

## 특징점의 별자리 형태를 이용한 지문의 특징점 융합

홍정표, 최태영  
아주대학교 정보통신대학 전자공학부

### Mosaicking of Fingerprint Minutiae Using Minutiae Constellation

Jung Pyo Hong, Tae Young Choi  
School of Electrical and Computer Engineering,  
College of Information Technology, Ajou University  
E-mail : eemanbok@hotmail.com

#### Abstract

In this paper, fingerprint minutiae mosaicking algorithm using minutiae of fingerprint is proposed. First, minutiae map is generated from minutiae of fingerprint and minutiae constellation is generated from fingerprint minutiae map. Minutiae constellation is constellation-shaped structure generated from Voronoi Diagram and Delaunay Triangulation using information of minutiae. Secondly, common region is detected by similarity of minutiae constellation of fingerprint minutiae map and minutiae map of individual fingerprint image is composed. Consequently composite minutiae map by mosaicking of fingerprint minutiae improve the performance of the fingerprint matching system.

**keywords** : minutiae map, minutiae constellation, Voronoi Diagram, Delaunay Triangulation

#### I. 서론

지문을 이용한 연구는 개인을 식별하기 위한 수단으로서 고유성, 정확성, 편리성, 경제성, 그리고 보편성 등의 성질 때문에 많은 곳에서 사용되어 왔다. 손가락에 인주를 바르고 종이에 회전 날인하는 방법으로 시작되었고, 자동 인증시스템의 개발의 필요가 요구되면서부터 자동화된 기구를 통하여 지문 영상을 획득하는 시스템이 개발되었다. 하지만, 자동화가 진행되면서 센서를 통하여 지문 영상을 획득하는 방법은 손가락에 인주를 바르고 종이에 회전 날인하는 방법을 통해 얻어지는 지문 영상보다 접촉하는 면적이 줄어들게 된

다. 따라서 획득되는 지문 영상의 크기가 줄어들므로 인해서 영상을 통해 얻을 수 있는 정보량도 줄어들게 된다. 높은 정확성을 요구하는 지문 인식 기술을 발전시키기 위해서는 특징점의 개수 등 지문 내의 정보량이 충분히 확보되어야 한다. 또한, 센서를 통하여 지문 영상을 입력 받을 때, 동일 지문을 여러 번 입력 받더라도 겹치는 부분은 작은 것을 알 수 있다. 이는 지문 인증 시스템에서 매칭률을 떨어뜨리는 중요한 요인이 되고, FAR 과 FRR 가 상대적으로 높게 나타나게 하는 요인이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 지문의 융합 기술을 발전시켜서 충분한 정보량을 갖는 합성된 지문 영상을 구성해야 한다. 즉, 높은 수준의 정확도와 신속성을 위하여 충분한 정보량을 갖도록 지문의 특징점 융합을 통한 합성된 더 큰 특징점 지도가 필요한 것이다. 특징점 융합 방법을 통하여 합성된 특징점 지도는 다음과 같은 장점을 준다. 첫째로, 합성된 특징점 지도가 없다면 조회하는 지문마다 각각의 지문 영상들과 비교되어야 한다. 그런데 지문 영상이 작기 때문에 조회되는 영상과 등록된 영상사이에 겹쳐지는 부분이 작을 것이다. 이는 조회되는 영상의 FAR 과 FRR 을 높은 결과를 낳게 될 것이다. 하지만 특징점 융합 방법을 이용하여 합성된 특징점 지도를 가지고 있을 경우에는 잘못될 수 있는 가능성을 줄일 수 있다. 두 번째로, 조회되는 영상과 등록된 영상과 비교할 때 매칭 시간이 줄어들 것이다. 합성된 특징점 지도를 가짐으로써 오직 한번의 비교만이 필요하기 때문이다. 셋째로, 등록된 지문 중에서 선택이 곤란한 경우를 피할 수 있다. 즉, 특징점 지도 선택의 문제를 경감시켜줄 것이다. 많은 영상들로부터 나오는 정보를 한 장의 합성된 지도로 만들

본 연구는 BERC(KOSEF) 지원에 의해서 수행되었습니다.

으로써 매칭과정동안 각각의 지문과 비교되어야 하는 부담을 줄일 수 있다.

A.Jain, A.Ross[3]는 입력된 두 지문 영상의 공간적인 관계에 기반한 Iterative Closet Point(ICP) 알고리즘을 이용하여 지문 영상을 융합한다. 즉, 두 지문 영상에서 공통 영역을 검출한 후, 거리 등의 공간적인 정보를 이용하여 두 영상을 융합하는 것이다. 하지만, 지문 영상 획득 시 회전이나 압력 등의 문제로 인해 같은 지문, 같은 영역도 크기가 다르게 나타날 수 있다. 또한, 두 지문 영상에서 왜곡이나 잡음의 양이 다르다면 두 영상을 융합하는 데에 문제가 있을 수 있다. 따라서 본 논문에서는 지문 영상을 융합하는 것보다, 각각의 지문 영상에서 추출된 특징점 지도를 바탕으로 생성된 별자리 형태를 이용하여, 지문의 특징점 융합 방법을 통하여 합성된 더 큰 특징점 지도를 생성하는데 목적이 있다.

