2003년도 대한전자공학회 하계종합학술대회 제26권 제1호

적응적 특징요소 기반의 지문인식에 관한 연구

노 정 석, 정 용 훈, *이 상 범
단국대학교 전자컴퓨터공학과, *단국대학교 전기전자 컴퓨터공학부
전화 : 02-799-1102 / 핸드폰 : 019-9720-9538

A Study on Adaptive Feature-Factors Based Fingerprint Recognition

Jeong-Serk Roh, Yong-Hoon Jung, *Sang-Burm Rhee
Dept of Electronics & Computer Engineering, Dankook University
School of Electrical & Electronics & Computer Engineering, Dankook University
E-mail : jsroh@dankook.ac.kr

Abstract

This paper has been studied a Adaptive feature-factors based fingerprints recognition in many biometrics. we study preprocessing and matching method of fingerprints image in various circumstances by using optical fingerprint input device. The Fingerprint Recognition Technology had many development until now. But, There is yet many point which the accuracy improves with operation speed in the side. First of all we study fingerprint classification to reduce existing preprocessing step and then extract a Feature-factors with direction information in fingerprint image. Also in the paper, we consider minimization of noise for effective fingerprint recognition system.

I. 서론

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 대안으로서 생체인식(Biometrics)은 신체의 고유한 특성을 이용하므로, 분실, 도난, 망각 등으로부터 자유로우며 특성상, 따로 휴대하여야 하는 번거로움이 없다는 점 등을 들 수 있다. 생체인식(Biometrics)이란 사람의 각 신체 부위의 특성 중에서 개개인의 특성이 다른 사람들과 뚜렷이 구별시켜주는 고유성과 그 특성이 죽을 때까지 변화가 거의 없다는 불변성에서 착안하여 개발된 인식 기술이다. 생체인식에는 음성, 얼굴, 홍채, 지문, 장문, 족문, 동맥 등의 신체 부위가 많이 사용되고 있다. 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 적응적 특징요소들(Factor)을 추출하여 지문 인식 시스템의 성능 향상을 목표로 하고 있다.

지문의 특징요소 추출과정을 간략히 말하자면, 입력받은 원영상, 전처리 과정, 방향성 및 특징점 추출 등의

특징요소 등을 활용하는 것이라고 할 수 있다. 이러한 특징요소들은 지문인식에 있어서 정확성을 높이는 효과를 얻을 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 지문 영상 향상을 위한 전처리 기법과 기존의 minutiae 기반의 지문 인식의 단점을 지문의 특성에 따른 적응적 방향성 정보 추출을 통하여 보완함으로써 인식 성능을 높일 수 있는 지문 영상에서의 특징 요소 추출 방법을 제시한다.

II. 관련연구 및 지문의 획득

2.1 관련 연구

정보화 시대에 접어들면서 급속한 발전을 이루고 있는 생체인식 시스템중의 지문인식 시스템은 세계의 각 국가에서 급속한 발전을 이루어 오고 있는데, 현대의 지문 비교 기술의 시작은 1684년으로 거슬러 올라간다.

실제로 지문은 1900년 초부터 범죄 식별의 주요 단서로 활용되어 왔으며, 약 100년 전 한 증권사에서 고객의 금고 출입 제어용으로 사용된 것이 상업적으로 이용된 최초의 예이다. 또한, 지문은 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) 등이 있다. 이와 같은 지문인식 시스템에 필요한 제반 지식들은 20세기 초 영국인 Edward Richard Henry 방식과 독일의 T. Roscher 방식의 지문 분류법이 제안되면서 체계가 이루어진다. 이들 방식은 오늘날, 각각 미국의 FBI 등의 영어권 국가들과 우리나라 경찰청에서 채택한 방식으로 사용되어오고 있다. 이러한 지문의 분류 방식이 중요한 이유는 1 : N의 대 용량의 지문을 인식(Recognition) 시키기 위한 시스템에서 성능을 향상시키는 중요한 요소가 되기 때문이다. 또한 1 : 1의 개인 신분을 확인하는 인증(Authentication) 시스템의 정확성을 높이고 시스템의 속도를 향상시키데 큰 역할을 하기 때문에 지문분류 방식이 갖는 의의가 여기에 있다. 다음으로, 지문인식 시스템의 성능 향상을 위해서 고려돼야 할 것은 지문 영상의 손실이 적은 입력 방법을 선택하는 것이다. 이렇게 얻은 지문 영상은 여러 환경을 고려한 영상의 처리와 특징점 추출 과정을 통하여 두 개 이상의 지문을 대조하는 지문인식 시스템의 정합 단계에 도달할 수 있게 된다.

