

지문인식 시스템의 성능 개선을 위한 손상된 지문의 특이점 추출에 관한 연구

김용식, 조범준
조선대학교 컴퓨터공학과

The Study on the Minutiae Extract of Stain Fingerprint for Improve Fingerprint Recognition system

Yong-Sik Kim, Beom-Joon Cho
Dept. of Computer Engineering, Chosun University
E-mail : chief76k@empal.com, bjcho@mail.chosun.ac.kr

요약

본 논문에서는 많은 잡음으로 인해 손상된 지문으로부터 향상된 특이점 추출에 관한 방법을 제안한다. 최근 들어 주민등록증 뒷면의 지문 이미지와 본인의 생체 지문을 비교하여 본인임을 판단하는 시스템에 관한 연구가 활발하게 진행되어지고 있다. 그런데 생체지문 인식 장치를 통해 입력받은 지문 이미지는 왜곡과 잡음이 있는데 반해 주민등록증상의 지문 이미지는 입력당시 잉크를 통해 회전날인 방식으로 입력받아 잡음과 왜곡이 심하여 두 이미지간의 인증율이 좋지 않다. 이에 주민등록증의 지문 이미지에 대한 잡음과 왜곡보정 필터링과 오류 특이점 제거 등을 통하여 향상된 지문인식 시스템을 구성할 수 있는 방법을 제안 한다.

1. 서론

전 세계적으로 연구되어지고, 상용화를 이루고 있는 생체인식(Bio metrics)이란, 사람 개개인마다 다른 사람과 구별되어지는 특징이나 습관 등을 이용하여 개인의 신원을 확인하는 방법으로 현재 활발하게 연구가 진행되어지고 있는 분야로는 안면인식, 지문인식, 홍채인식, 망막인식, 음성인식, 유전자 인식 등이 있다. 그 중에서도 특히 지문은 다른 사람과 확실히 구별이 되기 때문에 옛날부터 지문을 이용하여 신원을 확인하는 시스템이 운영되어진 것으로 알려져 있다 [1][2]. F.Galton(1843-1930), H.Faulds(1843-1930), H.Wilder(1864-1928)은 지문을 이용한 신원확인 시스템에 과학적으로 접근하였고, H.Poll(1877-1939), Galton은 지문의 유일성과 시간이 흘러도 그 모양이 변하지 않는다는 점을 지적하였다[1].

최근에 지문을 이용하는 분야는 크게 세 가지로 나누어 볼 수 있는데, 첫 번째가 법의학 분야로서 범죄

수사를 할 때 많이 사용되고 있고, 두 번째는 보안 분야로 출입통제 시스템이나 현금인출기(ATM)에서의 본인 식별과 같은 물리적 환경에서부터 인터넷에 의한 상거래와 텔레뱅킹 등과 같은 사이버 환경에서의 인증에 사용되고 있고, 세 번째는 의학에 관계된 것으로 특정 질병을 검사하거나 유전적인 관계 조사, 사상체질의 판단 등에 사용되고 있다[2][3][4].

현재 우리나라에서는 만 17세가 넘은 국민 전체와 범죄자의 십지 지문을 획득하여 데이터베이스화하고 있는데, 이 과정에서 손가락에 잉크를 묻혀 종이에 찍어낸 지문 이미지를 스캐너를 통하여 데이터베이스화하고 있다. 그런데 이 방법은 많은 잡음을 생성시킬 수 있다. 잉크의 양이 많거나 혹은 적을 수도 있고, 종이의 표면이 고르지 못해서 지문 이미지 상에 잡음이 생길 수도 있다. 그리고 지문을 찍을 때의 힘의 강약이라든가 손가락의 위치 등을 통해서도 많은 잡음이 생길 수 있다. 이러한 잡음은 인식 시스템을 이용해서

인식과정을 거칠 경우 에러의 확률을 현저히 높이고 있는 실정이여서 지문을 서로 비교한다는 것이 매우 어려운 작업이 되어, 이에 관한 많은 연구가 활발히 진행되어지고 있는 실정이다.

본 논문에서는 이러한 여건 하에서 직접 센서를 이용하여 받은 지문이미지와 주민등록증에 인쇄되어 있는 지문 이미지를 일반 PC카메라를 이용하여 받은 지문 이미지, 이 두개의 이미지를 비교하는데 있어 성능을 향상시키기 위해 주민등록증으로부터 받은 지문 이미지의 잡음을 최소화하고 정확한 특이점을 추출하기 위한 알고리즘을 제안한다.

