

지문인식의 특이점 추출단계 최소화 알고리즘 구현

박종민*, 조범준**

*조선대학교 컴퓨터공학과

**조선대학교 컴퓨터공학부

e-mail : jmpark, bjcho@ai.chosun.ac.kr

Minutiae Extract Minimize Algorithm of Fingerprint Recognition

Jong-Min Park*, Beom-Joon Cho**

*Dept. of Computer Engineering, Chosun University

**Dept. of Computer Engineering, Chosun University

요 약

본 논문에서는 특이점 추출에서의 과도한 추출 단계로 인하여 발생하는 문제점들을 줄이기 위하여 기존의 6 단계인 특이점 추출 과정을 개선하여 3 단계로 줄이면서도 정확성을 높이는 특이점 추출 알고리즘을 설계/구현하고자 한다.

1. 서론

사람에게는 다른 사람들과 구별되는 특징들이 여러 가지가 있다. 얼굴모양과 얼굴에 있는 눈이나 코, 입 등의 위치와 눈에서의 홍채, 그리고 손가락의 지문 등으로 사람과 사람을 구별할 수 있다. 그 중에서도 특히 손가락의 지문은 개개인이 다른 모양을 가지고 있어 확실한 구별이 되기 때문에 옛날부터 지문을 이용하여 신원을 확인하는 시스템이 운영된 것으로 알려지고 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), Galton 은 지문의 유일성과 시간이 흘러도 모양이 변하지 않는다는 점을 지적하였다[3].

최근에는 지문을 이용하는 분야는 크게 세 분야로 나누어 볼 수 있다.

첫 번째는 법의학분야로서 범죄수사를 할 때 많이 사용되고 있다.

두 번째는 보안으로 출입통제, 근태관리 시스템과

전자상거래 인증에 관련된 부분에 사용되고 PC 및 각종 응용프로그램 보안과 은행서비스 등에 이용되고 있다.

세 번째는 의학에 관계된 것으로 특정한 질병을 검사하거나 유전적인 관계를 조사할 때 이용된다[4][5][6].

경찰은 모든 범죄자나 일반 사람들에게서 지문을 획득하여 데이터베이스화하고 있는데, 이 과정에서 손가락에 잉크를 묻혀 종이에 찍는 방법으로 데이터베이스화하고 있다. 그런데 이 방법으로써는 많은 잡음을 생성시켜 지문 인식 시 많은 어려움을 줄 수가 있다. 예를 들자면 잉크의 양이 많거나 적을 수도 있고 종이 표면이 고르지 못해서 이미지 상에 잡음이 생긴다. 그리고 지문을 획득할 때의 강약이라든가 손가락의 위치 등에서도 많은 잡음이 생겨 인식 시 오류를 범할 수도 있다.

지문은 융선(Ridge)과 골(Valley)로 이루어져 있다고 할 수 있다.

지문인식은 보통 지문의 형태를 구분 짓는 융선의 형태에 의해 정해지는데 그 형태에 따라서

코어(중심점), 델타 같은 특이점을 추출하게 된다.

기존의 지문 인식 시스템은 특이점을 추출하기 위해 전처리 단계, 방향추출, 이진화, 세선화, 특이점 추출, 오류 특이점 제거 단계를 거친다.

이런 기존의 시스템들은 실시간 처리를 목적으로 하는 지문 인식 시스템에서 인식하는 속도를 저하할 뿐 아니라 메모리의 요구량(위치와 방향, 특이점 종류 정보 저장)이 많고 원 영상에 몇 가지 단계를 거치면서 이미지의 불필요한 변형이 생길 수도 있다.

본 논문에서는 특이점 추출 단계에서의 과다한 추출 단계로 인하여 발생하는 문제점들을 줄이기 위하여 기존의 일곱 단계인 특이점 추출 과정을 개선하여 3 단계로 줄이면서도 정확성을 높이는 특이점 추출 알고리즘을 설계/구현하고자 한다.

2. 관련 연구

2.1 지문인식

지문(Fingerprint)에서 선 모양으로 나타나는 것으로 산맥과 같이 솟아 오른 부분을 융선(Ridge)이라 하고 반대로 융선과 융선 사이에 계곡과 같이 파인 부분을 골(Valley)이라 한다.

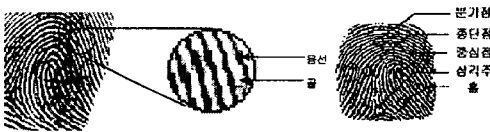


그림.1 지문 구성

그림.1 에서 보는 바와 같이 지문에는 정확한 방향성을 띠는 융선으로 이루어진 정상영역(normal region)이외에 여러 특징적인 부분이 존재하고 있다.

