

지역적 품질 측정을 이용한 적응적 지문 특징점 검증 방법

황경서⁰ 문성림 정석재 김동운

아주대학교 정보통신전문대학원

{hkseo⁰, rlea, maniac, dykim}@ajou.ac.kr

Adaptive fingerprint minutiae validation method based on quality check of local block

Kyung-Seo Hwang⁰, Sung-Rim Moon, Seok-Jae Jeong, Dong-Yoon Kim
Graduate School of Information and Communication, Ajou University

요 약

특징점 기반 지문 인식 시스템은 지문의 특징점 정보를 사용하기 때문에 지문 획득 시 발생하는 거짓 특징점에 많은 영향을 받는다. 거짓 특징점의 제거를 위해 특징점의 이웃 용선을 추적하는 위상 검증 방법(Topological validation)은 거짓 특징점 제거에 뛰어난 효율을 보이지만 올바른 특징점까지 제거되는 단점이 있다.

본 논문에서는 올바른 특징점이 거짓 특징점으로 오판되어 제거되는 것을 줄이기 위해 가보 필터를 사용하여 특징점 주위 영역을 특징점 방향과 특징점 방향에 수직인 방향으로 필터링 수행 후 특징값의 차를 구하여 특징점의 품질을 평가 하였다. 특징값이 일정 기준을 넘는 좋은 품질의 영역에서 추출된 특징점이면 거짓 특징점 제거 알고리즘을 수행하지 않음으로써 올바른 특징점이 제거되는 것을 막을 수 있었고 이와 같이 추출된 특징점들을 이용해 실험한 결과 ERR(Equal eRror Rate)에서 1.7%의 성능 향상을 보였다.

1. 서 론

특징점 기반(Minutiae-based) 지문 인식 방법에서는 분기점(Bifurcation point)의 정보와 끝점(Ending point)의 정보를 추출하여 두 지문의 일치 여부를 판단한다. 그러나 지문 영상의 잡음과 전처리 과정으로 인한 정보의 손실에 의해 상당량의 거짓 특징점이 포함될 수 있다. 이 특징점들은 정합 과정에서 계산량과 인식 오류를 증가 시켜 지문 인식 시스템의 성능을 저하 시키는 직접적인 원인이 되고 있다. 이러한 거짓 특징점을 제거하기 위해서 특징점 주위의 용선들을 추적하여 거짓 특징점을 제거하는 거짓 특징점 제거 방법이 제안되었다.[1] 그러나, 이 방법은 올바른 특징점까지 제거되는 단점이 있다.

본 논문에서는 제거되는 올바른 특징점을 보호하기 위하여 거짓 특징점 제거가 수행되기 전 특징점이 포함된 영역의 품질을 평가하여 부분적으로 특징점 제거를 하는 방법을 제안한다. 제안된 방법으로 NIST-14의 2000년대 1000쌍 지문영상에 대해 특징점들을 추출하여 검증을 수행한 결과 기존 방법에 비해 ERR(Equal eRror Rate)에서 약 1.7% 성능 향상을 보였다.

2. 관련 연구

특징점을 포함한 영역의 품질을 평가하기 위해 특징점의 방향과 그에 수직인 방향에 대해 가보

필터링(Gabor filtering)을 수행한 후, 두 결과에 대한 특징값의 차를 계산하였다. 본 절에서는 품질 평가에 필요한 가보 필터(Gabor filter)와 거짓 특징점 제거에 사용된 위상 검증 알고리즘(Topological validation)에 대해 살펴본다.

