

## 회전된 지문에 강인한 지문 인식 시스템에 관한 연구

김 원 중, 조 성 원  
홍익대학교 전기 정보 제어 공학과  
전화 : 02-320-1493 / 핸드폰 : 011-9486-1012

### Rotation Robust for Fingerprint Recognition System

Won Joong Kim and Sung Won Cho  
School of Electronics and Electrical Engineering, Hong-Ik University  
( suesis@hanmail.net )

#### Abstract

Position transfer and turning rotation between fingerprint and inputted fingerprint that is registered in automatic fingerprint recognition system are one of main cause that mistaken acknowledgment expression happens. Therefore, in this research, conformity algorithm development that do it so that is unrelated in position translation and rotation of fingerprint at feature point conformity step to secure higher correct recognition rate.

위하여 채택된 개인 인증 방식이 신체 특징을 이용하는 보안 시스템이다. 그 중 지문 인식 시스템은 정확도, 수행 속도, 구현 비용 등에서 가장 현실성 있는 수단으로 주목 받고 있다[1][2][4]. 자동 지문 인식 시스템에서 등록된 지문과 입력된 지문 사이의 위치 이동과 회전은 오인식이 발생하는 주요 원인 중 하나이다. 따라서 본 연구에서는 보다 높은 인식률을 확보하기 위하여 특징점 정합 단계에서 지문의 위치 이동과 회전에 무관하도록 하는 정합 알고리즘 개발을 목적으로 한다.

#### I. 서론

최근 정보화가 빠르게 진행되면서 많은 양의 정보들이 집중되고 이를 관리하는데 있어서 보안의 문제가 심각하게 대두되고 있다. 이러한 문제는 시스템 접속 시 확실한 개인 인증을 통하여 정확한 신분 증명을 할 수 있다면 충분히 해결될 수 있는 문제이다. 이를 위한 개인 인증 수단으로 그 사람만의 소유물(열쇠, 도장, 카드 등) 및 그 사람만의 지식 정보(암호 등)를 이용하고 있으나 사람의 망각과 분실 등으로 인하여 신뢰도와 안전도 그리고 사용 편리성에서 문제점이 존재하고 있다. 따라서 이와 같은 위험과 불편함을 해결하기

#### II. 지문의 전처리 과정

##### 2.1 방향영상과 배경분리

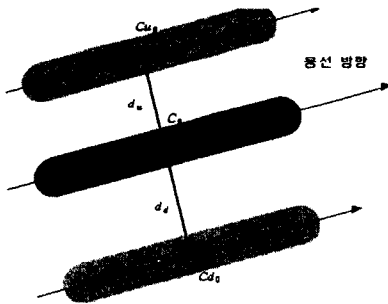
방향영상이란 지문영상을 일정한 부영역으로 분할한 후에 그 부영역의 용선들의 흐름을 각도로 표현하는 것이다. 용선과 골의 경계가 되는 에지(Edge) 부분에서 구배도(Gradient)가 급격히 변화하는 것을 이용하는 계산한다. 구배도를 구하기 위하여 Sobel 연산자를 사용한다. 식(1)과 같이 부영역내에서 방향 정보를 추출한다[2][6].

$$\theta_d = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\sum_{i=x-u/2}^{x+u/2} \sum_{j=y-u/2}^{y+u/2} [G_x^2(i,j) - G_y^2(i,j)]}{\sum_{i=x-u/2}^{x+u/2} \sum_{j=y-u/2}^{y+u/2} 2G_x(i,j)G_y(i,j)} \quad (1)$$

여기서  $G_x(x, y)$ ,  $G_y(x, y)$ 는 Sobel 연산한 값이며  $\theta_a$ 는 각 부영역의 방향정보이다. 이후 잡음으로 인한 잘못된 방향 정보를 제거하기 위해 평활화 과정을 거친다. 지문 영상에서 배경이나 잡음이 있는 영역은 용선의 방향이 일정하지 않기 때문에 부영역내 구배도의 크기(magnitude)가 작게 나타난다[4]. 따라서 구배도의 크기가 임계치보다 작은 경우는 배경 영역으로 분리한다.

## 2.2 이진화 및 세션화

이진화는 [3]에서 제안한 대상 영역의 밝기에 따라 임계치가 변화하는 적응 이진화 방법을 적용하였다. 이는 처리할 중심 화소( $C_0$ )값과 용선방향으로 주변 4개 화소값이 합에 두배한 후, 용선방향에 수직으로 중심화소로부터 일정거리( $d_a$ ,  $d_w$ )에 위치한 위·아래 용선방향의 5개 주변화소값의 합과 비교하여 작으면 중심화소는 검정색(0)으로, 크면 흰색(255)으로 처리된다[그림1].



