

지역적 융선의 방향성을 이용한 빠른 지문 정렬 방법

문성림⁰, 김동윤, 정석재
아주대학교 정보통신대학원
rieadf@hotmail.com⁰, {dykim, maniac}@ajou.ac.kr

Fast Fingerprint Alignment Method using Local Ridge Direction

Sungrim Moon, Dongyoon Kim, Seokjae Jeong
Graduate School of Information and Communication of Ajou University

요약

특징점 기반 지문 인식 방법은 지문 영상의 전처리 과정을 포함한 특징점 추출 과정과 추출된 특징점들의 유사도를 판단하는 정합 과정으로 구성된다. 특징점들의 정합과정을 수행하는 여러 가지 방법들 중 Hausdorff 거리 기반 정합 방법은 이동과 회전이 적은 지문의 특징점들에 대해 빠르게 계산할 수 있는 장점을 갖는다. 그러나, 이 방법은 이동과 회전이 많은 지문 영상의 경우 연산이 많아지는 단점을 가진다. 본 논문에서는 정합을 실행하기 전 지문의 중심점과 지역적인 블럭들의 방향성을 기준으로 정렬을 수행하여 비교되는 지문 특징점간의 회전 오차와 이동 오차를 줄임으로써, 기존의 정합 방법의 불필요한 연산량을 줄일 수 있는 방법을 제안하였다. 제안된 방법을 검증하기 위해 Hausdorff 거리 기반 정합 방법을 구현하고 그것에 대한 결과와 선정렬을 사용한 추의 정합 결과를 실험, 비교하였다. 이때의 평균 Hausdorff 거리는 Genuine의 경우 0.095가 줄어들었고, Improster의 경우 0.655가 늘어나는 성능 향상을 나타냈다.

1. 서론

대표적인 지문 인식 시스템으로 특징점 기반 지문 인식 시스템(Minutiae-Based Fingerprint Recognition system)은 지문의 융선에 의해 구성되는 특징점(minutiae)-분기점(ridge biturcation)과 끝점(ridge ending)-을 추출하여 비교하고자 하는 두 지문의 특징점 유사 정도를 비교하여 인증을 판정한다. 특징점 기반 지문 인식 시스템은 지문 영상의 전처리 과정을 포함한 특징점 추출 과정과 추출된 특징점들의 유사도를 판단하는 정합 과정으로 구성된다. 특히, 정합과정은 지문 영상의 취득 환경에 따라 획득되는 특징점들이 일정하지 않아 이를 고려한 여러 가지 방법들이 제안되어 왔다.

특징점들의 정합 과정을 수행하는 여러 가지 방법들 중, Hausdorff 거리를 이용한 정합 방법은 거짓 특징점과 1:N의 정합에 있어서 효율적인 장점이 있으나, 다른 정합 방법보다 추가적인 메모리와, 이동

과 회전이 많은 지문 영상의 경우 이를 고려하기 위한 많은 수행 시간을 요구하는 단점이 있다.[1]

본 논문에서는 전처리 과정에서 지문의 중심점(Core)과 지역적인 융선들의 방향성을 기준으로 지문 영상의 정렬을 수행하여 Hausdorff 거리 기반 정합 방법에 불필요한 이동과 회전 연산량을 실질적으로 줄이는 방법을 제안한다. 제안된 방법으로 지문의 정렬을 수행하고 기존의 정합 방법을 수행한 결과 평균 Hausdorff 거리는 Genuine의 경우 0.095가 줄어들었고, Improster의 경우 0.655가 늘어나는 성능 향상 결과를 확인했다.

2. 기존 알고리즘

지문 인식 시스템의 문제점중의 하나는 지문 취득 환경에 따라 받아들여지게 되는 지문 정보의 다양한 변화이다. 이로 인하여 정합의 효율이 떨어지기 때문에 이를 보완하기 위한 여러 가지 전처리 방법들

이 특징점을 추출 과정 이전에 수행된다. 대표적인 전처리 과정으로 필터를 이용한 노이즈 제거 및 이미지 강화, 정규화등이 있다.[1] 이와 같은 전처리 작업들을 수행한 후 이진화 및 세션화 과정을 거쳐 특징점을 뽑아낸다. 본 장에서는 지문 정렬을 위해 필요한 중심점 추출 방법과 Hausdorff 거리 계산 방법에 대한 기존 연구 내용을 기술한다.

