

지문 영상의 품질에 의한 지문 정합률의 비교

박상현^o, 김동윤, 정석재

아주대학교 정보통신전문대학원

{animania^o, dykim, maniac}@ajou.ac.kr

Comparison of the matching rate by fingerprint quality

Park, SangHyun^o, Dong-Yoon Kim, Seok Jae Jeong

Graduate School of Information and Communication, Ajou University

요 약

정합, 비교, 분류 지문의 처리에 있어 지문 영상의 품질은 처리 결과의 정확성에 직결되므로, 지문 영상의 품질을 측정하는 방법과 함께 좋지 않은 품질의 영상을 개선하기 위한 다양한 방법이 연구되었으며, 또한 지문 영상의 상태에 영향을 적게 받는 지문 처리 방법이 연구되고 있다.

본 논문에서는 지문 영상의 상태를 통한 영상의 품질 측정 방법과, 그를 통한 지문 처리의 정확도의 변화를 측정하였다. 지문 품질 측정은 지문 영상에서 융선의 윤곽과 방향을 통해서 표준적인 지문 영상의 기준에 부합하는가를 검사함으로써 지문의 입력 상태를 측정하여 부적합한 지문 영상을 제외한다. 지문 정합은 특징점 분석을 통한 하우스도르프 거리를 측정하였다. 실험 결과 나쁜 품질의 지문이 제외된 집합은 원 집합과 비교하여 일치 지문과 비일치 지문의 집합 사이에 약 1.7의 거리 증가가 있었다.

1. 서론

지문은 피부 내부의 진피층에 존재하는 땀샘이 표피층의 높이 변화를 일으켜 나타난다. 이러한 높이 변화는 곡선의 형태로 나타나며, 이는 매우 다양한 형태로 발현하기 때문에 통계적으로 모든 사람의 지문은 고유하다 할 수 있다.[1] 또한 지문은 표피층의 변화에 영향을 거의 받지 않으며 일생 동안 거의 변하지 않으므로 이를 통해 신원 확인, 범인 추적, 생체 암호(biometrics) 등 다양한 분야에 지문이 이용되고 있다.

지문 정보 처리 과정에서 지문 영상의 품질은 지문 처리의 오류율에 매우 큰 영향을 미치게 된다. 일반적으로 많이 이용되는 특징점(minutia) 기반 지문 시스템은 융선의 배치를 분석하여 지문이 끝나거나 갈라지는 등의 점을 분리하고 그러한 특징점의 분포를 기반으로 지문의 특성을 인식하기 때문에 지문 영상에 잡음이 존재하거나 지문 영상에서 융선을 뚜렷이 구분할 수 없는 경우 나중의 특징점 추출 과정에서 잘못된 결과를 초래할 가능성이 크다.

이에 이 논문에서는 지문 관련 시스템에 입력되는 지문 영상의 품질 측정 방법을 제시하고, 그러한 방법을 표본 지문 영상 집합에 적용하고, 그 결과를 토대로 부적절한 지문을 제거한 집합과 전체 집합 사이의 지문 정합 결과를 비교한다.

2. 관련 연구

2.1. 지문 영상의 습득과 영상의 문제점

지문이 사람마다 고유한 것이 밝혀진 후[2], 지금까지 지문의 기록을 위해서 잉크를 이용하여 자료로 남기는 방법이 널리 이용되고 있으며, 범죄 수사에서는 피부가 약간의 지방 성분을 분비하는 성질을 이용하여 현장의 지문 감식을 통해 획득된 지문을 사건 해결의 중요한 정보로 이용한다. 또한 기술의 발달로 인해 광학식이나 반도체식 등 간편한 방법이 많이 보급되고 있는데, 광학식은 프리즘에 지문을 접촉할 경우 광원의 입사각에 따라서 융선의 끝과 마루 부분이 구분되는 성질을 이용한 것이며, 반도체식은 반도체 소자의 입력 장치에 접촉된 지문에서 감지되는 압력 또는 저항의 변화를 측정함으로써 융선 부분을 감지하는 방식이다. 이러한 방식은 잉크를 손에 묻히지 않기 때문에 사용자의 거부감이 적고, 입력이 빠르며, 입력된 정보를 바로 지문 시스템에 이용할 수 있는 장점이 있다.

그러나, 도구에 관계없이 지문 영상은 오류 신호를 포함하고 있는 경우가 많은데, 기본적으로 그 원인은 지문 정보는 높낮이 정보라서 손가락의 광학적 신호에서 직접적으로 얻어질 수 없는 것과, 지문 융선의 폭과 깊이가 매우 작아서 외부의 영향을 쉽게 받은 것에 기인한다.