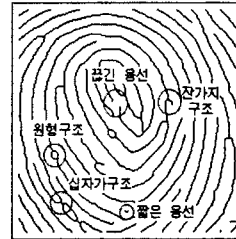
[그림1] slit sum의 방향성을 이용한 적응이진화

세션화(Thinning) 과정은 후보 특징점 추출 과정에서 CN을 계산하기 위하여 용선의 골격을 표현한다. 본 연구에서는 병렬적 처리(Parallel Processing) 방법 중 하나인 Zhang Suen의 세션화 알고리즘을 적용하였다.

## 2.3 특징점 추출 및 의사 특징점 제거

후보 특징점 추출은 CN(Crossing count Number)을 이용하여 CN의 값이 2이면 단점(Ending point)으로, 6이면 분기점(Bifurcation)으로 후보 특징점을 추출한다. 의사 특징점 제거는 후보 특징점 가운데 잘못 추출된 특징점을 제거하는 과정으로 특히 품질이 나쁜 영상의 경우에 인식 성능을 크게 향상시킬 수 있다. 세션화된 용선의 구조를 고려하여 의사 특징점으로 간주되는 특

징점들을 제거하는 과정이며, 짧은 용선, 굽긴 용선, 간가지 구조, 원형 구조, 십자가 구조의 다섯 가지 구조로 나눠 제거하였다[5][그림2].



[그림 2] 의사 특징점 구조

## III. 제안하는 정합 알고리즘

이전의 전처리 과정을 통하여 신뢰성 있는 특징점을 얻었다 할지라도 지문의 입력기간 차이에서 오는 문제, 즉 위치 이동(Translation)과 회전(Rotation)으로 인하여 인식이 크게 저하된다. 이러한 문제를 극복하기 위하여 기존의 연구들에서 특징점들의 구조를 비교하는 등의 방법이 제안되었으나 이는 누락된 특징점의 수와 제거되지 않은 의사 특징점의 수가 많을수록 인식이 급격히 저하된다[6]. [7]에서 제안한 위치 이동 특징량을 이용하여 위치 이동된 거리를 보정하여 정합한 경우에는 30도 이상 회전에 대하여 오인식이 급격히 증가하는 단점을 지니고 있다. 이에 대해서 특징점들의 구조적 상관관계를 조사하여 회전된 각도를 찾아내어 위치 이동뿐만 아니라 회전에 대해서도 강한 정합 알고리즘을 개발하였다.

### 3.1 기준점 찾기

등록 지문과 입력 지문의 시간차에 의해 발생하는 위치 이동과 회전의 문제를 해결하기 위해서는 두 지문 사이에 항상 존재하는 기준점(Reference Point)을 찾아야 한다. 기준점을 찾기 위하여 [7]에서 제안한 위치 이동 특징점들을 이용하였다. 지문에서 용선들의 방향 정보는 특이점들을 중심으로 급격하게 변하게 된다. 따라서 위치 이동 특징점들은 특이점에 위치하게 된다. 중심점과 삼각점에 집중적으로 존재하는 위치 이동 특징점들을 이용하여 각각 지점들을 평균하여 중심점과 삼각점의 위치를 정한다. 삼각점은 지문의 위치 이동에 따라 존재 하지 않을 수 있으므로 삼각점은 기준점으로 사용하지 않는다. 중심점이 두개인 와상문(whorl)은 두 중심점의 평균지점을 기준점으로 사용하

고 나머지 지문들은 중심점을 기준으로 설정하였다. [그림 3]은 이러한 기준점을 찾은 모습이다. 그림에서 사각형 지점이 기준점이고 작은 원들은 위치 이동 특징점이다.



[그림3] 지문의 기준점

### 3.2 위치 이동 거리와 회전된 각도 계산

3.1에서 구한 기준점을 등록과정에서 저장하고 입력된 기준점과 비교하여 쉽게 위치 이동된 거리 ( $X_d, Y_d$ ) 를 구하게 된다. 회전된 각도는 기준점 (Reference point)을 중심으로 일정 영역(도넛 형태) 안에 있는 특징점을 찾아낸다. 이 특징점들을 가지고 등록지문과 입력지문 사이의 구조적 상관관계를 비교하여 상관성이 큰 N개의 특징점쌍들의 각도를 비교하여 회전된 각도N개를 구하게 된다. 자세한 과정은 다음과 같다.