2.1 중심점 추출

Jain등이 제안한 중심점 추출 알고리즘[2][3]은 지문 영상을 블록으로 분할하여 각 (i, j) 번째 위치의, 방향 O(i, j)를 sin값으로 바꾼 ε(i, j)로 구한다. 그림 1과 같이 i, j를 기준으로 R₁과 R₂로 구별하여 다음 식 A(i, j)을 계산한다.

$$A(i, j) = \sum_{R_1} \varepsilon(i, j) - \sum_{R_2} \varepsilon(i, j) \quad (1)$$

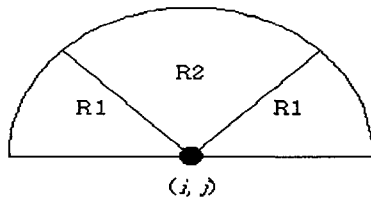


그림 1 (i, j)를 기준으로 한 영역 설정
이 때 나온 최대값 A(i, j)이 나온 블록을 기준으로 한 대상 영역을 추출하고 세부 블록으로 재분할하여 A(i, j)를 계산한다. 이때 최대값이 나오는 세부 블록의 중심을 지문 영상의 중심점으로 결정한다.

2.2 Hausdorff 거리 기반을 이용한 정합 방법

점 집합 A={a₁, a₂, ..., a_p} 와 B = {b₁, b₂, b_q}라 할 때, Hausdorff 거리는 다음과 같이 정의된다.[4]

$$H(A, B) = \max(h(A, B), h(B, A)) \quad (2)$$

거짓 특징점에 대응하기 위해 h(A, B)를 가장 최대값이 아닌 K번째로 큰 값으로 변경한다. 기하학적 Hausdorff 거리를 이용하기 위해 거리 변환 행렬과 Voronoi 다이어그램을 사용한다. 즉 A와 B집합을 두 지문의 특징점 집합이라 할 때, 거리 변환 행렬을 사용하여 이동 및 회전을 하고 각각의 Voronoi 다이어그램을 구해 대응점을 결정하여 정합을 실행

한다.

Hausdorff 거리 기반 정합 방법은 기존의 여러가지 정합 방법들에 비해, 추가적인 메모리와 수행 시간을 필요로 하나, 거짓 특징점에 강인하고 1:N의 정합에 있어 좋은 결과를 보여준다. 그러나 이 방법은 지문의 회전 및 이동에 큰 영향을 받기 때문에, 신뢰성 있는 이동 기준이 요구된다.[1]

3. 지역적 응선 방향성을 이용한 빠른 지문 정렬 방법

본 논문은 2.2장에서 보여진 Hausdorff 거리 기반을 이용한 방법을 보완하기 위해 지문의 중심과 지역 응선의 방향성을 이용하여 정렬을 수행하고, 대응 특징점들간의 회전 및 이동 오차를 최소화 시켜 불필요한 계산 연산량을 줄일 수 있다. 이때 중심점 추출 및 지역 방향성을 계산하는 방법은 2.1에서 보여진 Jain등이 제안한 알고리즘[2][3]을 이용하였으며 지문 정렬 전체 과정은 그림 2와 같다.

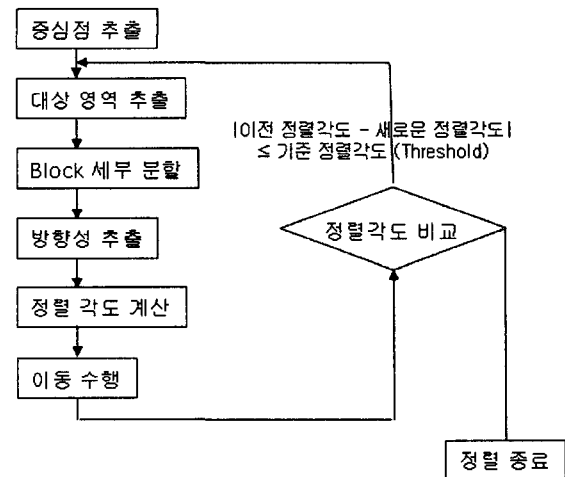


그림 2 지문 정렬 과정

먼저 지문 영상에서 중심점을 추출하고, 중심점을 기준으로 대상 영역을 추출한 후, 추출된 영역을 세부 블록으로 분할한다. 이 분할된 세부 블록의 중심점을 기준으로 좌우측의 지역적 응선 방향성의 평균을 구한 후 식 (3)과 같이 정렬 각도를 계산한다. 이때 O(i, j)를 블록의 방향이라 하고 N_{Right_Blocks}을 그림 3의 짙은 영역을 의미한다.