## II. 지문 영상 개선

센서로부터 획득된 지문 영상은 사용자의 연령, 직업, 시스템 친숙도, 그리고 사용자의 지문 상태 등에 많은 영향을 받는다. 손가락은 볼록하고 탄력성을 지닌 표면인데, 접촉식 센서의 표면은 편평하다. 따라서 접촉할 때의 압력 등의 문제 때문에 비선형적인 왜곡이 지문 영상에서 발생하게 된다. 또한, 센서에 이물질이 있는 경우 생기는 문제와 압착, 습기, 상처 등의 문제점들이 지문 영상 획득 시 발생하게 된다. 따라서 영상 개선 과정을 거쳐서 영상에서 이러한 문제점들을 줄임으로써 특징점 추출에 좀 더 정확성을 기할 수 있고 잡음과 왜곡에 강인하도록 한다. 지문 영상의 개선은 정확한 특징점 추출을 위하여 빼놓을 수 없는 단계이다. 특징점이 누락되거나 거짓 특징점들으로써 특징점 지도가 구성된다면 합성과정에서 많은 문제점이 나타나게 된다.

대부분의 지문은 국부적으로는 일정한 방향을 갖는 용선 패턴으로 정의되므로 이를 이용하면 영상을 개선할 수 있다. 지문 영상의 개선을 위해 먼저 지문 영상을 일정한 크기를 갖는 국부영역으로 구획하고 용선의 방향을 계산한 후, 방향성 필터 마스크를 사용하여 영상을 개선한다.

센서로부터 획득된 지문 영상은 압착 정도, 손가락의 습도에 따라 다른 밝기 분포를 갖기 때문에 국부적인 밝기 차이를 고려하여 지문 영상이 좀 더 고른 밝기를 갖도록 하는 밝기 정규화가 필요하다. 정규화는 입력

지문 영상의 밝기 평균과 분산을 원하는 값으로 바꿔주는 과정이다. 그리고 gradient 를 이용한 방향 필드의 추정 과정을 거치게 된다. 그 후, 가버필터를 이용하여 방향성 필터링을 거치게 된다. 지문 용선은 일정한 방향을 갖고 서서히 변하는 형태를 취하므로, 이를 이용하면 상처나 잡음에 의한 왜곡을 줄여 깨끗한 용선을 갖도록 지문 영상을 개선할 수 있다. 즉, 추정된 방향 필드를 근거로 방향성을 갖는 필터 뱅크를 이용하여 필터링하는 것이다. 방향성 필터링을 수행하기 전에 메디안 필터, 평균 필터, 가우시안 필터 등을 이용하여 단순한 영상 노이즈를 제거한다. 그 후, 마지막으로 이진화 과정을 거치면 지문 영상 개선의 과정을 마치게 된다.

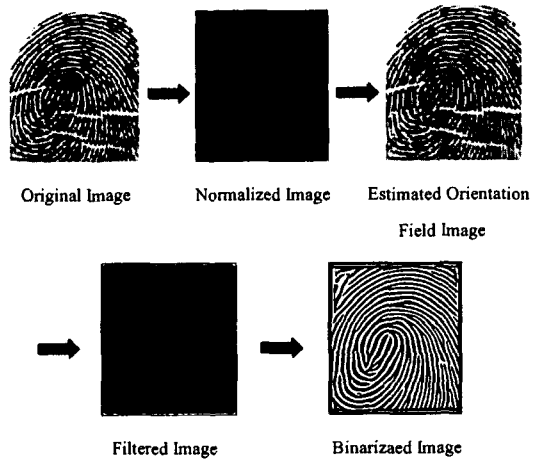


그림 1. 영상 개선 과정

## III. 특징점의 별자리 형태의 생성과 지문의 특징점 융합

획득된 영상 각각의 특징점 지도를 만든 후, 각각 Voronoi Diagram 을 구성한다. 그리고 기준이 되는 임의의 한 특징점을 기준점으로 잡아서 다른 특징점들과 연결하게 되는데, Delaunay Triangulation 의 방법을 사용하여 연결되는 특징점을 선정하게 된다. Delaunay Triangulation 의 방법을 사용하지 않고 임의로 연결되는 점을 선정한다면, 모든 가능한 연결 조합의 수를 다 고려해 주어야 하고, 결과적으로 조합의 개수가 너무 많아지게 될 것이다. 이는 속도도 많이 느려질 뿐만 아니라 정확도에서도 큰 문제를 보이게 된다. Delaunay Triangulation 의 방법은 기준이 되는 점과 인접한 점들

을 하나씩 연결해 나가는 방법인데, 최소거리에 의해 점을 찾은 후 면적과 반경내의 점의 유무를 고려하여 점을 선정해 나가는 방식이다.