다음 장에서는 지문인식에 관해 전반적으로 설명하고, 3장에서는 제안된 알고리즘에 대해, 4장에서는 실험 결과를 고찰하고, 5장에서는 향후 연구방향에 대해 논하였다.

2. 지문인식

2.1 지문인식 현황

생체인식 기술 분야에서 현재 가장 보편화 되어있는 것이 바로 지문을 통한 생체인식기술이다. 지문인식 기술은 다른 생체인식 기술에 비해 변화 가능성성이 낮고, 시스템의 크기가 작으며, 사용자의 거부감이 적다는 것과 비교적 쉽게 구현할 수 있다는 장점을 가지고 있기 때문이다.

구분	보편성	가변성	사용거부감	시스템크기	상용화
안면	높다	보통	낮다	보통	보통
홍채	높다	높다	높다	크다	보통
망막	높다	보통	높다	크다	보통
음성	낮다	낮다	낮다	보통	보통
유전자	높다	높다	높다	크다	어렵다
지문	높다	높다	보통	작다	쉽다
서명	낮다	낮다	낮다	보통	보통

[표 1] 생체인식 기술 대조표

현재의 지문인식 시스템의 인식률이 99% 이상을 기록하고 있으나, 지문이 생체 지문 인식장치 등을 통하여 입력되어진 정상적이고 잡음이 적은 경우에 한해서 인식할 수 있도록 설계되어 있고, 또 그러한 여건 하에서 테스트되어진 통계 결과이다. 즉, 잡음과 왜곡이 심한 지문 이미지에 대해서는 그 인식율이 현저하게 낮아진다는 것이다.

2.2 지문인증 시스템

지문을 식별하는 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 융선의 흐름형태에 근거한 방법으로,

이것은 지문을 일정한 영역으로 분할하고 이 영역을 대표하는 방향으로 부호화 한다. 이 부호화된 지문에서 주된 흐름선을 추출하고 그 흐름선의 형태에 의하여 분류를 한다. 이 접근 방법은 성격상 대부분 구문론적 방법에 의해 수행되어 구문론적 방법의 장, 단점을 갖게된다. 그리고 지문 능선의 전체적 형태 정보를 이용하기 때문에 특이점들이 어느 정도 손상된 경우라도 할지라도 분류가 가능하다.

두 번째 방법은 특이점에 근거한 식별 방법이다. 이 방법은 지문 영상을 하나의 벡터장으로 보고 특이점을 국부 연산자에 의해서 찾아낸다. 여기서 얻어진 특이점의 종류 및 위치 관계에 의해서 지문을 분류하는 것이다. 이 접근 방법은 성격상 결정론적 방법 또는 통계적 방법에 속한다. 과정 자체는 효율적이고 잡음에 강한 장점이 있으나 전체 구조를 고려하기 힘들고 특이점을 없어버린 경우에 분류가 곤란하다는 단점이 있다[6].

현재 주로 사용되어지고, 더 높은 인증율을 얻기 위해 활발하게 연구가 진행되어지고 있는 방법은 두 번째 방법인 특이점에 근거한 식별 방법이다. 이 식별 방법은 특이점만을 필요로 하기 때문에 저장해야 하는 정보의 양이 적어 경제적이고, 스마트카드 등에 접적이 용이하기 때문이다.

2.3 지문의 특이점

지문의 특이점(Minutiae)은 크게 전역적 특징과 지역적 특징이 있다. 전역적인 특징이란 지문의 전체적인 모양 비교를 통한 것으로, 지문의 형태는 크게 궁상문(Arch), 제상문(Loop), 와상문(Whole) 등의 유형으로 나눌 수 있다. 지역적인 특징은 세세한 지문의 특징으로 융선(Ridge)의 종단점(End Point), 분기점(Bifurcation), 중심점(Core), 삼각주(Delta) 등의 위치, 방향이 있다.



[그림 1. 지문의 각 특이점]

2.5 일반적인 특이점 추출과정

일반적인 지문의 특이점 추출과정은 다음과 같다.

1) 전처리

명암의 구분을 높이고 잡음을 제거하여 방향성 추출을 용이하게 한다.

2) 방향추출

융선의 방향을 결정하는 단계로 지문의 전체 이미지를 8×8 또는 16×16 단위의 영역으로 분할하여, 각 영역에 포함된 융선의 흐름과 주위 영역들의 흐름을 종합적으로 판단하여 8방향의 한 단위를 선택하게 된다. 여기서 8방향은 융선의 기준 시작점의 판단이 어렵기 때문에 180° 를 8개로 쪼갠 단위가 된다.

