

영상 개선을 통한 지문인식 특징점 추출

안효창*, 심명환*, 한태규*, 이상범**, 김영섭***

*단국대학교 전자컴퓨터공학, ** 단국대학교 전기전자컴퓨터공학부,

*** 단국대학교 전자컴퓨터학부

초록

지문인식에 있어서 지문의 원 영상이 여러 가지 이유로 손상되어 발생 될 수 있는 특징 및 정보들이 지문인식 시스템에 많은 영향을 주어 인식률이 낮아지게 된다. 본 논문에서는 개선된 영상처리를 통하여 이러한 의사 특징점의 수를 줄여 보다 정확한 특징점을 추출하여 지문인식 시스템의 성능을 향상 시키는 알고리즘을 제안하고자 한다. 지문의 손상으로 생기는 의사 특징점을 줄임으로써 전체 시스템의 계산량을 줄여 지문인식 속도를 향상 시키고자 한다.

1. 서론

오늘날 사회가 고도로 정보화되고 복잡해짐에 따라 개인 정보의 유출과 이로 인한 피해가 심각한 문제로 대두되고 있다. 지금까지 개인 인증을 위하여 사용되고 있는 암호나 열쇠를 이용한 토큰 방식의 인증 기술은 생체 인식 기술로 점차 대체되고 있다. 생체 인식 기술은 도난이나 해킹의 위험이 적고 사용자 편의성에 있어 기존의 기술보다 우월하며 개인의 고유한 특성을 근거로 인증하므로 보다 높은 보안을 보장한다. 현재 생체인식은 지문, 음성, 얼굴, 망막 홍채, 서명 인식 등이 있으며, 그 중에서 가장 널리 사용되고 있는 것은 지문 인식이다[1][2][4]

지문 인식 알고리즘은 특징점 기반 알고리즘과 패턴 기반 알고리즘으로 크게 나뉜다. 특징점 기반 알고리즘은 특징점의 좌표, 특성, 방향각 등을 정보로 하여 지문 인식을 하고, 패턴 기반 알고리즘은 지문의 용선 패턴을 분석하여 지문을 인식을 하며, 주로 특징점 추출이 쉽지 않은 저화질 영상에서 사용한다[1][3][5].

지문을 국부적으로 해석하면 일정한 방향을 갖는 용선으로 이루어진 패턴으로 볼 수 있다. 일반적으로, 특징점 기반 지문인식 알고리즘에서는 지문의 용선에 의해 구성되는 특징점(Minutiae) 즉, 분기점(Ridge bifurcation)과 끝점(Ridge Ending)을 추출한다. 끝점은 용선이 끊어지는 곳이며 분기점은 용선이 두 개로 나뉘어 지는 곳이다. 이밖에 지문의 분류를 위해 중심선과 삼각주를 추출하기도 한다[1][2][3].

본 논문에서는 기존 연구결과를 바탕으로 지문 영상 개선을 위한 전처리 기법과 기존의 특징점 기반의 지문 인식의 단점을 지문의 특성에 따른 적응적 방향성 정보추출을 통하여 보완함으로써 효율인 지문 인식 알고리즘을 제안한다.

2. 제안한 알고리즘

가. 방향성 정보 추출

지문 영상에서 특징점을 추출하기 위하여, 본 논문에서는 전처리 과정을 통해 얻은 개선된 지문영상에서 방향성 정보를 얻고, 이를 기반으로 하여 지문 인식의 효율을 높이고자 한다. 지문 영상에서의 특이점뿐만 아니라 방향성 정보는 지문 인식 시스템에서 인식률을 높일 수 있는 지문 영상 고유의 특징요소가 된다. 본 논문에서는 방향성 정보를 추출하기 위해 Sobel 연산을 이용하여 Gradient 값을 구해서 다음과 식(1)을 이용하여 방향성 정보를 추출한다[5][7].

$$\theta(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2G_x(i, j) - G_y(i, j)}{G_x^2(i, j) - G_y^2(i, j)} \quad (1)$$

지역 필터링을 통하여 상처나 잡음 등의 영향으로 잘못 추정된 방향 필드를 보정한다. 다음 식(2)을 이용하여 지역 필터링을 한다.

$$\Phi'_x(i, j) = \sum_{u=-W_x/2}^{W_x/2} \sum_{v=-W_y/2}^{W_y/2} W(u, v) \Phi_x(i - uw, j - vw) \quad (2)$$

$$\Phi'_y(i, j) = \sum_{u=-W_x/2}^{W_x/2} \sum_{v=-W_y/2}^{W_y/2} W(u, v) \Phi_y(i - uw, j - vw)$$

다음 식(3)를 이용하여 (i, j) 에서의 용선 방향 $O(i, j)$ 를 구한다.

