가 이루어졌으나 개선할 점이 여전히 남아있다. 특히, 정확성 및 속도향상이라는 측면이 그렇다고 할 수 있겠다. 본 논문에서는 기존의 지문 인증(Authentication) 시스템의 지문 영상(Image)의 식별 능력을 증가시키고, 다수의 지문 영상에서도 좋은 결과를 가져올 수 있는 고유한 특징이 될 수 있는 요소들(Factor)을 추출하여 진보된 지문 인식 시스템을 구현하는 것을 궁극적인 목표로 하고 있다. 따라서, 지금까지의 관련 연구를 바탕으로 지문 인식 시스템의 성능 향상을 위해서 핵심적인 minutiae, reference point, 방향 정보의 추출 방법을 제안하고 인식의 종결부라고 할 수 있는 정합(matching)에 관해서 논한 다음, 마지막으로 결론 및 향후 과제로서 개선할 부분을 제시한다.

1. 서론

정보가 무형의 재화로 인식되는 상황을 초월해 국방, 치안, 금융, 정치, 교육 등의 광범위한 분야에 위치하고 있는 지식 정보화 시대에서 수많은 정보에 대한 보안의 필요성은 계속해서 증가되고 있는 실정이다. 또한 정보의 바다라고 불리는 인터넷에서의 개인 인증을 위한 아이디(ID)와 패스워드>Password)의 개수 증가에 따른 분실이나 망각, 그리고 도용은 다양한 사회문제를 낳고 있다. 이러한 문제에 대한

대안으로, 생체인식(Biometrics)을 비롯한, 서명(Signature), 스마트 카드, 워터마킹(Watermarking)을 통한 여러 인증 시스템들이 개발되고 있다. 이러한 시스템들은 자체의 신뢰성과 암호화(Encryption)의 지원으로 보 완성이 한층 높아졌다. 이 중에서도 생체인식은 신체 의 고유한 특성을 이용하므로, 분실, 도난, 망각 등 으로부터 자유로우며 특성상, 따로 휴대하여야 하는 번거로움이 없다는 점등을 들 수 있다. 생체인식에는 음성, 얼굴, 홍채, 지문, 장문, 족문, 동맥 등의 신

체 부위가 많이 사용되고 있다. 이들의 특성에 대하여 간략히 논해보면 우선, 음성은 시스템 구성에 드는 비용이 상대적으로 작은 편이지만, 가변성이 있는 것이 단점이고, 홍채는 인식률은 좋은 것으로 평가되고 있지만 사람들에게 거부감을 일으키는 면을 꼽을 수 있다. 그리고 얼굴 인식은 다양한 분야에서 유용할 수 있지만 구현함에 있어서 제약이 상대적으로 큰 편이다. 마지막으로, 지문에 대하여 알아보면, 19세기 말의 F. Galton 은 태어나서 죽을 때까지 같은 형태의 지문을 가지며 외부요인에 의해 상처가 생겼을 때도 금방 기존형태로 재생된다는 불변성(Immutability)과 사람은 모두 다른 형태의 지문을 가지고 있다는 유일성(Individuality)을 주장하였는데, 오늘날에도 설득력이 있는 이론으로 평가받고 있다[1-].

본 논문에서는 이러한 지문의 특성을 이용한 기존 연구결과를 바탕으로 효율성이 좋은 지문 인식 알고리즘 구현을 위한 지문에서의 고유한 특징이 될 수 있는 요소(Factor)를 추출함을 보여준다.

2. 관련 연구

효율적인 지문 인식 시스템을 구현하기 위해서는 여러 가지 조건들이 만족해야겠지만 우선, 지문의 특징에 관해서 세밀한 연구가 요구되며, 지문 영상을 정확히 획득할 수 있는 방식과 다양한 환경을 고려한 매칭(Matching) 방법의 연구가 뒷받침 되어야 한다.

2.1 지문의 특징

현대의 지문 비교 기술의 시작은 1684년으로 거슬러올라간다. 영국 왕립협회의 그루(N. Grew)가 사람마다의 지문이 다르며, 환상선, 와상문, 궁상문로 나뉘어져 있다는 것을 처음으로 발견하였다.

또한 20세기 초 영국인 Edward Richard Henry 방식과 독일의 T. Roscher 방식의 지문 분류법이 제안되는데, 이들 방식은 각각 미국의 FBI 등의 영연방 국가들과 우리나라 경찰청에서 채택한 방식으로 사용되어오고 있다. 이러한 지문의 분류 방식이 중요한 이유는 1 : N의 대 용량의 지문 인식(Recognition) 시스템에서 성능을 향상시키는 중요한 요소가 되기 때문이다. 또한 1 : 1의 개인 신분을 확인하는 인증(Authentication) 시스템의 정확성을 높이고 시스템의 속도를 향상시키는데 큰 역할을 하기 때문에 지문분류 방식이 갖는 의의가 여기에 있다.