3) 이진화

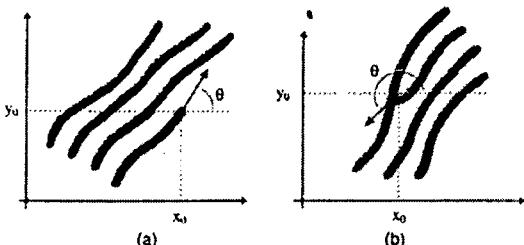
지문 이미지의 이진화란 기본적으로 융선과 골을 흑백으로 구별하는 처리를 말한다. 그러나 입력 영상이 지문 이외의 배경영역이 포함되므로 지문영역과 배경영역을 구별하는 과정까지 포함한다.

4) 세선화

이진 처리된 지문 이미지로부터 융선의 폭이 1화소인 선(line) 화상을 만들어 내는 과정이다. 이 과정은 지문 영상으로부터 특이점 추출을 용이하게 하기 위한 과정이다.

5) 특이점 추출

각각의 지문을 구별할 수 있는 특징을 추출하는 방법으로는 이진 화상에 대한 윤곽선 추적법과 세선화 후의 원도우를 사용하는 방법, 정의된 마스크를 이용한 추출방법 등이 있고, 추출된 각 특이점은 다음과 같은 방식으로 방향성을 정의하여 계산한다. [7]



[그림 2. 특이점의 방향성]

6) 오류 특이점 제거

오류 특이점 조건을 설정하고 조건을 만족하는 특이점을 오류 특이점으로 처리한다. 두 특징점의 거리가 너무 가까우면 오류 특이점으로 간주하고, 특이점의 수가 너무 많은 경우, 역치 값을 조정하여 오류 특이점을 제거한다.

3. 잡음이 많은 지문이미지의 특이점 추출

일반적인 지문 이미지로부터 특이점을 추출하는 과정은 전처리, 방향성 추출, 이진화, 세선화, 특이점 추출, 오류 특이점 제거 등의 6단계를 거치게 된다. 이 방식은 잡음이 적은 정상적인 지문 이미지의 경우에는 우수한 성능을 보이지만, 잡음이 심한 지문 이미지의 처리에서는 많은 오류 특이점들이 추출되어 생체지문 인식장치로부터 받아들여진 정상적인 지문 이미지와의 매칭에서 좋은 결과를 기대하기가 어렵다.

이에 잡음을 많이 포함하고 있는 지문 이미지에 대하여 다음과 같은 특이점 추출 과정을 적용하였다.

1) 평활화

첫 단계로 히스토그램을 이용한 평활화 과정은 적은 범위의 명암값 분포를 가진 이미지를 넓은 분포의 명암값을 갖도록 하여 이미지의 질을 향상시키는 과정이다.

2) 정규화(Normalization)

평활화 과정을 거친 이미지를 정규화를 통하여 융선과 골의 구분을 향상시키는 과정을 수행한다.

3) 방향성 추출

잡음이 많은 지문 이미지의 방향성 추출은 16×16 단위의 영역을 사용한다. 일반적인 경우보다 큰 영역을 기준으로 하는 이유는 심한 잡음으로 인한 방향성 추출 단계에서의 오류를 최소화하기 위함이다.

4) 1차 특이점 추출

1차 특이점 추출에서는 3단계에서 추출된 방향성 정보를 기준으로 중심점(Core)과 삼각주(Delta)를 추출한다.

5) 방향성을 고려한 Smoothing

지문 영상의 본질적인 특성인 흐름과 추출된 방향성 정보, 중심점과 삼각주의 위치 등을 기준으로 융선 위의 빈 공간, 지문의 구성상 나타날 수 없는 형태의 오류 등의 이미지를 보정하는 작업을 수행한다.

6) 영역별 융선의 폭 계산

Smoothing 과정을 수행한 지문 이미지를 일정한 크기의 영역으로 분할하여, 각 영역의 융선의 폭을 계산한다. 여기서 융선의 폭은 각 융선의 중심선에서 다음 융선의 중심선까지의 거리, 즉 융선간의 폭을 의미한다. 융선의 폭을 영역별로 구분하여 계산하는 것은 한 사람의 지문이라 할지라도 부위별로 근본적인 융선의 폭 차이, 지문 입력시의 힘의 각도 등에 의해서 각 영역별 차이가 나타날 수 있고, 이 정보는 다음 단계인 필터링에 유용하게 사용된다.

7) 필터링(Filtering)

6단계에서 계산되어진 융선의 폭을 기준으로 끊어진 융선의 연결 등의 잘못 구성되어진 특이점을 수정하고, 훼손된 지문 영역을 복원하는 등의 필터링 작업이 수행된다.

