

## 특징점의 융선형태 정보를 이용한 지문인식

### Fingerprint Recognition using Information of Ridge Shape of Minutiae

박 중 조\*, 이 길 호\*\*

Joong-Jo Park\*, Kil-Ho Lee\*\*

#### 요 약

최근 개인인증 기술에 대한 요구가 증가하고 있다. 지문인식은 이 요구에 대응하여 광범위하게 사용되고 있는 생체인식 기법 중의 하나이다. 본 연구에서는 특징점의 융선형태 정보를 이용한 지문매칭 알고리즘을 제시한다. 여기서 융선형태는 1차원 이산신호로 표현되어 사용된다. 본 알고리즘은 다음의 절차로 처리된다. 먼저, 입력지문과 등록지문의 모든 특징점에서 융선을 1차원 이산신호로 표현하여 융선형태 정보를 얻는다. 그리고 두 지문에서 유사한 융선형태를 갖는 특징점쌍을 구한 후 이로부터 두 지문의 회전각도와 이동변위의 후보를 구한다. 이 후보들로부터 군집화 기법을 통해 최종적인 회전각도와 이동변위를 얻어 입력지문에 대해 정렬을 수행한다. 마지막으로 정렬된 입력지문과 등록지문사이에 일치되는 특징점쌍을 찾아 매칭률을 계산한다. 실험 결과 0.79%의 FAR에서 18.0%의 FRR를 달성하였다.

#### Abstract

Recently, the social requirement of personal identification techniques has been increasing. Fingerprint recognition is one of the biometrics methods that has been widely used for this requirement. This paper proposes the fingerprint matching algorithm that uses the information of the ridge shapes of minutiae. In which, the data of the ridge shape are expressed in one-dimensional discrete-time signals. In our algorithm, we obtain one-dimensional discrete-time signals for ridge at every minutiae from input and registered fingerprints, and find pairs of minutia which have the similar ridge shape by comparing input fingerprint with registered fingerprint, thereafter we find candidates of rotation angle and moving displacement from the pairs of similar minutia, and obtain the final rotation angle and moving displacement value from those candidates set by using clustering method. After that, we align an input fingerprint by using obtained data, and calculate the matching rate by counting the number of corresponded pairs of minutia within the overlapped area of an input and registered fingerprints. As a result of experiment, false rejection rate(FRR) of 18.0% at false acceptance rate(FAR) of 0.79% is achieved.

**Key words** : Fingerprint Recognition, Ridge shape, Similarity, Clustering, Alignment.

#### I. 서 론

생체인식은 사람마다 개개인이 다르게 가진 신체특징이나 습관 등을 이용하여 판별이 가능하도록 하는 것을 의미하며, 이를 응용한 생체인식시스템은 사람마다 다른 생체정보를 각 개인식별의 수단으로 활용하는 것이다. 기존의 열쇠, 출입카드의 경우 도용, 분실, 복제의 여지가 많아 범죄에 악용될 수 있으며 반드시 휴대를 하고 비밀번호를 기억해야 하는 불편함이 있다. 이에 반해 생체인

식은 인간이 가진 생체정보를 이용하므로 자기자신이 아니면 안된다는 탁월한 보안성과, 휴대의 불필요성 등 여러 면에서 기존의 방법에 비해 유리하다. 생체 인식에 사용되는 특징량은 지문, 홍채 및 망막, 얼굴, 정맥, 서명, 음성, 장문, 손바닥, DNA 등이 있다. 현재 생체인식은 컴퓨터 및 단말 액세스, 출입국 관리, 디지털 문서 보관, 전자 상거래, 인터넷 뱅킹 등 많은 응용분야에서 적용대상을 넓혀가고 있는 추세이다. 그 중에서 지문을 이용한 생체 인식은 현재까지 실용화의 면에서 가장 진척되어 있는 분야이다. 지문인식 알고리즘은 지문인식 시스템에서 주어진 두 지문 영상의 동일 여부를 판정하는 역할을 수행하는 것으로서, 지문인식 시스템의 성능은 지문 인식 알고리즘의 에러율과 수행 속도에 의해 결정된다고 할

\*경상대학교 전기전자공학부 \*\* (주)탐엔지니어링  
접수 일자 : 2005. 4. 1      수정 완료 : 2005. 4. 20  
논문 번호 : 2005-1-8

사용하느냐에 따라 광학적 상관 기법(optical correlation), 형판정합 기법(template matching), 특징점을 이용한 기법(minutiae matching)으로 크게 나눌수 있다.