2.1 가보 필터(Gabor filter)

영상처리에 사용되는 이차원 가보 필터는 특정 방향과 주기적인 정보를 필터링 할 수 있는 특성을 가진다. 이러한 특성은 비교적 균등한 간격의 용선들로 구성된 지문영상에 적용될 때, 가보 필터의 방향에 따르는 용선들의 구조를 얻기에 매우 적합하다. 지문 영상에 적합한 형태의 등방성 가보 필터(Even-symmetric Gabor Filter)는 다음과 같다.[2]

$$G(x, y; f, \theta) = \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{x'^2}{\delta_x^2} + \frac{y'^2}{\delta_y^2}\right]\right\} \cos(2\pi f x')$$
$$x' = x \sin \theta + y \cos \theta$$
$$y' = x \cos \theta - y \sin \theta$$

위 식에서 θ 는 x 축과 이루는 각도이며, δ_x 와 δ_y 는 각각 x 축과 y 축에 따르는 가우시안 엔벨롭(Gaussian envelope)을 의미한다.

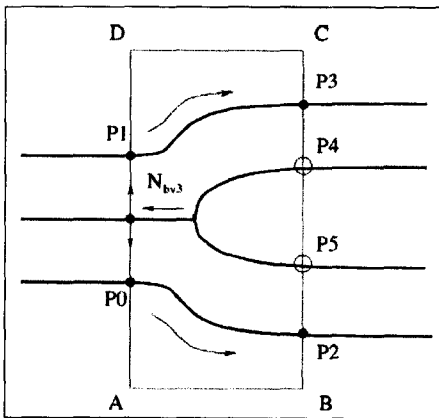
가보 필터링을 통해 얻은 결과 영상은 픽셀 변화의 편차 평균을 계산하여 특징값으로 사용한다.[2]

2.2 거짓 특징점 제거 알고리즘

위상 검증 방법(Topological validation)은 추출된 특징점의 이웃 용선을 추적하여 특징점을 감정한다.[1] 이 방법은 특징점의 종류별로 검증 과정을 거치며 거짓 특징점 제거에 뛰어난 효과가 있다. 다음은 특징점 종류별 검증 방법이다.

2.2.1 분기점 검증 방법(Bifurcation validation)

λ 를 용선간의 평균거리라 할 때, 분기점의 가지 3개를 추적하여 거리 λ 이내에 특징점이 검출 되면 분기점을 거짓 특징점으로 판단한다. 가지 3개의 $\lambda/2$ 가 되는 지점들에서 거리 $3\lambda/2$ 이내에 용선이 존재하는지 찾아보고 용선이 없으면 분기점을 거짓 특징점으로 판단한다. 용선들이 존재하는 경우에는 <그림 1>과 같이 직사각형 ABCD 영역을 정의한다.($AB = 3\lambda/2$, $AD = 4\lambda$) ABCD 영역을 정의한 후에는 용선들의 교차점 P0과 P1에서 교차점 P2, P3까지 용선을 따라 추적한다. 만약 추적 도중 끝점이 검출되면 분기점을 거짓 특징점으로 판단한다. 오른쪽 교차점 P2, P3까지 용선의 추적이 완료되면 올바른 분기점으로 검증된다.[1]

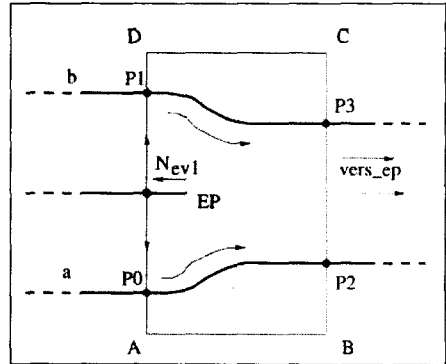


<그림 1> 분기점 입증[1]

2.2.2 끝점 검증 방법(Endpoint validation)