지문의 융선 정보는 일반 영상을 습득하는 것과 같이

카메라 등의 도구로 지문의 사진을 찍는 것으로는 뚜렷이 나타나지 않는데, 이는 융선의 미세한 깊이 정보가 카메라로 입력되기 어려울 뿐만 아니라 융선이 피부 색상이나 혈관 배치 등에 영향을 끼치지 않기 때문이다. 또한, 융선은 성인 남성의 경우 1mm당 약 2개, 성인 여성의 경우 약 3개 정도가 지나가는 매우 가느다란 선이기 때문에, 입력시 손가락이나 기기의 작은 변화로도 영상 측면에서는 상당히 큰 차이를 발생할 수 있다. 입력 장치에 입력되는 융선의 굵기는 손가락의 압력에 의해서 크게 변화하기 때문에 선이 너무 굵고 진해서 다른 선과 섞이거나, 반대로 전체적으로 융선이 자주 끊어지거나 밝기가 너무 밝은 영상이 입력되어 융선 추출 등의 추후 처리 과정이 제대로 수행되지 못하는 문제가 생길 수 있다.

2.2. 지문 품질 측정

지문의 특징점[3]은 지문의 융선이 특이한 형태를 만드는 점으로, 하나의 융선이 둘로 갈라지는 갈라짐점(bifurcation), 선이 사라지는 끝점(ridge ending) 등이 있다. 이러한 특징점의 위치는 지문마다 고유하며, 식별이 비교적 쉽기 때문에 많은 시스템이 특징점 기반으로 만들어진다. 일반적으로 지문 입력시 지문의 중앙 영역을 중심으로 일정 부분 이상을 입력하지만 여러 가지 이유로 지문이 올바르게 입력되어 지문의 일부 영역이 제외되면 입력되지 않은 부분의 특징정도 따라서 제외되고, 이에 의해 전체적인 지문 인식에 문제가 생길 가능성이 있다.

이와 같이 지문 영상의 품질은 입력시의 조건에 따라 상당히 좌우되므로, 이용자가 의도하지 않은 채 품질이 좋지 않은 지문을 입력하는 경우도 자주 있다. 특히 지문 데이터베이스의 작성시 이러한 열악한 품질의 지문이 저장되어 기존 지문으로 이용되면 지문의 인식을 하락으로 인해 시스템 성능에 큰 영향을 끼치게 된다.

3. 지문 영상 품질의 측정 방법

일반적으로 다음의 요건을 충족시키면 좋은 품질의 지문 영상으로 간주할 수 있다. [4][5][6]

- 지문 영역이 지문 영상의 일정 부분 이상을 차지한다.
- 지문의 융선이 주위의 융선과 섞이지 않고 명확히 분리된다.
- 지문이 있는 부분의 융선이 일정 정도 이상 어두우며 융선 사이와 지문이 없는 부분은 일정 정도 이상 밝다.

- 지문 융선의 방향이 일관되게 나타난다.
- 지문 영상에 먼지, 티, 잡음 등이 섞이지 않는다.
- 지문의 중심점(core) 주위로 일정 수준의 이상의 영역이 지문 영상에 포함된다.

이는 인식과 처리가 용이한 지문 영상의 일반적인 기준을 정리한 것으로, 이를 만족시키는지의 여부를 검사하기 위해서 지문 영상을 대상으로 다음을 검사한다.

지문 영상에서 전체적으로 어둡고 명암 대비(contrast)가 높은 부분은 지문 영역으로 간주할 수 있고, 그렇지 않은 부분은 배경으로 간주할 수 있다. 필요한 지문 영역은 입력 장치의 해상도와 지문 영상의 크기에 따라 차이가 있을 수 있지만 일반적으로 지문 영상의 30%를 기준으로 한다.

지문 영역의 명암 대비는 융선 방향을 따라서는 작으며 융선의 수직 방향으로 융선의 명암 교차로 인해 크다. 만일 모든 방향으로 명암의 분산 값이 작게 나오면 전체적으로 지문 영상이 너무 밝거나 지문 입력시의 압력이 약해서 융선의 구분이 모호한 것일 수 있으며, 분산값이 크게 측정되는 방향이 한 방향이 아닐 경우 전체적인 잡음 또는 먼지, 티끌에 의한 것일 수 있다.

또한 지문 융선의 방향 변화는 급격하지 않기 때문에, 블록별로 융선의 방향을 측정해서 인접한 블록과 방향의 차이가 큰 것이 너무 많으면 영상에 잡음이 많이 섞여 있거나, 융선이 뚜렷이 나타나지 않은 영상일 가능성이 크다. 단 아치형의 지문을 제외하면 지문의 중심점(core)에 융선 방향의 급격한 변화가 있으므로 이 규칙의 적용에는 적절한 예외 처리가 필요하다.

일반적인 지문 영상은 손가락 끝이 위쪽이라 가정할 때, 지문 바깥쪽에는 대체적으로 위쪽이 둥그런 포물선 형태의 방향이 나타난다. 이를 토대로, 지문의 융선 방향을 추적하여 경로가 왼쪽 아래에서 시작하여 위쪽 중앙, 오른쪽 아래와 같이 포물선의 모양을 그릴 경우는 지문의 많은 영역이 들어온 것이고, 그렇지 않고 포물선이 중앙에서 중단되거나 일부만 나타나면 지문의 영역이 전체적으로 편향된 것으로 간주할 수 있다.