A. Wahab, S.H.Chin and E.C.Tan[5]은 일정 반경 내에 존재하는 점들을 찾아내서 neighborhood 를 선정하는 방법을 사용한다. 하지만, 영상이 회전된 경우나 지문 영상 획득 시에 발생하는 센서와 지문과의 압력차 등의 문제로 길이가 다르게 나타날 수 있다. 따라서 일정한 길이의 반경 내에서 점들을 선정하고 연결을 한다면, 길이가 달라지게 될 경우에는 반경을 벗어나서 찾지 못하게 되는 경우가 발생하고, 특징점 선정과 별자리 형태의 생성에서 에러가 발생하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 Delaunay Triangulation 의 방법을 이용해서 점들을 선정하고 연결을 하여 별자리 형태를 생성한다.

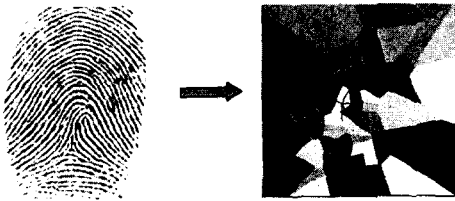


그림 2. Voronoi Diagram 과 특징점 별자리 형태의 생성

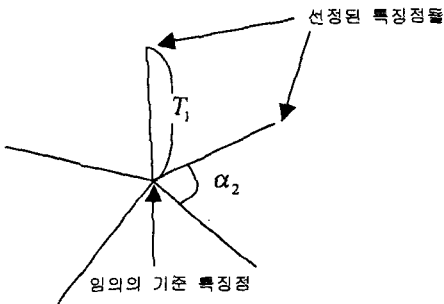


그림 3. 특징점 별자리 형태(거리값과 사이각)

생성된 별자리 형태 내에서 기준점과 선정된 특징점들과의 거리값( $T_1 \sim T_5$ )을 일정한 방향(시계방향)으로 구하고, 각각의 사이각의 값( $\alpha_1 \sim \alpha_5$ )도 일정한 방향(시계방향)으로 구해서 저장하여 테이블을 구성한다.

또 다른 입력받은 지문 영상에 대해서도 위와 같은 방법을 이용하여 임의의 기준 특징점과 선정된 인접한 특징점들간의 거리값( $Q_1 \sim Q_5$ )과, 사이각의 값( $\beta_1 \sim \beta_5$ )

을 구하여 테이블을 구성한다.

그 후, 테이블을 비교하여 공통 영역을 검출한다.

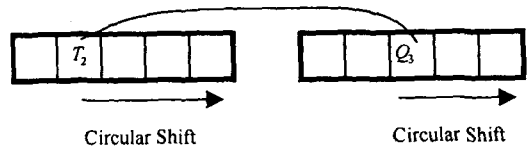


어떤  $j(j=0, 1, \dots, N-1 : N=5)$ 에 대해서,

$$D = \frac{\sum_{i=1}^N |T_{(i+j) \bmod N} - Q_i|}{N} \quad (1)$$

위의 수식에서 D의 값을 최소로 하는  $i, j$ 의 값을 구한다. 테이블에 저장된 거리값이 별자리 형태에서 일정한 방향(시계방향)으로 구하여진 것이기 때문에 각각의 테이블을 shift 하면서 비교했을 때 유사성을 보이게 되고, 이를 이용하여  $i, j$ 의 값을 구하는 것이다.

예를 들어,  $i=2$  이고  $j=3$  으로 구해졌다면,



$$\frac{|T_2 - Q_3| + |T_3 - Q_1| + |T_4 - Q_2| + |T_5 - Q_4| + |T_1 - Q_5|}{5} \leq \sigma \quad (2)$$

의 값을 만족 하여야 한다.

만일 거리 값에 대하여 위의 식을 만족한다면, 사이각에 대해서도 위와 같은 방법으로 진행하게 된다. 즉,

$$A = \frac{\sum_{i=1}^N |\alpha_{(i+j) \bmod N} - \beta_i|}{N} \quad (3)$$

에서 A의 값을 최소로 하는 값이  $i=2, j=3$  이라면,

$$\frac{|\alpha_2 - \beta_3| + |\alpha_3 - \beta_1| + |\alpha_4 - \beta_2| + |\alpha_5 - \beta_4| + |\alpha_1 - \beta_5|}{5} \leq \theta \quad (4)$$

위의 수식을 모두 만족한다면 각각의 특징점 지도에서 생성된 별자리 형태는 일치하는 것으로 인정되고, 만족하지 못한다면 기준 특징점을 다른 임의의 점으로 옮겨서 위의 방법을 되풀이하면서 공통 영역을 찾게 된다.