$$O(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{\Phi'_x(i, j)}{\Phi'_y(i, j)} \right) \quad (3)$$

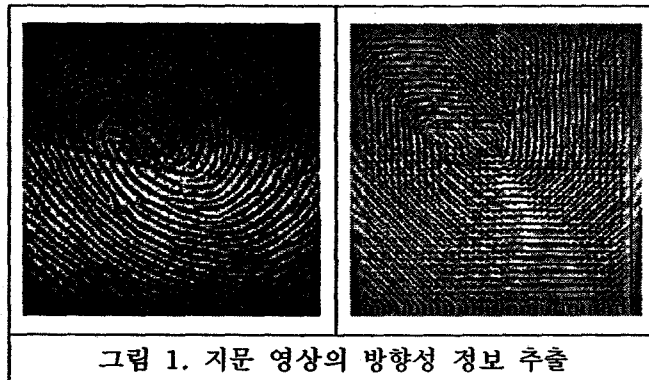


그림 1. 지문 영상의 방향성 정보 추출

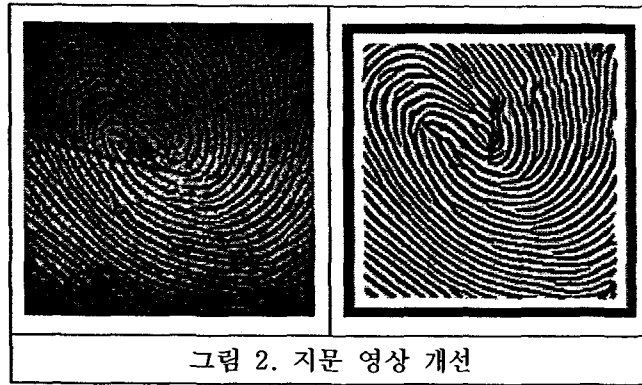


그림 2. 지문 영상 개선

나. 특징점 추출

지문 영상에 세션화 과정을 거친 후, 지문 영상에서 보다 나은 특징점을 추출할 수 있다[6]. 3×3 마스크를 이동하면서 중심 픽셀 C_0 주변 픽셀들의 밝기 변화 횟수를 조사하여 고립점(Isolated Point), 단점(Ending Point), 분기점(Bifurcation)을 추출한다. 지문 인식에 필요한 특징점 추출은 다음 식(4)의 CN (Crossing count Number)에 의하여 구한다.

$$CN = \sum_{i=1}^8 |C_{i+1} - C_i| \quad (4)$$

특징점의 방향각은 용선의 진행방향을 나타내주는 값으로, 검출된 특징점 좌표에서 세션화된 지문 용선을 일정한 거리만큼 따라간 후 찾을 수 있다. 즉, 용선을 따라갈 때 끝점은 가지가 한 개가 되고 분기점은 세 개가 되는데, 방향각은 특징점 좌표와 가지 끝점의 위치관계로 결정된다.

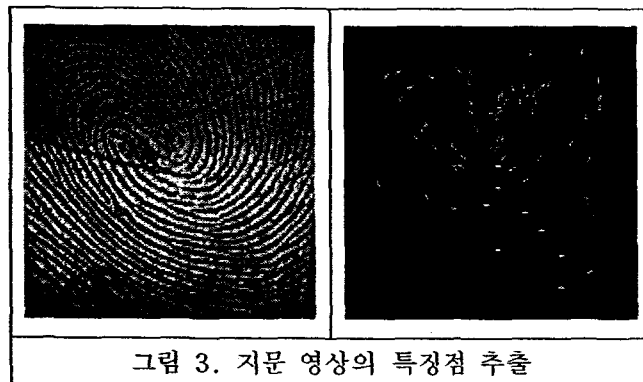


그림 3. 지문 영상의 특징점 추출

다. 정합

개인별 지문 정보 데이터베이스에서 신원 확인을 위한 비교, 검색단계가 진행된다. 비교 알고리즘은 등록 과정에서 저장된 디지털 형태의 템플릿과 얼마나 유사한지에 대한 결과를 산출한다. 대부분의 지문인식은 지문영상의 회전 및 이동으로 인해 좌표값과 방향값을 비교하는 것에 오차가 크기 때문에 두 개의 특성사이의 유사도(Similarity)를 비교하고 특징점들 간의 사잇각과 거리를 이용한 측정법(Distance Measure)을 통하여 정합한다. 먼저 입력지문 특징점의

사잇각(θ_{ij})과 참조지문 특징점 사잇각(θ_{kl})을 다음 식(5)을 이용하여 구한다. θ_i, θ_j 는 입력지문 특징점의 방향, θ_k, θ_l 는 참조지문의 특징점의 방향을 나타낸다.