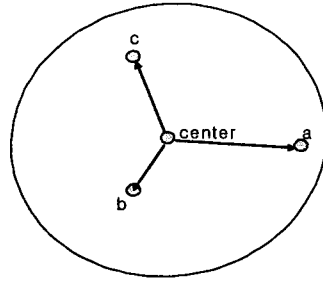
[Step 1] 기준점을 중심으로 특징점들과의 거리를 식 (3.1)에 의하여 구한다

$$d_i = \sqrt{(x_i - x_r)^2 + (y_i - y_r)^2} \quad (3.1)$$

다음의 조건 ( $d_{min} < d_i < d_{max}$ ) 을 만족하면 이 특징점을 회전 비교 특징점이라 하며 구조적 상관관계를 비교할 특징점 목록에 넣는다. 이런 특징점 목록을 회전 비교 특징점 목록이라 정의한다. 여기서  $x_i, y_i$  는 특징점들의 x, y의 위치 좌표이고  $x_r, y_r$  은 기준점의 x, y 위치 좌표이다.

[Step 2] 회전 비교 특징점 목록안에 있는 특징점들을 가지고 구조적인 상관관계를 만들기 위해서 특징점마다 주위에 있는 가장 가까운 거리에 있는 특징점 N개를 선택하여 특징점들 사이의 거리, 각도를 계산한다. [그림4]를 가지고 자세히 설명하면 그림 안에 있는 점들이 특징점들이고 중앙에 있는 점이 회전 비교 목록에서 선택된 특징점(center)이고 주위에 있는 점들이

가장 가까운 거리에 있는 특징점 N개(a,b,c)이다. 여기서 N은 3이다. 특징점 center와 특징점 a,b,c 사이의 거리와 특징점의 center방향과 특징점 a,b,c의 방향의 차이를 계산하여 특징점 마다 회전 비교 특징점의 특징량으로 저장한다. 회전 비교 특징점은 등록과정에서 특징점 목록과 함께 저장한다.



[그림4]특징점의 구조적 관계 모형

[Step 3] 등록된 회전 비교 특징점 목록과 입력된 회전 비교 특징점 목록에서 식(3.2)로 상관관계를 조사한다.

$$c = \sum_{r=0}^n \sum_{i=0}^m |(x_r - x_i)| \quad (3.2)$$

여기서  $c$ 은  $n$ 개의 등록 회전 비교 특징점의 특징량이고  $x_i$ 는  $m$ 개의 입력 회전 비교 특징점의 특징량이다.  $c$ 의 값이 작을수록 서로 상관관계가 높은 특징점쌍이다. 임계치를 설정하여 임계치 보다 작은값을 가지는 특징점쌍 N개를 추출한다. 이 N개의 특징점쌍들에서 특징점의 등록된 특징점의 방향정보와 입력된 특징점의 방향정보를 비교하여 회전된 후보 각도 N개를 찾아낸다. 간혹 나쁜 품질의 지문이 들어올 경우 특징점의 누락이나 의사 특징점들이 많이 생긴 경우에는 특징점들의 구조적 관계를 비교하기 때문에 특징점쌍을 찾지 못하는 경우가 있다. 그런 경우에는 유사도를 결정하는 단계에서 사용될 특징점의 방향정보의 임계치 각도를 이용하여 회전된 후보 각도를 구성하게 된다. 즉, 방향정보의 임계치 각도를  $\angle th$ 라 하면 회전된 후보 각도들은  $0, \pm \angle th, \pm \angle 2th, \dots, \pm \angle \frac{N}{2} th$  이다.

### 3.3 유사도 결정

3.1과 3.2의 과정을 통하여 위치 이동 거리와 회전 후보 각도를 알게 되었다. 따라서 유사도를 결정하기 위해서 등록된 특징점 목록에 입력된 특징점 목록을 정

렬하게 된다. 우선 특징점의 위치 정보는 식(3.3)에 의해서 정렬된다.

$$\begin{aligned} x_2 &= \cos(\theta) \times (x_1 - x_0) - \sin(\theta) \times (y_1 - y_0) + x_0 + X_d \\ y_2 &= \sin(\theta) \times (x_1 - x_0) + \cos(\theta) \times (y_1 - y_0) + y_0 + Y_d \end{aligned} \quad (3.3)$$

