

지문의 중심점 검출에 대한 연구

김 선 주(金善柱), 이 동 재(李東宰), 김 주 섭(金朱燮), 김 제 희(金在熹)

연세대학교 전기컴퓨터공학과

전화 : (02) 361-2869 / 팩스 : (02) 312 - 4584

A Study on Fingerprint Core-point Detection

Seonjoo Kim, Dongjae Lee, Juseob Kim, Jaihie Kim

School of Electrical and Computer Engineering, Yonsei University

E-mail : sjkim23@seraph.yonsei.ac.kr

Abstract

A fingerprint core-point detection algorithm is presented in this paper. Core-point is useful for fingerprint classification and also for the fingerprint verification since it gives a reference to a fingerprint. Traditional methods of finding the core-point is introduced. These methods are the method using poicare index and the method using sine component of ridge directions. The proposed method is modified algorithm of the latter using the poicare index. The experimental results show that the proposed algorithm achieves almost the same accuracy with faster speed.

I. 서론

현대의 고도화된 정보화 사회에서는 데이터나 장비 및 이를 사용하는 사용자에 대한 보안관리에 대한 중요성이 증가되었다. 특히, 인터넷의 발달과 그로 인한 전자상거래등의 출현으로 인해 개인 인증에 대한 관심은 그 어느 때보다 더 높아졌다. 하지만, 기존의 비밀번호, 개인 식별 번호(Personal Identification Number), 마그네틱 카드 등은 노출 또는 분실로 인한 도용 및 복제가 가능하므로, 지문, 얼굴, 손, 홍채, 서명, 음성 등 사람이 가진 영구적이고 신뢰성있는 특징을 이용한 생체측정(Biometrics) 기술에 대한 필요성이 확대되고

있다.

여러 가지 생체측정 기술중에서 지문 인식 기술은 정확성, 인식속도 및 경제성에서 다른 기술보다 우수하기 때문에 현재 가장 널리 사용되고 있다.

그림 1과 같이 지문 인식에 쓰이는 특징점(minutia)에는 단점(endpoint)과 분기점(branch point)이 있으며, 특이점(singular points)에는 중심점(core point)과 삼각주(delta point)이 있다[4]. 그 중, 중심점은 지문 검출 및 분류에 매우 유용하게 쓰이고 있다.



그림 1. 지문의 특징점

지문인식에서 가장 어려운 점은 지문이 입력될 때마다 지문의 위치(translation)와 방향(rotation)이 변한다는 것이다. 따라서, 지문에 일관되게 존재하는 기준점(reference point)을 이용하면 위치와 방향 변화의 문제를 쉽게 풀어갈 수 있다[3]. 지문인식에서의 대표적인 기준점은 중심점(core point)이다. 중심점은 위로 볼록한 음선 위의 점 중에서 최대 곡률을 갖는 점으로 정의한다[1]. 중심점을 검출하는 과정은 지

문인식률에 영향을 미치는 요소로서 중심점을 일관성 있게 찾는 작업은 매우 중요하다.

본 논문에서는 기존의 중심점 검출 알고리즘들을 소개하고, 이를 개선하여 보다 신속하게 중심점을 검출할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

II. 기존의 중심점 검출 방법

중심점을 찾는 대표적인 알고리즘에는 Poincare 지수를 이용하는 방법[2]과 용선 방향에 sine을 취하는 방법[1]이 있다.

(1) Poincare 지수를 이용한 중심점 추출

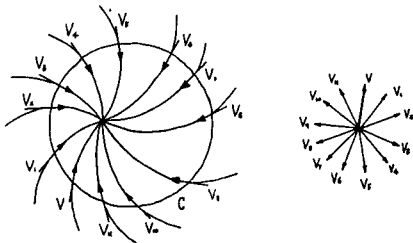


그림 2. Poincare 지수의 정의[5]

Poincare 지수는 그림 2에서처럼 곡선 C에 대한 벡터 V의 회전량으로 정의되며 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다[1].

$$2\pi I = \phi(1) - \phi(0) = \int_0^1 \frac{d\phi}{dt} dt$$

여기서 I는 Poincare 지수이며, 지문의 방향 패턴에서 Poincare 지수를 구하려면, 그림 과 같이 한 점을 중심으로 원을 구성하여 각 영역 사이의 방향 차의 합을 구하면 된다[2].

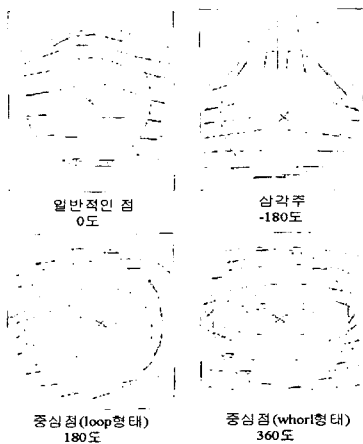


그림3. Poincare 지수의 계산

계산된 Poincare 지수가 180도이면 loop형태의 지문의 중심점이고, 360도이면 whorl 형태 지문의 중심점이 된다. 또한 Poincare 지수가 -180도이면 삼각주의 위치를 나타내며 0도가 되면 특이점이 아닌 일반 점이 된다.