$$\theta_{align} = \frac{1}{2}(\theta_{right_ave} + \theta_{left_ave}) - 90 \quad (3)$$

$$\theta_{right_ave} = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\Phi_{x_right_ave}}{\Phi_{y_right_ave}} \quad (4)$$

$$\Phi_{x_right_ave} = \frac{1}{N_{Right_blocks}} \sum_{i,j \in Right_blocks} \cos(2O(i,j)) \quad (5)$$

$$\Phi_{y_right_ave} = \frac{1}{N_{Right_blocks}} \sum_{i,j \in Right_blocks} \sin(2O(i,j)) \quad (6)$$

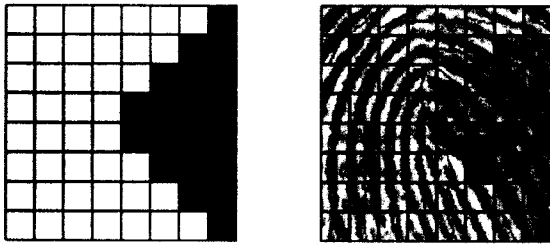


그림 3 평균이동에 사용될 좌우영역의 위치도

구해진 정렬 각도만큼 영상을 이동한 후, 블록 세 부분할부터 다시 한번 실행하여 얻어지는 정렬 각도와 직전에 구한 정렬 각도간의 차가 기준치보다 작다면 정렬을 끝마치고, 아니라면 중심점을 기준으로 대상 영역 추출부터 반복 실행한다.

위의 알고리즘을 사용하였을 시 Hausdorff 거리 기반 정합의 중요한 단점을 극복할 수 있다. 즉 지문이 일정범위 이상으로 회전되어 들어왔을 시 단순 Hausdorff 거리 기반 방법만의 경우 이동에 많은 연산량을 요구하게 되는데, 지문 정렬 알고리즘을 사용하는 경우 중심점과 지역적인 융선들의 방향성을 기준으로 이미 영상을 정렬함으로써 이와 같은 연산량을 줄일 수 있다.



그림 4 평균이동 전의 지문 영상과 후의 지문 영상

4. 실험

실험 시스템은 Pentium(R) 4 CPU 2.4GHz와 256M RAM으로 구성되었고, 구현은 Visual C++ NET으로 하였다. 테스트 지문 영상은 NIST-14의 100개 영상쌍에 대해 수행하였다.

30%의 거짓 특징점을 제외한 평균 Hausdorff 거리 값은 표 1과 같이 나타났다.

표 1 평균 Hausdorff 거리

	정렬전	정렬후
Genuine	16.57143	16.47619
Improster	17.93333	18.58810

5. 결론

Hausdorff 거리 기반 정합 방법은 이동과 회전이 많은 지문 영상의 경우 많은 연산을 수행하여야만 한다. 본 논문에서는 정합 실행 전 지문의 중심점과 지역적인 블록들의 방향성을 기준으로 정렬을 수행, 회전 오차와 이동 오차를 줄임으로써, 불필요한 연산량을 줄일 수 있는 방법을 제안하였다. 추후, 거짓 특징점에 대한 대응 알고리즘 연구가 요망된다.

참고문헌

1. 문제형, 특징점 기반 지문 인식 알고리즘에 대한 연구, 아주대학교 석사학위 논문, 2003
2. L. C. Jain, U. Halci, I. Hayashi, S.B. Lee, S. Tsutsui, Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition, CRC Press LLC, 1999
3. A.K. Jain, S. Prabhakar, L. Hong and S. Pankanti, Filterbank-based Fingerprint Matching, IEEE Trans. Image Processing, Vol. 9, No. 5, pp. 846-859, 2000.
4. G. Rote, Computing the minimum Hausdorff distance between two point sets on a line under translation, Information Processing Letters, v. 38, pp. 123-127. 1991