이들 중에서 융선이 진행하다가 끊어지거나 분리되는 점들이 한 지문에 많이 분포되어 있음을 볼 수 있다. 이때 융선이 끊어지는 점을 단점(ending point)이라 하며 갈라지는 점을 분기점(bifurcation)이라 한다. 이들을 통칭하여 지문의 특이점(minutiae)이라 부르는데, 빈도수가 높은 특이점들이 그림.2 에 나타나 있다.

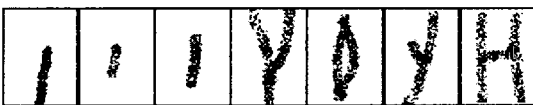


그림.2 빈도수가 높은 특이점(minutiae)

일반적으로 한 손가락에는 이러한 특이점이 100 ~

150 개 정도가 분포하며 사람마다 모두 그 종류와 위치, 방향이 다르게 나타난다고 알려져 있다. 이러한 특징점의 위치 관계와 방향들이 50~60% 이상 일치하면 동일한 지문이라 판정할 수 있다. 따라서 이러한 특이점에 대한 정보는 지문 또는 각 개인마다의 식별수단으로 사용될 수 있다[7][8].

2.2 개인 인증 시스템

지문에 대한 개인 인증 분야는 크게 분류(classification)와 매칭(matching)으로 나뉜다. 분류는 여러 모양을 갖는 지문의 형태들을 어떤 공통된 특징을 기준으로 나누는 작업이고, 매칭은 입력지문과 데이터베이스 내의 등록 지문과 일치하는지를 비교하여 특정 개인을 식별하는 작업이다. 또한 매칭은 식별(identification)과 판별(또는 조합, verification)로 구분된다. 식별은 범죄현장의 유류지문과 같은 입력 정보를 이용해 대량의 데이터 중에서 동일한 등록 지문을 찾는 것이며, 판별은 지문과 함께 개인의 비밀번호나 카드를 함께 입력하여 등록된 본인의 지문과 동일 여부를 판별하는 것으로 출입통제 시스템에서 주로 사용하는 방법이다[9].

지문을 식별하는 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 융선의 흐름 형태(shape of ridge-line)에 근거한 방법으로, 이것은 전체 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 갖게 된다. 그리고 지문 능선의 전체적 형태 정보를 이용하기 때문에 특이점들이 어느 정도 손상된 경우라 할지라도 분류가 가능하다.

두 번째 방법은 특이점에 근거한 식별 방법이다. 이 방법은 지문 영상을 하나의 벡터장(vector field)으로 보고 특이점들을 국부 연산자(local operator)에 의해서 찾아낸다. 여기서 얻어진 특징점의 종류 및 위치 관계에 의해서 지문을 분류하는 것이다. 이 접근 방법은 성격상 결정론적 방법(decision theoretic method) 또는 통계적 방법(statistical method)에 속한다. 과정 자체는 효율적이고 잡음에 강한 정점이 있으나, 전체 구조를 고려하기 힘들고 특이점을 잃어버린 경우에 분류가 곤란하다는 단점이 있다[10].

2.3 지문 인식의 특이점 추출 과정

일반적인 지문 인식 특이점 추출 과정의 절차는 다음과 같다.

1) 전처리

명암의 구분을 높이고 잡음들을 제거하여 방향 추출을 용이하게 한다.

2) 방향추출

음선의 방향을 결정하는 단계로 대부분의 시스템에서는 현재 픽셀 값의 방향을 결정하기 위하여 주변 픽셀 값들을 살펴보고 여덟 개(동, 서, 남, 북, 동서, 서남, 남북, 동북)의 방향 중에서 하나의 방향을 선택한다. 결정된 음선의 방향은 매칭 과정에서도 이용된다.

3) 이진화(Binarization)

지문 영상에 있어 이진화는 기본적으로 지문의 돌출부인 융선부와 파인 부분인 곡부를 흑백으로 구별하는 처리를 의미한다. 그러나 입력 영상이 지문 이외의 배경 영역을 포함하는 경우도 발생하므로 지문영역과 배경영역을 구별하는 과정까지 포함해야 하는 경우도 있다. 지문은 전체 입력 영상의 그레이 레벨의 분포가 일정하지 않기 때문에 국소 영역에 대한 지역적 이진화(local binarization)와 윈도우연산을 이용한 중첩(overlapping)기법이 많이 사용되어 왔다[11].