8) 이진화(Binarization)

다음 단계인 골격화를 수행하기 위한 준비 단계로 일정 영역별로 Threshold 값을 계산하여 전체 지문 이미지의 이진화 작업을 수행한다.

9) 골격화(세선화, Skeletonization)

이진 처리된 지문 이미지로부터 융선이 1화소의 라인으로 구성된 골격화된 이미지를 만든다.

10) 특이점 추출(Minutiae Extract)

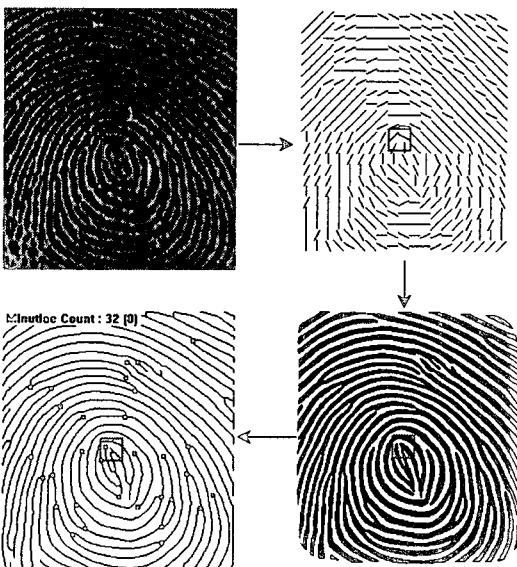
일반적인 방법과 동일한 방법으로 특이점을 추출한다.

11) 오류 특이점 제거

지문 이미지의 일반적인 특이점으로는 여러 종류가 있지만 잡음을 많이 포함하고 있는 지문 이미지의 경우에는 많은 오류 특이점의 발생 가능성을 내포하고 있으므로 기본적이고 실제적인 특징점인 분기점과 종단점만을 특이점으로 인정하고 다른 오류의 소지를 내포하고 있는 특이점들을 제거하는 작업을 수행한다.

4. 실험결과

그림 3은 논문에서 제안한 알고리즘으로 실험을 한 결과의 원본 이미지, 방향성 추출결과, 이진화 결과, 그리고 특이점 추출 결과를 보이는 그림이다.



[그림 3 제안한 알고리즘 적용결과]

그림을 통해서도 알 수 있듯이 잡음을 많이 포함하고 있음에도 불구하고 명확한 골격화 결과를 얻을 수 있었고, 무작위 50여명 정도의 테스트 케이스를 통해 매칭 결과 또한 기존의 방식보다 더 나은 결과를 보였다. 하지만 잡음을 많이 포함하고 있다는 가정 하에 설계된 많은 수정 작업으로 인해 지문의 원형이 훼손되는 부분이 있었다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서 제시한 알고리즘은 잡음을 많이 포함하고 있는 지문에 대하여 특이점 추출 단계를 11단계로 확장, 많은 오류 보정작업을 수행하는데 초점을 두어 기존의 방식보다 평균적으로 처리속도가 늦고 지문의 원형에 약간의 변형이 생긴다는 단점은 있었지만 보다 나은 특이점 추출 결과를 보임을 알 수 있었다.

향후 지속적인 연구로는 보다 많은 테스트 케이스를 통하여 논문 학술발표 전까지 기존의 방식과의 비교 결과를 수치화 하고, 지문 이미지의 원형에 변형이 생기지 않고, 실제적인 지문 복원을 구현하는 것이 필수적이라고 생각된다.

[참고문헌]

- [1] F.Galton, Fingerprints, MacMillan, London, 1892.
- [2] G.Xiao, H. Rafat, A combined statistical and structural approach for fingerprint image post-processing. proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics Conference, pp. 331-335, 1990.
- [3] The Science of Fingerprints: Classification and Uses United States Department of Justice, Federal Bureau of Investigation, Washington, rev. 12-84, 1988.
- [4] W.C Lin, R.C Dubes, A review of ridge counting in dermatoglyphics, Pattern Recognition 16, 1-8, 1983.
- [5] L. O'Gorman, J.V. Nickerson, "An approach to fingerprint filter design, Pattern Recognition 22, 28-38, 1989.
- [6] 제종태, Ridge-line을 이용한 계층적 지문인식", 서강대학교 석사학위 논문, 1990.
- [7] Dario Maio, Davide Maltoni, "Direct Gray-Scale Minutiae Detection In Fingerprints", IEEE transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 19. No 1, pp. 25-39, 1997.