

보르노이 다이어그램을 이용한 지문정합 알고리즘

김 승 훈(金承勳) 최 태 영(崔太永)

아주대학교 전자공학부

전화 : (031) 219-2490 / 팩스 : (031) 212-9531

Fingerprint Identification Using Voronoi Diagram

Seung Hun Kim and TaeYoung Choi

School of Electrical and Computer Engineering,
College of Information Technology, Ajou University

E-mail : ksh7427@image.ajou.ac.kr

Abstract

This paper propose a matching algorithm using voronoi diagram for rotation and translation invariant fingerprint identification. The proposed algorithm extracts geometrical structures that are derived from voronoi diagram of a fingerprint image. Then distances and angles are extracted from the geometrical structure and saved indexing form for fingerprint matching. Experimental results show that the proposed algorithm invariant to fingerprint rotation and translation requirements and matching time.

Keyword : voronoi diagram, identification, indexing

I. 서론

정보화 사회의 발전과 더불어 개인 인증을 위한 방법으로 생체인식의 연구가 활발히 진행 중이다. 생체 인식은 분실이나 위조 등에 의한 위험성을 배제하여 높은 신뢰성을 추구한다. 생체 인식에는 서명, 얼굴인식, 홍채인식, 음성인식, 혈관인식, 장문인식, 지문인식 등이 있다. 이 중에서 지문인식은 사용자의 거부감이 낮고 낮은 비용으로 신뢰성과 속도면에서 만족할만한 생체 인식의 한 분야이다.

지문인식에는 1:1정합(verification)[1][2] 과 1:N정합(identification)[3]-[5] 으로 나누어진다. 1:1정합은 인식기에 개인의 지문 정보를 저장시켜서 암호를 이용해 지문 정보를 불러와서 인증자의 지문을 입력받아서 비교하거나 마그네틱 카드 등에 개인 정보를 저장 시켜 놓고 그 정보를 넣은 후 인증자의 지문과 일치 하는지 비교한다. 따라서 시간에 대한 제약이 적다. 그러나 패스워드나 마그네틱 카드 등은 분실 우려가 있다는 것이 단점이다. 반면 1:N정합은 범죄수사 등에 이용되는데 데이터베이스 내의 모든 지문에 대해서 인증자의 지문을 비교 하는데 1:1정합에 비해서 속도에 대한 부

담이 있어서 연산과정을 최소화 하여 빠른 시간 내에 인증자의 지문과 같은 지문을 찾아내야 한다. 최근에는 1:1정합보다는 1:N정합에 대한 연구의 중요성이 대두되고 있다.

본 논문은 대규모의 데이터베이스 내의 지문들과 비교하는데 효율적인 인덱싱을 활용하는 방법을 이용한 1:N정합을 위한 알고리즘의 하나이다.

II. 지문의 특징점 추출과 보르노이 다이어그램 생성

1. 지문영상의 전처리 과정 및 특징점 검출

일반적으로 지문 인식을 위한 전처리 과정으로 획득한 지문영상에 대해서 지문 영상의 고른 밝기를 갖도록 국부 정규화 (Local Normalization)를 해준다. 이후 메디안 필터, 평균 필터, 가우시안 필터 등을 이용하여 잡음을 제거하여 주고 지문 영상 개선을 위해 Gabor 필터, 방향 필터 등을 사용한다. 개선된 영상 지문을 이진화, 세션화 시킨 후 특징점인 끝점과 분기점들을 검출해 낸다.[6]



그림 1. 지문영상



그림 2. 전처리 후 영상



그림 3. 이진화 영상



그림 4. 세선화 및 특징점

그림 1의 지문 영상은 FVC2002 DB1_A의 1_1 지문 영상이다. 본 논문에서는 지문 영상을 9×9 크기의 블록으로 분할한 후 국부 정규화를 통해서 지문 영상이 고른 밝기를 갖도록 하였다. 그리고 5×5 크기의 원도우를 사용하여 평균 필터링을 하여 잡음을 제거해 주고 깨끗한 윤선을 갖도록 지문 영상의 개선에 대해서는 만족할만하지만 속도가 느린 Gabor 필터 대신 속도가 빠른 방향 필터링을 통해 지문 영상을 개선한 것이 그림 2의 영상이다. 다음으로 지문 영상을 그림 3과 같이 블록 이진화를 하여주고 영상의 가장자리 부분의 지문이 없는 곳을 제거하여 지문 윤선이 끝나는 점들을 특징점으로 잘못 찾지 않도록 처리해 준다. 그리고 그림 4와 같이 이진화 영상을 세선화 하여 지문의 특징점인 끝점 및 분기점을 찾아낸다.