4) 세선화(Thinning)

이진 화상으로부터 융선의 폭이 1 화소인 선(line) 화상을 만들어 내는 것을 의미한다. 특히 세선화 된 지문 영상은 특이 점을 구함에 있어 유리하다는 장점으로 대부분의 인식 시스템에서 이 과정을 포함하고 있다. 그러나 많은 정보량에 대한 단순 반복의 처리과정이 전용 프로세서나 병렬 처리 시스템의 사용을 요구하는 단점이 있다. 따라서 많은 세선화 알고리즘이 개발되어 사용되고 있으나 실시간 지문인식의 실용화에 가장 큰 요인이 되고 있다[11].

5) 특이점 추출(Feature Extraction)

각각의 지문을 구별할 수 있는 특징을 추출하는 과정으로 개인별 특징을 추출하는 중요한 작업이며, 이를 추출하는 방법에는 크게 전역적 특징과 지역적 특징이 있다. 전역적인 특징이란 지문의 전체적인 모양비교를 통한 것으로, 지문의 형태는 크게 궁형, 고리형, 소용돌이형, 등의 유형으로 나눌 수 있다. 지역적인 특징은 세세한 지문의 특징으로 융선(ridge)의 단점, 분기점의 위치, 방향, 형태 등이 있다.

이러한 정보를 바탕으로 지문인식은 각 개인마다 다른 지문의 특이점을 추출하여 개인정보로

저장하고 있으며, 지문 인증시 저장된 정보와 현재 입력된 정보를 대조하여 특이점 판별을 하여 무수히 많은 지문가운데서 사용자를 식별한다.

지문의 판별을 위한 요소는 크게 일정한 방향성을 나타내는 부분과 그렇지 않은 부분으로 나누어진다. 이를 다시 정리하면 방향성을 갖는 영역은 이들의 방향을 45 또는 22.5 의 간격으로 분할하여 방향 값을 부여한다. 이때 이들은 지문이 일반적인 개인 고유의 기준 좌표계가 없으므로 매번 입력된 지문 영상의 전체 지문 영역 안에서의 상대적인 방향을 의미한다. 그리고 방향이 설정되지 않는 영역은 고립점, 융선의 교차점등 여러 가지가 있을 수 있다. 지문 인식에서는 이들이 본질적으로 단점과 분기점의 조합된 형태이므로 단점과 분기점을 찾는 것을 목표로 한다. 또한 지문의 기준이 될 수 있는 중심점(Core point) 또는 삼각주(Delta point)에 중점을 두기도 한다. 이들을 찾는 과정은 전처리 과정에 크게 영향을 받으며 계산량이 많은 단점이 있다. 단점과 분기점을 찾기 위한 방법으로는 이진 화상에 대한 윤곽선 추적법, 세선화 후의 윈도우 사용들이 이용되어왔다[7][8].

6) 오류특이점 제거

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

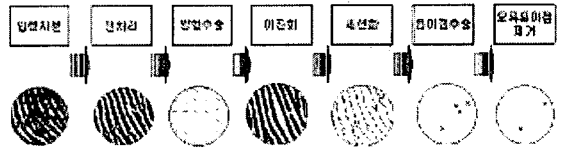


그림.3 특이점 추출 과정

기존 특이점 추출 단계의 문제점은 오류 특이점이 많고, 저속이며(단계가 많고 복잡), 메모리 요구량이 많아진다(위치와 방향, 특이점 종류 정보 저장). 그리고 중심점이나 삼각주가 없는 사용자에게 대해 부가적인 원점 선택 방법이 필요하다.

3. 최소화 알고리즘

① 전처리를 한다.

② 입력 지문의 중심 블록에 대하여 X-축과 Y-축의 Gray scale 값의 분포를 구한다.(중심 블록이 잡음이 가장 작음) 각 화소(i, j)에 대하여 융선과 골을 포함하는 n×n 화소크기의 영역을 설치하고 식(1)과

같이 Gray scale 값의 분포를 찾는다.

$$K(i, j) = \text{Min} \sum [C(i_k, j_k) - C(i, j)] \quad \text{식(1)}$$

③ 현재 Pixel에 대하여 X-축 값과 Y-축 값, X-축과 Y-축에서의 이전 용선과의 거리를 고려하여 현재 Pixel이 용선에 해당하는 가를 판정한다.(기존의 방법 중 용선의 거리를 이용한 방법은 존재하지만 단계 ③과 같은 요소들을 고려하여 한 Pixel의 용선 여부를 바로 판정하는 방법은 없음.)

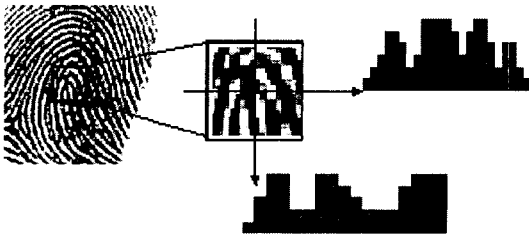


그림.4 단계 ③에 대한 다이어그램

④ 특이점을 추출하기 위하여 현재 Pixel이 특이점이기 위한 조건을 만족하는지의 여부를 판단한다. 예를 들어 현재의 Pixel이 끝점이기 위한 조건은 주변 용선들(파)의 거리 등 간격에 가까워야 한다.