다음으로, 지문에서의 특이점에 관해 알아보면 다음과 같다. (그림 1)에서 검은 선은 융선(Ridge)이

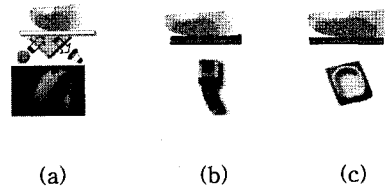
고, 흰색 선은 골(Valley)을 나타낸다. 하지만, 입력 장치에 따라서 반대로 바뀌기도 하고 알고리즘을 구현할 때 의도적으로 바꿀 수도 있다.



(그림 1) 지문의 특이점

2.2 지문 영상 획득

지문 영상의 올바른 획득은 지문 인식 시스템의 전반적인 성능을 좌우하는 중요한 요인중 하나이다. 대표적 입력 방식은 다음과 같은 것이 있는데, 본 논문에서는 (그림 2)에서 (a)의 광학식 센서를 사용한다. (b)는 반도체 센서, (c)는 접촉 발광 센서를 나타내고 있다.



(그림 2) 광학센서의 종류

2.3 고려사항

위치에 있는 지역의 온도, 습도, 먼지 등의 환경적 요인은 지문 영상에 쓰이는 광학식 또는 비광학식(반도체방식) 등으로 통상 불리는 센서를 선택하는 중요한 변수가 된다. 또한 지문 인식 시스템에서 지문 영상을 실시간(Real-time)으로 입력받을 것인가 또는 주민등록증 뒤에 있는 지문 영상과 같은 오프라인(Off-line) 영상을 다른 입력 장치를 이용하여 받아들이는 문제 역시 시스템 설계 전에 고려되어야 할 사항이다. 이와 같은 영상의 획득이 올바르게 이루어진 다음에는 인증/인식 시스템 구현 단계에서 인증에 따른 지문의 종류, 구성 비율, 상태 등의 조건을 감안하여 지문의 분류작업 필요성 유무와 전처리 단계가 달라지게 된다. 이상과 같은 작업이 끝나면, 실험군과 대조군의 각각의 지문 영상들에 대한 정합(Matching) 알고리즘을 구현하는 단계에 이르게 된

다. 이 단계에서는 세밀한 전처리 과정이 요구되는 minutiae 기반과 상대적으로 전처리 과정이 짧은 Filterbank 기반의 정합 알고리즘 가운데서 자신이 의도하는 목적에 맞는 것을 선택한다. 이러한 시스템 등을 결정하기 위한 기준과 향후 성능 평가에는 FAR(False Acceptance Ratio:타인 수락율)과 FRR(False Rejection Ratio:본인 거부율)등이 사용된다.

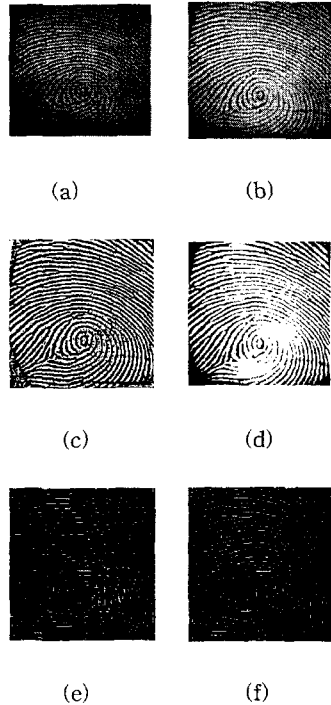
b8	b1	b2
b7	b0	b3
b6	b5	b4

(그림 3) 특징점 추출을 위한 3×3 마스크

3. 영상 향상을 위한 전처리

앞에서와 같은 다양한 환경을 고려하여 지문의 영상을 획득하고 나면 지문 인식 시스템의 종결부라고 할 수 있는 정합(Matching)에 사용되는 지문의 특징점, 방향정보 등의 특징이 되는 요소(Factor)들의 추출이 용이하도록 만드는 전처리 과정을 수행하게 된다. 이 과정은 평활화(Equalization), 이진화(Binarization), 세선화(Thinning)가 대표적인 예라고 할 수 있다.

본 논문에서는 입력 지문의 전경(Foreground)과 배경(Background)의 차이가 크지 않으면 평활화 과정을 생략해도 인식결과에는 큰 영향을 받지 않았다. 다음으로, 이진화는 9×9 블록의 블록 이진화를 수행할 때가 좋은 결과가 나왔다. 그 다음 과정인 세선화와 잡음(Noise) 제거 필터링(Filtering)을 거치게 되면 지문 영상에서의 특징점 등을 추출할 준비가 완료된다.