(2) 용선 방향의 sine값들을 사용하는 방법

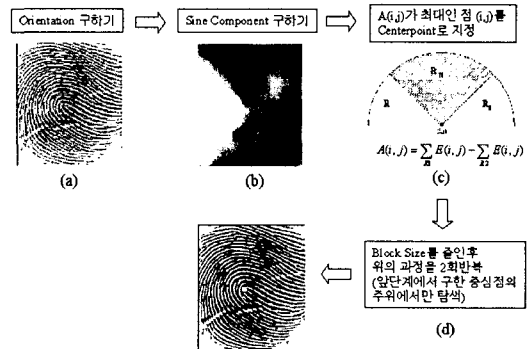


그림 4. 중심점 찾기 알고리즘

용선 방향의 sine값들을 이용하여 중심점을 찾는 알고리즘은 다음과 같다.[1]

- 지문을 $w \times w$ 블록으로 나누어 각 블록별로 용선의 방향을 구한다.(그림 4-(a))
- 구한 블록의 방향에 각각 sine을 취한다 (그림 4-(b))
- 전체 영상영역에 대해서 $A(i,j)$ 를 계산한다.

$$A(i,j) = \sum_{k1} E(i,j) - \sum_{k2} E(i,j)$$

($E(i,j)$ = sine component of pixel (i,j))

$A(i,j)$ 가 maximum인 곳을 중심점으로 정한다.

- 블록의 크기를 w', w'' ($w'' < w' < w$)로 줄여가면서 a부터 c단계를 반복하되 중심점 탐색 영역은 전 단계에서는 점의 주변 영역으로 제한한다.

III. 중심점 검출 방법의 개선

앞에서 설명한 (2)방법은 중심점이 일관성 있게 찾아지나, 같은 과정을 세 번이나 되풀이하고, 많은 화소(pixel)을 포함하는 계산을 하기 때문에 계산 시간이 오래 걸리는 문제점이 있다. 또한, 그림 5-(a)와 같이 중심점이 없는 지문영상에서도 잘못된 중심점을 찾는 문제점을 갖고 있다. 본 논문에서는 (2)의 방법의 과정을 줄임으로서 검출 시간을 줄이고, 그로 인해 야기되는 문제점을 해결하며, 검출된 중심점을 검증할 수 있

는 방법을 제안한다.

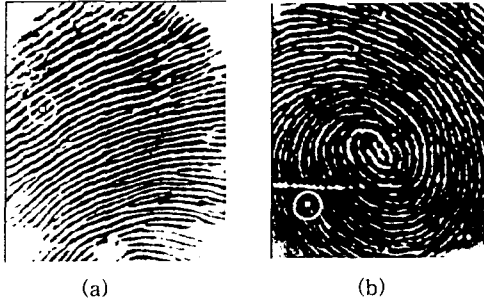


그림 5. 중심점이 잘 못 검출된 경우
(a) 입력에 중심점이 없는 경우
(b) Local Minimum에 빠진 경우

본 논문에서는 중심점 검출 시간을 줄이기 위하여 (2)의 방법에서처럼 블록의 크기를 3회 줄여가면서 중심점을 찾는 대신에 1회에 중심점을 찾도록 하였다. 블록 크기 5*5로 지문 윤선의 방향을 구현후 (2)의 b,c 과정을 거친 후 최대 $A(i,j)$ 를 갖는 점을 중심점으로 규정하였다. 즉, (2) 방법의 마지막 단계만 사용하였다. 이렇게 할 경우 검출 시간이 기존의 (2) 방법보다 줄어들게 된다. 하지만 이럴 경우, 그림 5-(b)와 같이 영상의 질이 좋지 않을 경우, $A(i,j)$ 가 local maximum에 빠져서 에러가 나는 경우가 있다.

Local maximum에 빠지는 것을 방지하기 하기 위하여 Poincare 지수를 적용하였다. 그림 5-(b)의 경우 Poincare 지수를 구하면 0이 된다. 이는 중심점에 해당하는 Poincare 지수가 아님을 알 수 있다. 즉, 제대로 된 중심점이라면, 그 점에서의 Poincare 지수는 180도(loop 형태)나 360도(whorl 형태)가 되기 때문에 $A(i,j)$ 가 최대가 되는 점에서의 Poincare 지수를 구하여 그 값이 180도나 360도가 되지 않으면, 중심점으로 간주하지 않게 된다. 요약하자면, 개선된 알고리즘에서는 Poincare 지수가 180도나 360도를 만족하면서 최대 $A(i,j)$ 값을 갖는 점을 중심점으로 찾게 된다. 만일 Poincare 지수가 180도나 360도를 만족하는 점이 없다면, 중심점이 입력되지 않은 것으로 간주한다. 따라서, 제안한 방법에서는 최대 $A(i,j)$ 를 구하는 과정을 줄임으로서 중심점 검출 시간을 줄이고, Poincare 지수를 적용하여 local maximum에 빠지는 것을 방지하고 검출된 중심점을 검증할 수 있게 된다.