2.2 지문영상의 획득

지문 영상을 획득하는 지역의 온도, 습도, 먼지 등의 환경 적 요인은 지문 영상에 쓰이는 광학식 또는 비광학식(반도체방식) 등으로 통상 불리는 센서를 선택하는 중요한 변수가 된다. 이와 같은 영상의 획득이 올바르게 이루어진 다음에는 인증/인식 시스템 구현 단계에서 인종에 따른 지문의 종류, 구성 비율, 상태 등의 조건을 감안하여 지분의 분류작업 필요성 유무와 전처리 단계가 달라진다. 지문 영상의 올바른 획득은 지문 인식 시스템의 전반적인 성능을 좌우하는 중요한 요인이므로 주위환경을 고려하여 입력 장치를 선택하여야 한다.

지문 영상을 입력받는 센서에는 광학식, 비광학식, 접촉식, 비접촉식 등 여러 종류로 나뉠 수 있는데, 본 논문에서는 다음의 그림 1과 같은 광학식 센서인 프리즘 방식을 사용한다.

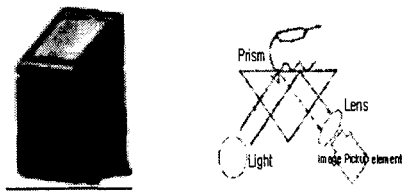
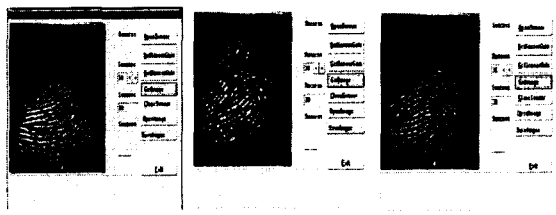


그림 1. 지문 획득 장치와 원리

그림 1과 같은 프리즘 방식에 대해서 좀더 자세히 알아보면, 광(light)의 색깔은 붉은 색이 주로 사용되는데, 이는 지문의 입력 시에 붉은빛의 파장이 길기 때문에 영상의 손실을 최소화할 수 있는 점과 프리즘의 특성상 전반사 원리에 의하여 입력 거리를 줄일 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 내구성이 강하고 유지 보수가 비교적 쉬운 광학 방식, 즉 프리즘 방식으로 지문 영상의 입력을 받았다. 다음의 그림 2의 (a), (b), (c)는 각각 광학 방식을 사용하여 입력받은 지문 영상의 환경에 따른 상태를 간략히 정리해 보았다. (a)는 보통의 청장년에서 주로 나타나는 지문의 상태이며, 인식률에서도 가장 뛰어난 지문 영상이 된다. (b)는 건조한 상태로 연세가 있으신 분들의 상태를 나타내고 있으며, 천이나 헝겊을 사용하여 피부 표면의 습기를 제거하고 바로 입력받으면 이와 같은 지문 영상을 얻게 된다. 마지막으로 (c)는 습한 지문 상태를 나타냄으로 고온 다습한 여름철의 기후 등을 고려한 영상이다.