(그림 4) 전처리 과정

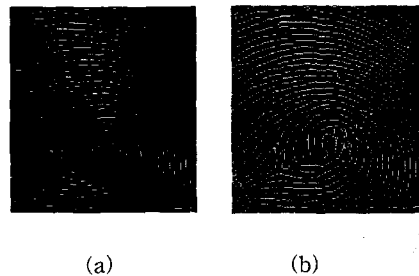
4. 전처리 과정 및 특징점 추출

지문 인식에 필요한 minutiae 와 reference point 등의 특징점 추출은 (식 1)과 (그림 3)에 의하여 나타내어진다. 또한, 전 장에서 논한 지문 영상의 획득에서부터 전처리 과정 및 특징점 추출한 결과 영상은 다음의 (그림 4)과 (그림 5)에서 각각 보여준다.

$$CN = \left(\frac{1}{2}\right) \sum_{i=1}^8 I(b_{k+1} - b_k) \quad (\text{식 1})$$

(단, $b_k = b_0, b_1, b_2, \dots, b_8$)

위의 (식 1)에서 CN=0 이면 고립점, CN=1 이면 단점, CN=2 이면 연결점, CN=3 이면 분기점, CN=4 이면 교차점을 표시하며, 3×3 마스크에서 b0를 중심으로 8연결성으로 표시되는 b1에서 b8까지의 방향표시는 (그림 3)과 같다. 여기서는 3×3 마스크를 예를 들었지만, 5×5 마스크, 9×9 마스크 등과 같이 특징점 추출이 용이한 마스크를 사용해도 된다.



(그림 5) 특징점 추출

5. 지문의 방향성 추출

지문 영상에서의 특징점뿐만 아니라 방향성 정보는 지문 인식 시스템에서 인식률을 높일 수 있는 지문 영상 고유의 특징요소가 된다. (식 2)는 지문 영상 안의 여러 개의 윤곽선들 중에서 윤곽선을 구분

하는 기준이 되는 그라디언트(Gradient)의 방향값을 나타낸다.

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{G_y}{G_x} \right) \quad (\text{식 2})$$

다음의 (식 3)은 지문 영상의 대표방향을 결정하여 준다.

$$Dir = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left[\frac{\sum_{x=0}^n \sum_{y=0}^m \sin(2\alpha(x, y))}{\sum_{x=0}^n \sum_{y=0}^m \cos(2\alpha(x, y))} \right] \quad (\text{식 3})$$

또한, (그림 6)은 소벨 마스크를 나타낸 것으로, 위의 (식 3)에서 얻은 대표 방향값과 함께 reference point 추출을 위한 지문 영상 전체의 방향성을 결정하는데 사용된다.

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

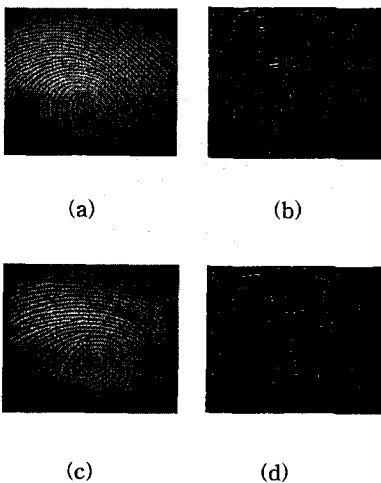
(a)

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

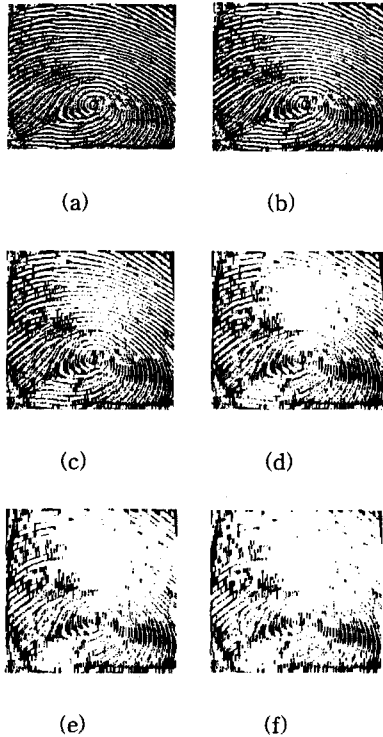
(b)

(그림 6) 소벨 마스크

다음 (그림 7)과 (그림 8)은 앞에서 사용한 지문 샘플(Sample)을 대상으로 Reference point 중심으로 한 방향성 추출 결과를 각각 1차원 결과와 2차원 결과로 보여준 것이다. 이렇게 추출된 방향성 정보들은 다른 특징 요소들과 함께 지문 인식의 정합(Matching) 단계에서 활용된다.



(그림 7) 방향성 추출(1차원)



(그림 8) 방향성 추출(2차원)

6. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 지문 영상 향상을 위한 전처리 기법과 기존의 minutiae 기반의 지문 인식의 단점을 방향성 추출을 통하여 보완함으로써 인식 성능을 높일 수 있는 지문 영상에서의 특징 요소 추출 방법을 나타내었다. 결과는 대체로 만족스러웠지만, 지문 영상의 보다 정확한 획득 방법에 관한 연구와 손상된 지문 영상에 대한 복원 문제에 대하여 보다 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 본다.

참고문헌

[1] Lin Hong, Yifei Wan, Anil Jain, "Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation" IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.20, no. 8, pp.777-789, August, 1998.
 [2] Anil.K. Jain, Sallil Prabhakar, Lin Hong, and Sharath Pankanti, "Filterbank-based Fingerprint Matching" IEEE Transactions on Image Processing, vol.9, no.5, pp.746-859, May., 2000