2. 특징점에 대한 보르노이 다이어그램

평면 패턴에 있는 점들의 공간적 분포에 관계하는 통계적 정보를 추출하기 위한 주요한 해석적 도구로 보르노이 다이어그램이 있다. 이는 N개의 점에 대해 다각형 모양의 N개의 보르노이 셀을 형성한다. 각각의 보르노이 셀은 $P \equiv \{P_i, 1 \leq i \leq N\}$ 의 한 멤버, $P_i \in P$ 를 포함하며 유클리드 거리의 견지에서 P 의 어떤 다른 원소보다 P_i 에 더 가까운 평면에 있는 모든 점들의 위치를 묘사한다. 각 보르노이 셀의 다각형을 정의하는 모서리들의 집합은 P 에 속해있는 원소들 사이의 수직 이등분선들의 교점으로부터 생성된다. 검출된 특징점들에 대해서 보르노이 다이어그램을 구해서 그려준 것이 그림 5이다.

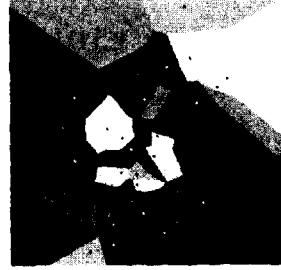


그림 5. 특징점에 대한 보르노이 다이어그램

각 특징점을 포함한 다른 밝기의 다각형들을 보르노이 셀이라 하고, 각 임의의 특징점에 대한 보르노이 셀과 붙어있는 다른 셀들에 포함된 특징점들을 임의의 특징점에 대한 인접한 특징점이라고 한다.

III. 각 특징점에 대해 인접한 특징점들의 정보추출 및 정합

검출된 특징점에 대한 보르노이 다이어그램에서 임의의 특징점에 대한 인접한 특징점들을 검색한다. 그리고 각 특징점들에 대해 인접한 특징점들의 거리와 각을 계산한 정보를 저장한다.

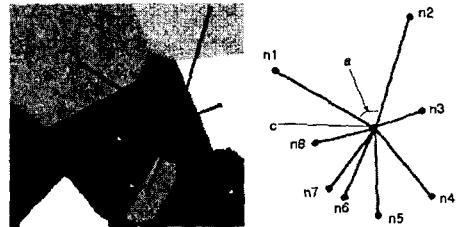


그림 6. 임의의 특징점에 대한 이웃한 특징점들

이 정보는 그림 6에서처럼 임의의 특징점 c에 대해 인접한 점들을 n_i 라고 하고 n_i, c, n_{i+1} 가 이루는 각을 a_i 라고 하고 n_i 과 c사이의 거리를 d_i 라고 한다. n_i 와 c는 특징점이 단점인가 분기점인가에 대한 정보를 가지고, a_i 와 d_i 는 각각 각도와 거리에 대한 정보를 가진다. 이 정보들을 시계방향으로 순서대로 정렬하여 저장한다. 순서는 다음과 같다.

c	i	n_1	d_1	a_1	n_2	d_2	a_2	...	n_k	d_k	a_k
---	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-----	-------	-------	-------

표 1. 데이터베이스에 저장되는 지문의 정보

지문 영상의 모든 특징점에 대해 이와 같은 형태로 정보를 저장하게 된다.

인증 요청한 지문영상을 A라고 하고 데이터베이스 내의 지문영상을 B라고 한다. 이를 바탕으로 지문 영상 A와 B를 비교해 점수 P를 주게 되는데 점수 P는 표 1과 같이 주어진다.