여기서  $x_2, y_2$ 는 변환된 특징점의 위치 좌표이고  $x_0, y_0$ 은 회전하게 되는 중심 좌표로써 입력된 지문의 기준점을 사용하였고  $x_1, y_1$ 은 특징점의 변환할 특징점의 좌표이고  $X_d, Y_d$ 는 3.1에서 구한 위치 이동 거리이고  $\theta$ 는 회전된 후보 각도들이다. 특징점들의 방향정보는 회전된 후보각도를 더해주어서 보정하면 된다. 따라서 N개의 검증할 특징점 목록이 구성되게 된다. 기존의 정합율을 계산하는 과정으로 정합율을 계산하면 N개의 정합율이 추출되는데 이 중에서 최대값을 가지는 정합율을 가지고 등록된 지문과 입력된 지문이 동일한 것인지 아닌지를 판단하게 된다.

#### IV. 실험 평가 및 결과

실험을 위하여 반도체 방식 센서(AuthenTec사, FingerLoc AF-S2, 500dpi, 256×256)를 이용하여 20명으로부터 한 명당 5개씩, 100개의 엄지 지문영상을 입력받아 실험하였다. 회전된 지문을 획득하기 위하여 한 명당 한 개의 지문은 임의로 회전을 유도하여 지문영상의 데이터베이스를 구축하였다. 프로그래밍 개발 도구로는 Microsoft Visual C++ 6.0을 이용하였다. 본 연구에서 기존의 방법과 비교하여 정합 부분의 개선 효과를 증명하기 위하여 1)기존의 위치 이동 거리만 보정하여 정합한 경우[7], 2) 본 연구에서 제안한 회전까지 보정하여 정합한 경우를 비교 실험하였다. 본 실험에서는 결과를 FRR(False Reject Rate)과 FAR(False Accept Rate)로 나타내었으며 이들의 그래프에서 둘 모두를 최소화 하는 지점을 Trade-Off를 통하여 찾아내게 된다. 기존의 방법에서 FRR과 FAR을 모두 최소화 하는 지점의 경계값은 48%이며, FRR은18.5%, FAR은1.6%이다. 제안한 방법에서 FRR과 FAR을 모두 최소화 하는 지점의 경계값은 48%이며, FRR은 7.5%, FAR은 1.1%이다.

#### V. 결론

본 연구는 지문 인식 시스템에서 오 인식 발생의 주요 원인 중 하나인 지문의 회전에 강한 성능을 나타내었다. 지문 인식 시스템의 사용자가 편리하면서도 정확한 개인 인증을 하기위한 정합 알고리즘의 개발을 목적으로 하였다. 결과에서 나타난 오인식된 지문들은 대부분이 영상획득 시 지문에 습기가 많거나 놀림 정도가 강하여 입력 영상이 뭉개짐으로 윤선의 흐름이 뚜렷이 나타나지 않은 상태를 알 수 있었다. 지문영상 획득 장비의 개선이 이루어진다면 양질의 입력영상을 제공받아 더욱 향상된 인식률과 시스템의 안정성을 기대할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 1:1의 정합과정을 하는 인식과정이 아닌 1:N의 정합과정을 하는 검증과정을 하는 지문 검증 시스템의 구축을 위하여 효과적인 지문의 분류과정과 빠른 연산량을 가지는 정합 알고리즘의 개발을 필요할 것으로 생각된다.

#### 참고문헌(또는 Reference)

- [1] Anil Jain, *Introduction to biometrics, Biometrics-Personal Identification in Networked Society*, Kluwer Academic Publishers, pp. 1~41, 1999
- [2] Anil K. Jain, Lin Hong, Yifei Wan, *Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation*, IEEE Transaction on Pattern Analysis and Matching Intelligence, Vol. 20, No. 8, pp 777~789, 1998
- [3] 신의재, *개선된 전처리 과정을 통한 지문인식 알고리즘에 관한 연구*, 홍익대학교 석사학위논문, 2000
- [4] 김현, 김학일, *RSTI 불변 지문인식알고리즘*, 전자공학회지, 35권, 6호, pp.828-850, 1998. 6
- [5] 정양권, 최재호, *의사 특징점 제거 알고리즘에 관한 연구*, 한국정보처리학회, Vol.3.No.4. 1996
- [6] N.K. Ratha, K.Karu, S.Chen, A.K. Jain, *A Real-Time Matching System for Large Fingerprint Database*, IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intelligence, Vol.18, No. 8, pp.799-813, Aug.1996
- [7] 김은희, *위치 이동에 무관한 지문 인식 정합 알고리즘에 관한 연구*, 홍익대학교 석사학위논문, 2001