IV. 실험 결과

본 실험은 15명의 지문 각 10개씩, 총 150개의 지

문 영상에 대해서 실시하였다. 지문 영상은 광학식 지문센서로 취득하였다(영상 크기 : 248*292, 실험환경 : Pentium III - 450Mhz).

우선 (2)의 방법을 그대로 구현 실험을 하였을 때에는 2개의 영상을 제외하고는 중심점이 10 픽셀 이내로 일관성있게 검출되었다. 2개의 영상에서는 본래의 중심점과 20 픽셀 이상 차이가 나는 오류가 발생하였다. 중심점 검출 시간은 평균 110ms가 걸렸다.

제안한 알고리즘으로 실험을 하였을 때에는 9개의 영상에 대해서 검출된 중심점의 Poincare 지수가 중심점의 조건을 만족시키지 못하여 중심점이 없는 영상으로 판정되었으며, 나머지 영상에 대해서는 (2)의 방법과 일관성에서 차이가 나지 않았다. 방법 (2)에서 20 픽셀 이상의 차이가 났던 두 개의 영상은 이 알고리즘에서는 중심점이 없는 걸로 판정되었다. 중심점 검출 시간은 평균 60ms로서 (2)의 방법보다 절반 정도로 줄은 것을 알 수 있다.

그림 6을 보면 제안한 알고리즘에 의하여 중심점이 없는 걸로 판정되는 영상들은 모두 질이 좋지 않음을 알 수 있다. 지문에 너무 습기가 많거나 건조하면 영상의 질이 좋지 않게 되는데, 습기가 많은 경우에는 윤선의 두께가 너무 두꺼워져서 인접한 윤선과 붙는 경우가 발생하게 되어 결과적으로 윤선의 방향 추출에 오류가 발생하게 된다. 방향 추출에서 오류가 발생하여 결국에는 Poincare 지수 계산에도 영향을 주어 중심점이 없는 경우로 판단하게 되는 것이다. 이런 영상들은 질이 좋지 않은 이유로 지문인식에도 오류가 발생할 가능성이 많기 때문에 사전에 제거해 주는 것이 오히려 지문인식기의 성능을 높히게 될 것이다.

제안한 알고리즘에서는 또한 실제로 중심점이 입력되지 않은 영상에서도 효과적이었다. 그림 5-(a)의 경우 방법(2)에서는 엉뚱한 곳을 중심점으로 검출하였으나, 제안한 알고리즘에서는 중심점이 없는 것으로 판단하였다.



그림 6. 중심점이 없는 것으로 판단된 영상

IV. 결론 및 향후 연구 계획

본 논문에서는 기존의 중심점 검출 알고리즘을 소개

하고 이를 개선하여 보다 신속하게 중심점을 검출할 수 있는 알고리즘을 소개하였다.

실험결과, 새로 제안한 방법이 일관성에 있어서는 기존의 방법과 유사하며 속도는 110ms에서 60ms로 줄어, 두배 정도 빠른 것으로 나타났다. 또한, 제안된 알고리즘은 중심점이 입력되지 않은 영상에서 중심점이 없는 것으로 판단할 수 있는 장점이 있다. 다만, 영상의 질이 좋지 않을 경우 중심점이 입력되어 있음에도 불구하고, 중심점이 없는 것으로 판단되는 경우가 있었는데, 이러한 영상들은 오히려 지문인식률의 저하를 가져올 수 있기 때문에 인식 거부를 하는 것이 효율적일 수 있다.

향후에는, 제안한 중심점 검출 알고리즘을 보완하여, 영상의 질이 좋지 않을 경우에도 효율적으로 중심점을 검출할 수 있는 방법에 대해서 연구할 계획이다. 이를 위해서는 지문 영상의 개선 방법(fingerprint image enhancement)의 연구도 동행해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] A.K. Jain, S. Prabhakar, L. Hong and S. Pankant, "Filterbank-based Fingerprint Matching", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 9, No.5, pp. 846-859, May 2000.
- [2] Kalle Karu, Anil K. Jain, "Fingerprint Classification", Pattern Recognition, Vol.29, No.3, pp 389 - 404, 1996
- [3] V.S. Srinivasan and N.N. Murthy, "Detection of Singular Points in Fingerprint Images", Pattern Recognition, Vol. 25, No.2, pp 139-153, 1992
- [4] L.C. Jain, U. Halici, I. Hayashi, S.B. Lee, S.Tsutsui, "Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition", CRC Press
- [5] 최영식, "구문론과 의미론적 방법을 이용한 지문분류", 연세대학교 대학원 석사 학위논문, 1987