비교	점수
$c(A) = c(B)$ and $n_i(A) = n_i(B)$ and $d_i(A) = d_i(B)$ and $a_i(A) = a_i(B)$ for $i = 1$	2
$c(A) = c(B)$ and $n_i(A) = n_i(B)$ and $d_i(A) = d_i(B)$ and $a_i(A) = a_i(B)$ for $i = 1, 2$	4
$c(A) = c(B)$ and $n_i(A) = n_i(B)$ and $d_i(A) = d_i(B)$ and $a_i(A) = a_i(B)$ for $i = 1, 2, 3$	6
if [$n_i(A) \neq n_i(B)$ or $d_i(A) \neq d_i(B)$ or $a_i(A) \neq a_i(B)$] $n_{i+1}(A) = n_i(B)$ and $d_{i+1}(A) = d_i(B)$ and $a_{i+1} + a_i(A) = a_i(B)$	1
if [$n_i(A) \neq n_i(B)$ or $d_i(A) \neq d_i(B)$ or $a_i(A) \neq a_i(B)$] $n_i(A) = n_{i+1}(B)$ and $d_i(A) = d_{i+1}(B)$ and $a_i(A) = a_i(B) + a_{i+1}(B)$	1

표 2. 지문영상의 정합에 대한 점수표

각 특징점들에 대해 점수 P를 모두 합한 것을 S라 한다.

$$S = \sum_{a=1}^p \sum_{b=1}^q \sum_{c=1}^i P_{abc} \quad (1)$$

FFR과 FAR이 최소가 되는 적절한 경계값에 대해 S의 값을 비교해서 지문에 대해 가부 판결을 하게 된다.

VI. 실험 및 결론

본 논문에서 실험은 P-4 1.8Ghz PC로 FVC2002 DB1_A를 사용하여 진행하였다. FVC2002 DB1_A의 지문은 동일 지문 8장씩 100가지 종류의 총 800장으로 구성되어 있다. 동일 지문에서 3200가지의 실험이 실행되었다. 다른 지문과는 총 4950가지 실험이 실행되었다. EER은 9.86%가 나왔다.

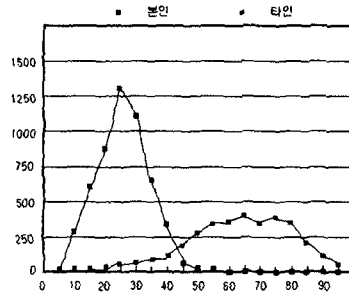


그림 7. 동일인 지문과 타인 지문에 대한 점수분포

본 논문에서 사용한 알고리즘은 지문영상에 대한 정보를 데이터베이스 내에 저장할 때, 388×374 크기의 8비트 그레이 레벨 영상을 평균 3Kbyte 크기의 텍스트 파일로 저장할 수 있었다. 또한 지문 영상의 회전과 이동에 대해 강인하면서 빠른 정합을 할 수 있다. 1:N 정합을 하는데 상당히 빠른 시간에 데이터베이스 내의 지문들과 비교할 수 있었다. 그러나 정확성 측면에서는 조금 더 보완할 필요성이 있다. 향후에는 각 특징점들이 갖는 방향성과의 관계를 포함한 알고리즘을 연구할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] A. Jain, L. Hong, and R. Bolle, "On-line fingerprint verification", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 19, no. 4, pp. 302-314, 1997.
- [2] Kovacs-Vajna, Z.M., "A Fingerprint Verification System Based on Triangular Matching and Dynamic Time Warping" IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 22, no. 11, pp. 1266-1276, 2000.
- [3] N. Ratha, K. s. Chen and A. Jain, "A real-time matching system for large fingerprint databases", IEEE Transactions on Pattern

- Analysis and Machine Intelligence, vol. 18, no. 8, pp. 799-813, 1996.
- [4] A. Wahab, S.H. Chin, E.C. Tan, "Novel Approach to Automated Fingerprint Recognition" Vision, Image and Signal Processing, IEE Proceedings, vol. 145, no. 3, pp. 160-166, 1998.
- [5] Bebis, G., Deaconu, T., Georgiopoulos, M. "Fingerprint identification Using Delaunay triangulation" Information Intelligence and Systems, Proceedings. International Conference on , 31 Oct.-3 Nov., pp. 452-459 1999.
- [6] Lin Hong, Yifei Wan, Anil Jain "Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation" IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. vol. 20, no. 8, pp. 777-789, 1998.
- [7] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1992.
- [8] Sergios Theodoridis, Konstantinos Koutroumbas, Pattern Recognition, Academic Press, London, 1999.
- [9] Mark de Berg, Marc van Kreveld, Mark Overmars, Computational geometry: algorithms and applications, 2nd edition, Springer, Berlin, 2000.

※ 본 연구는 BERC(KOSEF) 지원에 의해서 수행되었습니다