(a) (b) (c)

그림 2. 지문의 입력 상태

III. 지문영상의 전처리 과정

3.1 획득한 지문영상의 전처리시 고려사항

본 논문에서는 광학식 지문입력 장치를 이용하여 사용자의 지문을 직접 입력받아 실험을 하였다. 이때, 올바른 지문 영상을 획득하기 위해서는 지문의 중심부가 입력 장치의 접촉면의 중앙에 위치하게 하는 것과 사용자의 이물질에 의한 오염정도를 고려한 작업이 이루어져야한다. 또한 지문인식 시스템의 성능을 높이기 위해서는 입력받은 지문의 형태나 특징에 따른 분류가 이루어 져야 할 것이다. 우리나라 사람의 대표적인 지문인 제상문(loop), 와상문(whorl), 궁상문(arch) 등의 보기에서 궁상문의 경우는 특징점 기반의 지문인식의 단점을 잘 보여준다. 그러므로 minutiae 기반의 지문인식 단점을 보완하기 위해서 방향성 정보를 추가하거나 획득된 지문 영상에 대한 분류작업이 선행되어, 분류된 지문의 특성에 알맞은 알고리즘을 적용할 필요성이 있다. 그리고 지문 영상에 대한 분류작업은 대용량의 데이터베이스를 사용하는 지문인식 시스템의 속도와 인식률과 같은 전반적인 성능 향상에 비중이 있다.

물론, 최근에 사용되고 있는 Gabor 필터를 이용한 Filterbank 기반 매칭 방법을 사용할 때는 세선화(Thinning) 과정을 생략하고, Gabor 필터를 통해 얻을 수 있는 공간영역과 주파수 영역의 정보로 인증 시스템을 구현하는데, 여기에서도 중심점의 추출이 인증율을 결정하는 중요한 요소가 될 수 있다. 왜냐하면 결국 인증을 하고자 하는 지문의 구별되는 특징들을 사용한다는 점은 같기 때문이다. 그리고 제안된 방법이 전처리과정이 몇 단계가 더 있어, 처리 속도측면에서는 효율이 떨어질 수 있으나 인증율은 향상시킬 수 있다고 하겠다. 이와 같은 사용자의 지문영상에 대해서 특징점을 추출하는 과정은 주민등록증상의 지문영상에도 적용을 시켜 최종 정합(Matching)을 하게 된다.

3.2 개선된 전처리 과정

(1) 평활화

입력받은 지문영상의 상태에 따른 평활화 여부를 설정하게 되는데, 전경(Foreground)과 배경(Background)의 차이가 크지 않으면 생략해도 인식결과에는 큰 영향을 받지 않는다. 히스토그램에 의한 평활화는 어두운 영역에서 세밀한 부분을 가질 경우 효과적으로 수행된다. 그리고 메디언 피터에 의한 잡음제거 효과도 여기에 해당한다.

$$ki = \frac{g\ \max}{ni} H(i) \qquad \text{(식 1)}$$

(k = 정규화된 값, n = 영상에서 픽셀의 총 개수, g = 명도의 최대 값, H(i) = 축척 히스토그램)

(2) 잡음제거 과정

잡음 제거 필터링(Filtering)과정을 두어 특징요소 추출에 도움이 되지 않는 것은 제거하는 과정을 두어 보완한다.

(3) 블록이진화

다음 과정은 지문영상에 대하여 블록 이진화를 수행한다. 입력받은 지문영상의 크기는 300 × 300 pixels 이고, 블록 이진화를 수행하는 블록의 크기는 9×9 pixels 로 수행할 때 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

(4) 개선된 세선화

세선화(Thinning)는 이진 화상으로부터 융선의 폭이 1 픽셀인선화상을 만들어내는 과정으로 본 논문에서는 Zhang suen 의 세선화 방법을 수정하여 사용하였다.

이 결과 영상은 융선의 수직, 수평정보를 트래킹(Tracking)하는 방법으로 탐색하여 중심점의 위치를 찾게 되는데, 이것은 중심점에 근접한 융선일 수록 경사도(Gradient)가 큰 점을 이용한다. 기존의 방법은 소벨(Sobel)연산자를 이용하여 x축과 y축의 설정한 블록 단위의 일정한 간격의 방향 정보를 이용하여 중심점을 탐색하지만, 본 논문에서 제안된 방법은 방향 정보를 가지고 있는 x축과 y축을 일정한 블록 단위의 간격에 제한을 두지 않고 융선(Ridge)이 가지는 연속된 방향성분을 모두 탐색함으로써 보다 정확한 방향정보의 탐색이 가능하게 하였다. 이로 인하여 인증 시스템의 중요한 요소인 중심점을 보다 정확하게 탐색할 수 있다.