다. 공통 영역이 찾아지면, 두 영상의 회전 보정 과정을 거친 후 별자리 형태를 일치시키는 방법으로 영상 각각의 특징점 지도를 합성한다.

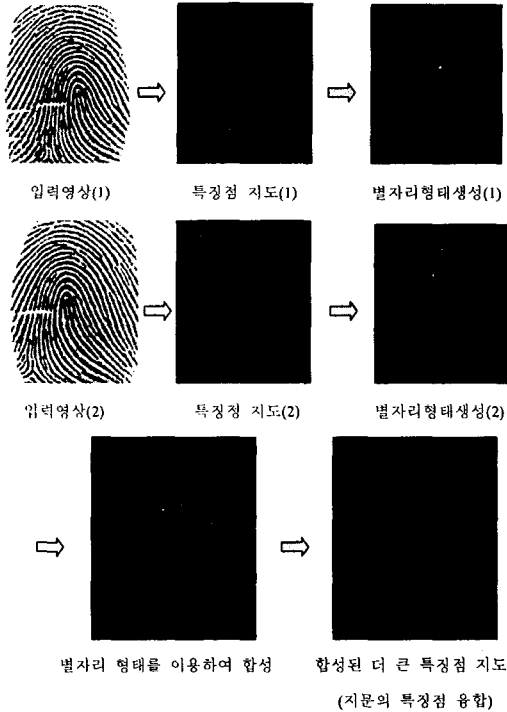


그림 4. 특징점 지도의 합성 과정

#### IV. 실험 및 결론

	Avg. No. Minutiae
Input Image	34
Composite Image	41

본 논문은 248 \* 292 크기의 8비트 그레이 레벨 지문 영상을 이용하였다. 실험 결과, 지문 매칭 시스템에서 단순히 한 장의 영상에서 추출한 특징점 지도를 이용하는 것보다 지문의 특징점 융합을 통하여 두 장의 특징점 지도를 합성해서 만든 더 큰 특징점 지도를 이용하는 것이 성능 개선되었음을 알 수 있다. 특징점 지도의 합성을 통해 지문의 특징점을 융합한다면 정보량이 늘어나게 되는 것이고, 또한 비교 대상이 증가함으로써 정확성과 신속성 등에서 성능 개선 효과를 볼 수

있다. 그리고 시스템에서 FAR 과 FRR 을 효과적으로 낮출 수 있다. 예전에는, 비록 메모리 요구량은 많지만 시스템의 성능을 위하여 동일 지문에 대한 여러 장의 영상을 메모리에 저장해 놓고 사용을 하였다. 하지만 지문의 특징점 융합을 통해 한 장으로 구성된 더 큰 특징점 지도를 획득함으로써 메모리도 절약될 뿐만 아니라, 매칭 시 여러 장의 영상 중 선택해야 하는 문제도 해결되고, 시간적으로도 많은 단축 효과를 거둘 수 있다.

앞으로는 특징점 융합 방법을 이용하여 합성된 특징점 지도에서 거뭇 특징점들을 제거하여 정확한 특징점들만으로 지도를 구성하는 방법을 연구하고, 특징점 지도 합성 과정에서의 문제점들을 보완하여야 할 것이다. 또한 지문의 비선형적인 변형에 대해서도 연구하고, 세 번 이상의 입력과 합성 과정을 통해 더 많은 특징점 정보를 지닌 특징점 지도를 만들어서 시스템에서 더 좋은 성능을 보일 수 있도록 하는 연구가 요구된다.

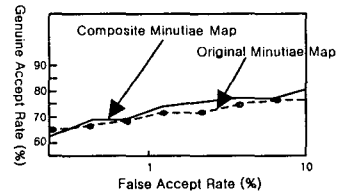


표 1. 매칭 성능 곡선

#### 참고문헌

- [1] Yang Chen, Gerard Medioni, " Object Modeling by Registration of Multiple Range Images", *Image and Vision Computing*, vol. 10, no. 3, pp. 145-155, April 1992
- [2] George Bebis, Taisa Deaconu and Michael Georgiopoulos, " Fingerprint Identification Using Delaunay Triangulation" , *IEEE*, 1999
- [3] Anil Jain, Arun Ross, " Fingerprint Mosaicking" , *IEEE*, 2002
- [4] Lin Hong, Yifei Wan and 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
- [5] A.Wahab, S.H.Chin, and E.C.Tan, " Novel Approach to Automated Fingerprint Recognition" , *IEE Proc.-Vis. Image Signal Process.*, Vol. 145, No. 3, June 1998