특징점의 분포를 통한 지문 영상의 품질 측정도 가능하다. 일반적으로 특징점은 지문마다 약 30~50여개씩 존재하지만 품질이 좋지 않은 지문 영상에는 융선 추출 처리 과정에서 오류가 발생하기 때문에 이에 의한 거짓 특징점(false minutia)이 다수 발생하며, 이들의 위치는 산발적으로 흩어지게 된다. 이러한 융선 추출 과정의 오류는 지문 융선 방향 결정에도 오류를 발생하기 때문에, 위의 융선 방향을 특징점 추출과 결합하면 거짓 특징점

을 추출하기에 용이해짐과 동시에 지문 영상 품질 측정의 기준이 된다.

4. 실험 결과

본 논문에서는 위에서 제시한 방법에 따라 지문의 품질을 측정한 후, 지문의 정합을 시도하고 그 결과를 분석함으로써 지문 품질 측정의 필요성을 조사하였다.

실험이 이루어진 지문 영상은 미국의 국립 표준 기술 연구소(NIST)에서 제공하는 지문 데이터베이스 14에서 추출한 지문 영상을 이용하였으며, 그 중 쌍으로 제공되는 100쌍의 지문을 선택하여 실험 지문 집합을 만든 뒤, 전체 집합을 대상으로 정합을 한 뒤 각 지문의 품질을 측정해서 나쁜 품질의 지문을 제거한 경우의 결과와 비교한다.

지문 정합은 기존 지문의 경우 지문의 용선 추출 후 영상의 이진화와 세선화를 거친 후 선의 위상 구조를 토대로 특징점을 추출하고, 특징점의 배열 구조를 토대로 보로노이(Voronoi) 다이어그램과 유클리드 거리 행렬을 구하였다. 대상 지문의 특징점을 추출 후 특징점 집합에 평행이동과 회전 변환을 수행하여, 각각의 보로노이 다이어그램의 구역에 대응되는 대상 지문의 특징점마다 최소 거리 특징점의 거리를 구한 후 거리의 평균이 최소인 경우를 정렬이 가장 잘 이루어진 것으로 간주하였고, 이때의 하우스도프프(Hausdorff) 거리를 측정하였다. 지문 영상의 품질이 전체적으로 고르지 않기 때문에 거짓 특징점이 평균적으로 전체의 30%라 가정하여, 이때의 하우스도프프 거리는 대응되는 특징점이 있는 보로노이 영역의 수에 30%를 제외한 수를 이용하였다.

이 실험은 Intel Pentium4 1.6GHz, DDR SDRAM 512MB의 환경에서 이루어졌다.

표 1. 품질 검사 수행 전 지문의 평균 거리 비교

	평균	표준편차
Genuine	16.5752	2.0595
Imposter	18.2533	2.5301

표 2. 품질 검사 수행 후 지문의 평균 거리 비교

	평균	표준편차
Genuine	15.9145	2.2431
Imposter	19.3250	2.6080

품질 측정 결과 전체의 23%인 46개의 지문이 자체 기준에 불응하는 지문으로 판별되었으며, 이러한 지문을 제거하였을 경우 평균적인 거리의 차가 3.4105 증가하였다. 이는 특징점 기반 시스템에서 지문 영상 품질 향상에 의해 특징점의 더욱 정확한 측정이 가능해진 것에 기인하는 것으로 추정된다. 다만 수행 후 표준편차의 상승이 발견되는데, 표본 집합의 원소의 수가 줄어든 것에 의한 것으로 추측된다.

5. 결론

본 논문에서는 지문 영상 품질의 측정을 위한 전반적인 아이디어를 다루었으며 이의 실험을 위해 품질 측정 모듈과 지문 인식 시스템을 구현하였다. 특징점 기반 지문 인식 시스템은 특징점 추출의 정확성에 시스템의 성능이 결정되며, 특징점 추출 알고리즘의 정확성은 지문 영상의 품질에 의해 많은 영향을 받는다. 서술된 품질 측정 방법을 통한 영상 선택은 전체적인 인식을 향상에도움을 주었다. 향후 온라인 시스템에의 적용과 데이터베이스에서의 이용 가능성의 고찰이 요구된다.

6. 참고 문헌

1. S. Pankanti, S. Prabhakar, A. K. Jain, On the Individuality of Fingerprints, IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.24, No.8, Aug 2002
2. The Science of Fingerprints. U. S. Department of Justice, Washington, DC, 1984.
3. R. M. Stock and C. W. Swonger, "Development and evaluation of a reader of fingerprint minutiae", Cornell Aeronautical Laboratory, Technical Report, CAL No. XM-2478-X-1:13-17, 1969.
4. R.M. Bolle, S. U. Pankanti, Y. Yao, System and Method for Determining the Quality of Fingerprint Images, U.S. Patent #5,963,656, 1999
5. Lin Hong, Yifei Wan, Anil Jain, Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation, IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, VOL.20, NO.8, Aug 1998
6. E. Lim, X. Jiang, W. Yau, Fingerprint Quality and Validity Analysis, IEEE ICIP, 2002