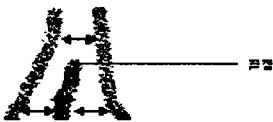


그림.5 끝점이기 위한 조건

⑤ 기존 방법들을 이용하여 오류 특이점을 제거한다.

⑥ 단계 ②~단계 ④ 과정을 전체 입력 지문으로 확장하여 처리한다.

제안한 방법에 의해 기존의 6 단계 특이점 추출 과정을 3 단계로 줄일 수 있다.

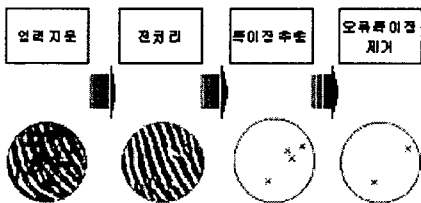


그림.6 제안 시스템에서의 특이점 추출 단계

4. 실험 및 고찰

제시한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 NIST 의 SDB 에 있는 27,000 여종의 지문을 사용하였다. 지문 인식 시스템은 펜티엄 PC 에 Windows 2000 운영체제를 사용하고, 알고리즘의 구현은 C++ 언어를 사용하였다.

판정	데이터 개수	백분율(%)
인식	26,190	97
오인식	810	3

표. 1 제안 시스템의 인식률

위의 표. 1 에서 보는 바와 같이 제안된 시스템에서의 인식률은 97%로 만족할 만한 성능을 보였고, 개개의 지문 인식 속도에서도 1 인당 평균 0.5 초의 빠른 속도를 보였다.

이 실험에서 나타난 오인식 판정은 영상을 확인한 바 대부분이 입력 영상이 뭉개짐으로 용선의 흐름이 뚜렷이 나타나지 않은 상태이거나, 영상에 회전 왜곡이 발생한 경우임을 알 수 있었다. 지문영상 획득장비의 개선이 이루어진다면 양질의 입력 영상을 제공 받아 더욱 향상된 인식률과 시스템의 안정성을 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

5. 결론

본 논문에서 제시한 알고리즘은 지문 인식의 단계를 6단계에서 3단계로 축소하여 기존과 유사한 인식률을 나타내면서도 1인당 0.5초의 기존 알고리즘보다 빠른 인식 속도를 보였다. 그러나 이는 입력영상의 회전왜곡이 적다는 가정하에서의 결과이고, 위의 성능테스트 결과의 오인식 된 영상들도 회전왜곡이 발생한 영상들이었다. 앞으로 이러한 회전왜곡과 데이터 량 축소, 인식률의 향상이라는 문제점을 보완할 수 있는 알고리즘에 대한 연구를 진행할 것이다.

[참고문헌]

[1] B. Moayer, K. S. Fu, "A syntactic approach to fingerprint pattern recognition", Pattern Recognition 7, 1-23, 1975.
 [2] D. K. Isenor, S. G. Zaky, Fingerprint identification using graph matching, pattern Recognition 19. 113-122, 1986.
 [3] F. Galton, Finger Prints, MacMillan, London, 1892.

- [4] Q. Xiao, H. Rafat, A combined statistical and structural approach for fingerprint image postprocessing proceedings of the IEEE International Conference on systems, Man and Cybernetics Conference, pp. 331-335, 1990.
- [5] The Science of Fingerprints: Classification and Uses United States Department of justice, Federal Bureau of Investigation, Washington, rev. 12-84, 1988.
- [6] W. C. Lin, R. C. Dubes, A review of ridge counting in dermatoglyphics, Pattern Recognition 16, 1-8, 1983.
- [7] 안도성, "실시간 지문영상 자동인식을 위한 알고리즘 개발", 인하대학교 석사학위논문, 1994.
- [8] 안도성외, "블록 FFT를 이용한 실시간 지문 인식 알고리즘", 전자공학회 논문지, 제32권 16호, pp910-912, 1995.
- [9] 문명권외, "구조적 방법에 근거한 지문 영상의 효율적인 분류", 정보과학회 논문지, 제24권 2호, pp170-171, 1997.
- [10] 제종태, "Ridge-line을 이용한 계층적 지문인식", 서강대학교 석사학위논문, 1990.
- [11] 김상현외, "지문 인식의 전처리 과정 단축 알고리즘의 제안", 한국멀티미디어학회 논문지, 제5권 1호, pp277-281, 2002.