끝점에서 λ 거리만큼 용선을 추적하여 거리 λ 이내에 특징점이 검출 되면 끝점을 거짓 특징점으로 판단한다. 끝점에서 $\lambda/2$ 가 되는 지점에서 끝점 방향에 직각으로 이웃 용선들이 존재하는지 찾아보고, $3\lambda/2$ 거리 이내에 용선이 없으면 끝점을 거짓 특징점으로 판단한다. 용선들이 존재할 경우 <그림 2>와 같이 직사각형 ABCD 영역을 정의한다.($AB = 3\lambda/2$, $AD = 3\lambda$) ABCD 영역을 정의한 후에는 <그림 2>의 용선들의 교차점 P0과 P1에서 추적하여 용선이 직사각형 밖으로 나가는 지점을 찾는다. 만약 직사각형의 변과 만나기 전에 특징점이 검출 되면 끝점을 거짓 특징점으로 판단한다. 추적 중 용선들이 변 AB, DC와 만나게 되면 낮은 정확성을 가진 끝점으로 검증되고, 용선들이 변 BC와 만나게 되면 P2와 P3 사이에 용선이 존재하는지 탐색한다. P2와 P3 사이에 용선이 발견되지 않았다면

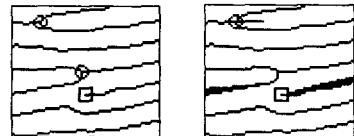
올바른 끝점으로 검증된다.[1]



<그림 2> 끝점 입증[1]

2.4.3 문제점

위와 같은 위상 검증 방법은 거짓 특징점 제거에 뛰어난 효과를 보이고 있으나 <그림 3>과 같이 올바른 특징점도 이웃 용선에 특징점이 발견되었기 때문에 거짓 특징점으로 분류된다.



<그림 3> 위상 검증 알고리즘의 문제점

본 논문에서는 이와 같이 올바른 특징점이 거짓 특징점으로 분류되는 문제점을 해결하기 위해 아래와 같은 방법을 제안한다.

3. 제안된 방법

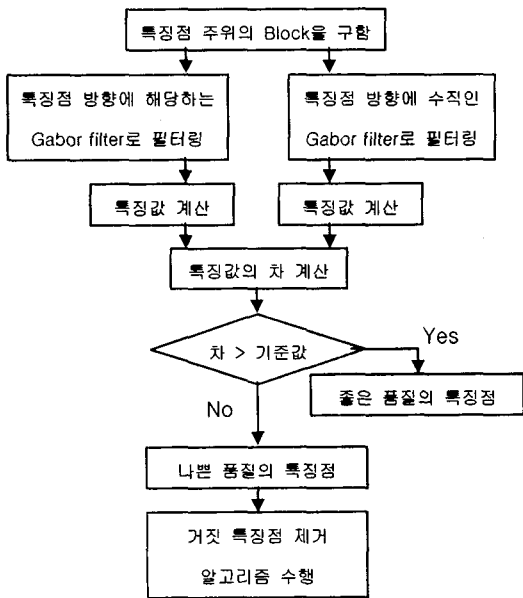
지문 영상에서 발생하는 잡음과 전처리 과정으로 인한 정보의 손실에 의해 상당량의 거짓 특징점이 발생하기 때문에 거짓 특징점 제거 방법이 사용되고 있다. 그러나 일부 거짓 특징점 제거 방법들이 올바른 특징점까지 제거하기 때문에 올바른 특징점을 보호하는 방법이 필요하다.

본 논문에서는 올바른 특징점을 보호하기 위해서 특징점이 포함된 영역에 가보 필터를 사용하여 품질을 검사한다. 좋은 화질의 지문 영상을 블록으로 나눈 후 해당 블록의 용선 방향으로 가보 필터링한 영상은 높은 특징값이 나오고, 용선 방향에 수직으로 가보 필터링한 영상은 낮은 특징값이 나온다. 그러나 옹개지거나 번져버린 화질이 좋지 않은 지문 영상을 가보 필터링했을 경우에는 모든 각도로 필터링한 특징값들이 근소한 차이를 보인다. 이러한 특징값들의 차이로 지문 영상의 화질을 평가할 수 있으며 특징점이 일반적인 분기점과 끝점일 경우 특징점 주위의 용선 방향과 특징점의 방향은 큰 차이를 보이지 않기 때문에

특징점의 방향과 특징점 방향에 수직인 방향으로 각각 가보 필터링을 적용하여 두 특징값의 차를 구함으로써 특징점의 품질을 측정할 수 있다. <표 1>에서 보이는 바와 같이 좋은 화질의 지문 영상은 특징값이 큰 차를 보이며, 좋지 않은 화질의 지문 영상은 특징값이 작은 차를 보인다.