$$\begin{aligned} \theta_{ij} &= |\theta_i - \theta_j| && \text{단, } i \neq j, i, j = 1, 2, \dots, n \\ \theta_{kl} &= |\theta_k - \theta_l| && \text{단, } k \neq l, k, l = 1, 2, \dots, m \end{aligned} \quad (5)$$

입력지문 특징점 각각에 대하여 1 차 대응 특징점의 거리를 비교하기 위해 다음 식(6)을 이용하여 1 차 대응 특징점을 갖는 입력지문 특징점 사이의 거리(D_{ij})와 1 차 대응 특징점 사이의 참조지문 특징점 사이의 거리(D_{kl})를 특징점에 대한 1 차 대응 특징점으로 하고 식(7)을 만족하는 1 차 대응 특징점을 최종 대응 특징점으로 선정한다.

$$D_{i,j} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad \text{단, } i \neq j, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$\begin{aligned} D_{k,l} &= \sqrt{(x_k - x_l)^2 + (y_k - y_l)^2} && \text{단, } k \neq l, k, l = 1, 2, \dots, m \\ |D_{i,j} - D_{k,l}| &\leq ThrR && \text{단, } ThrR \text{은 특징점 사이의 거리 임계값} \end{aligned} \quad (7)$$

라. 진위판별

비교 단계에서 계산된 거리가 정해진 임계값보다 작은 경우 인증시스템은 사용자 인증과정에서 본인임을 확인하고, 임계값보다 큰 경우 본인이 아님으로 판정한다. 지문인식의 진위판별은 최종 대응 특징점(PM), 입력지문 특징점(EM_i) 및 참조지문 특징점(EM_j)의 개수를 이용하여 정합율을 구하여 동일인 여부를 판정한다.

$$MR = \frac{2 \times PM}{EM_i + EM_j} \times 100 \quad (8)$$

3. 실험결과 및 고찰

제시한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 NIST 의 SDB 에 있는 27,000 여종의 지문을 사용하였다. 지문 인식 시스템은 Pentium 4 1.8GHz 의 PC 에 Windows XP 운영체제를 사용하였고, 알고리즘 구현은 Visual C++ 언어를 사용하였다.

표 1. 제안한 시스템의 인식률

판정	데이터 개수	백분율(%)
인식	26325	97.5
오인식	675	2.5

기존의 지문인식 시스템은 97%의 인식률을 보였으나 제안한 시스템에서는 위의 표 1에서 보는 바와 같이 제안된 시스템에서의 인식률은 97.5% 만족할 만한 성능을 보였고, 개개의 지문 인식 속도에서도 1인당 평균 0.3초의 빠른 속도를 보였다.

이 실험에서 보는 바와 같이 본 논문에서 제안한 지문인식 시스템에서는 지문영상의 개선으로 의사 특징점의 수를 줄여 지문 인식의 성능을 향상시키는 결과를 보였다. 또한 의사 특징점의 수가 줄어들므로 인해서 전체적인 시스템의 처리 속도를 향상시켰다.

4. 결론 및 향후 연구과제

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

참고문헌

- [1] Anil K. Jain, Lin Hong, Sharath Pankanti, Ruud Bolle, "An Identity-Authentication System Using Fingerprint", Proceeding of the IEEE, Vol. 85, No. 9, pp. 1365-1388, 1997
- [2] Anil K. Jain, Lin Hong, "Intergrating Faces and Fingerprints for Personal Identification.", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, No. 12, pp. 1295-1307, 1998
- [3] K. Karu and A. K. Jain, "Fingerprint classification", Pattern Recognition, Vol. 29, No. 3, pp. 389-404, 1996
- [4] Anil Jain, Lin Hong, Ruud Bolle, "On-Line Fingerprint Verification", IEEE Transactions on Pattern Analysis Machine Intelligence, Vol. 19, No. 4, pp. 302-313, 1997
- [5] Pedro R. Vizcaya, Lester A. Gerhardt, "A Nonlinear Orientation Model for Global Description of Fingerprints", Pattern Recognition, Vol.29, No.7, pp. 1221-1231, 1996
- [6] Anil Jain, Salil Prabhakar, Lin Hong, "A Multichannel Approach to Fingerprint Classification", IEEE Transactions on Pattern Analysis Matching Intelligence, Vol. 21, No. 4, pp. 348-359, 1999
- [7] Anil Jain, Lin Hong, Yiefei Wan, "Fingerprint Image Enhancement: algorithm and Performance Evaluation", IEEE Transactions on Pattern Analysis Matching Intelligence, Vol. 20, No. 8, pp. 777-789, 1998