IV. 지문의 전처리 및 특징요소 추출

4.1 전처리 및 특징요소 추출

지문 인식에 필요한 minutiae 등의 특징점 추출은 (식 2)과 (그림 3)에 의하여 나타내어진다.

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

(단, $b_k = b0, b1, b2, \cdots, b8$)

위의 (식 2)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 b8

까지의 방향표시는 그림 3과 같다. 여기서는 3×3 마스크를 예를 들었지만, 5×5 마스크, 9×9 마스크 등과 같이 특징점 추출이 용이한 마스크를 사용해도 된다.

b8	b1	b2
b7	b0	b3
b6	b5	b4

그림 3. 특징점 추출을 위한 3×3 마스크

4.2 지문의 방향성 추출

지문 영상에서의 특이점뿐만 아니라 방향성 정보는 지문 인식 시스템에서 인식률을 높일 수 있는 지문 영상 고유의 특징요소가 된다. (식 3)은 지문 영상 안의 여러 개의 윤곽선들 중에서 윤곽선을 구분하는 기준이 되는 그라디언트(Gradient)의 방향값을 나타낸다.

$$\alpha(x,y)=\tan^{-1}\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \qquad \text{(식 3)}$$

다음의 (식 4)는 지문 영상의 대표방향을 결정하여준다.

$$Dir=\frac{1}{2}\tan^{-1}\left\{\frac{\sum_{x=0}^{n}\sum_{y=0}^{m}\sin(2\alpha(x,y))}{\sum_{x=0}^{n}\sum_{y=0}^{m}\sin(2\alpha(x,y))}\right\} \qquad \text{(식 4)}$$

또한, 그림 4는 소벨 마스크를 나타낸 것으로, 위의 (식 4)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 4. 소벨 마스크

V. 실험 결과

다음 그림 5는 Feature factor와 함께 방향성 추출 결과를 각각 보여준다.

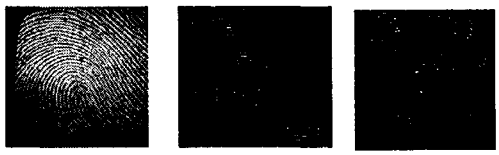


그림 5. 방향성 정보와 특징요소

VI. 결 론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 지문의 분류에 의한 지문 영상 향상을 위한 전처리 기법과 기존의 minutiae 기반의 지문 인식의 단점을 방향성 추출을 통하여 보완함으로써 인식 성능을 높일 수 있는 지문 영상에서의 적응적 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.

Reference

[1] ITU-T Recommendation. Q.768, "Signalling Interface between ISC and ISDN Satellite Subnetwork," 1995. 10.

[2] 박석천 외 ,"위성 B-ISDN 중계망 구조 및 신호 프로토콜에 관한 연구", 한국전자통신연구원, pp.142-160, 1997. 11.

[3] T. Pavlidis, "A vectorizer and feature extraction for document," CVGIP, Vol. 35, pp. 111-127, 1986.

[4] P.S.P. wang, "A fast and flexible thinning algorithm," IEEE Trans. Comput., Vol. 38, No. 5, pp. 741-745, 1989.

[5] K. Liu, Y.S. Huang and C.Y. Suen, "Thinning-based feature extraction for the recognition of handwritten Chinese characters," Technical Report, CENPARMI, Concordia University, Montreal, Canada, Oct. 1996.

[6] C. T. Huang O. R. Mitchell, "Rapid Euclidean distance transformation using grayscale morphology decomposition," in Proc CVPR'91, 1991, pp. 695-697.