<표 1> 좋은 품질의 특징점과 나쁜 품질의 특징점을 가보 필터링한 결과 영상과 특징값

	원 영상	특징점 방향	특징점 방향에 수직	특징값의 차
좋은 품질의 특징점				192.196
나쁜 품질의 특징점				10.75

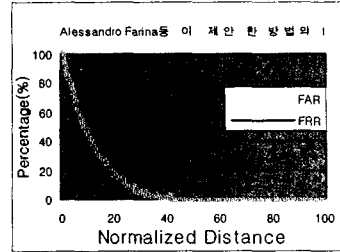


<그림 4> 특징점 품질 측정을 이용한 특징점 검증 방법

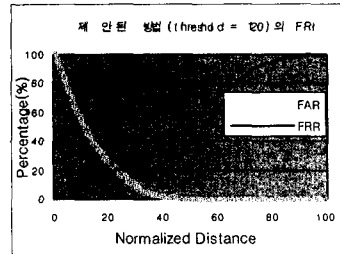
4. 실험 결과

실험에 사용된 지문 영상은 미국의 국립 표준 기술 연구소(NIST)에서 제공하는 지문 데이터베이스 14에서 추출한 지문 영상이며, 그 중 쌍으로 제공되는 1000쌍의 지문을 Jain등이 제안한 방법[3]을 사용하여 비교하였다. 검출된 모든 특징점에 위상 검증 방법을 사용한 결과는 22.2의 ERR(Equal eRror Rate)를 보였으며, 특징점 품질 측정 방법을 이용하여 나쁜 품질의 특징점에 부분적으로 위상 검증 방법을 사용한 결과는 기준값에 따라 다른 결과를 보였다. 그 중 120으로 기준값을 설정 하였을 때 20.5의 ERR를

보임으로써 제안된 방법이 기존의 방법보다 1.7%의 성능 향상을 보였다.



<그림 5> 위상 입증 알고리즘을 이용한 FAR(False Acceptance Rate)와 FRR(false Reject Rate)



<그림 6> 특징점 품질 측정을 이용한 FAR(False Acceptance Rate)와 FRR(false Reject Rate)

5. 결론

기존의 위상 입증 방법은 올바른 특징점까지 제거하는 단점이 있었다. 본 논문에서는 거짓 특징점 제거 전 가보 필터링을 이용한 특징값의 차로 특징점의 품질을 평가 하였다. 좋은 품질의 특징점과 나쁜 품질의 특징점을 구분하여 거짓 특징점 제거를 수행하였기 때문에 좋은 품질의 특징점이 보존 되었고 지문 인식의 효율 또한 높아졌다.

그러나 최적의 기준값이 지문 영상마다 유동적이기 때문에 신경망(Neural Network)을 이용한 가장 좋은 기준값을 얻는 연구가 진행되고 있다.

6. 참고 문헌

[1] Farina, A., Kovacs-Vajna, Z. and Leone, A., "Fingerprint minutiae extraction from skeletonized binary images", Pattern Recognition, Vol. 32, pp. 877-889, 1999.
 [2] A. K. Jain, S. Prabhakar, L. Hong and S. Pankanti "Filterbank-based Fingerprint Matching", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 9, No. 5, pp. 846-859, May, 2000.
 [3] Ratha, N. K., Karu, K., Chen, S. and Jain, A. K., "A Real-Time Matching System for Large Fingerprint Databases", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 18, No. 8, pp. 799-813, August 1996.