광학적 상관기법은 수행 속도에서는 우위를 차지하고 있으나 이를 구현하기 위한 가격과 크기에서는 열세를 벗어나지 못하고 있고, 융선의 방향성을 이용한 형판정합 기법은 빠른 수행 속도와 구현이 용이함으로 1980년대 초반부터 1990년대 초반까지 많은 각광을 받았으나 정밀한 인식 성능의 보장이 어렵고, 저장해야 하는 데이터의 크기가 커서 현재는 보조적인 수단으로만 사용되고 있다. 이에 비해 특징점을 이용한 기법은 복잡하고 계산량이 많지만 상대적으로 낮은 에러율과 작은 저장공간의 사용 등으로 최근 들어 지문인식 기법의 표준처럼 여겨지고 있다. 그러나 이 방식에서 기본적으로 문제가 되는 것은 지문의 정렬(alignment)과 비선형 변형을 극복하는 것으로서 현재에도 이의 해결을 위해 연구가 계속되고 있는 실정이다[1-6]. 기존의 방법들의 특징을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 특징점의 융선-연결정보를 이용한 지문인식 기법은 동일 융선으로 연결된 특징점 쌍들을 사용하여 지문의 정렬을 위한 정보를 구하는 방법으로서 정렬을 위한 탐색범위를 크게 감소시키는 장점이 있으나 융선-연결정보가 극소수인 경우 정보를 얻기가 어려운 문제점이 있다[1]. 복소-대수사상을 이용한지문인식 방법은 동일한 영상에 크기변형이나 회전변형을 주더라도 일단 복소-대수사상후에는 위치이동은 있으나 모양은 변하지 않는다는 특성을 이용하는 것으로서 스케일이 다른 지문영상의 매칭에도 사용될 수 있다는 특징이 있다[2]. 클릭을 이용한 지문인식 방법은 세 개의 특징점으로 이루어지는 삼각형의 외접원으로부터 클릭이라고 불리는 자료구조를 만들고 이를 이용하여 대응 특징점들을 찾아내어 지문 정렬을 위한 정보를 추출하는 것으로서 의사특징점에 다소 취약한 면이 있다[3]. Jain의 융선형태정보를 이용한 지문인식 방법은 특징점에 관련된 융선 형태 정보를 평면커브로 표현하고 이들의 유사성을 이용하여 동일한 특징점을 찾아내는 것으로서, 본 논문의 기본 아이디어를 제공한 방법이다[8]. 마지막으로 보로노이 다이어그램을 이용한 방법은 특징점들의 공간적 분포에 대한 통계적 정보를 추출하고 이로부터 인접 특징점들간의 정보를 검출한 후 이를 바탕으로 비교를 통해 지문 정합을 수행하는 방법으로서 비교적 최근에 발표된 방법이다[5].

본 논문에서는 지문의 특징점에 연결된 융선의 형태 정보를 이용하여 지문을 인식하는 새로운 방안을 제시한다. 사용된 지문의 특징으로는 단점과 분기점의 위치 및 융선 방향각도이고, 이들 특징점에서의 융선 형태정보를 이용하여 지문정렬을 위한 정보를 얻는다. 즉 모든 특징점에서 일정 길이의 융선을 취하여 그의 형태정보를 얻고 두 지문에서 유사한 융선형태를 갖는 특징점 쌍들을 찾아내어 이 특징점쌍들의 융선 방향각도차와 공간좌표상의 거리차를 이용해서 두 지문사이의 회전각도와 이동변위를 구한다. 이렇게 구해진 두 정보를 이용하여 입력

지문을 정렬하고 정렬된 입력지문과 등록지문 사이의 특징점을 상호비교해서 일치하는 특징점들의 개수에 따라 두 지문의 동일여부를 판단한다. 본 연구에서는 250장의 지문영상으로 이루어진 지문 데이터베이스에 대해 제안된 기법을 적용하여 실험함으로써 본 기법이 회전과 이동에 무관하게 지문인식을 수행할 수 있음을 보인다.

## II. 지문영상의 전처리 및 특징추출

### 1. 지문영상의 전처리

일반적으로 입력되는 지문영상에는 많은 잡음이 포함 되어있고 상태가 나쁠 수 있으므로 이로부터 특징을 올바르게 추출하기 위해서는 먼저 전처리 과정을 수행해야 한다. 지문인식에서 전처리 과정은 중요한 단계로서, 전처리 없이 품질이 나쁜 영상을 직접 사용하여 특징을 추출하면 특징점의 종류가 변경되거나 의사특징점이 발생되어 지문인식의 성능에 크게 나쁜 영향을 미치게 된다.

전처리과정에서는 영상향상과 이진화 및 세션화가 수행된다. 지문영상의 향상에서는 주로 융선을 강화하고 잡음을 제거하는 방법을 사용하는데, 본 연구에서는 국부적 FFT 필터링 기법을 사용하였다[7]. 이 방법은 국부적으로 FFT에 의해 밴드패스 필터링을 수행하는 것으로서 특히 융선의 복원능력이 뛰어나다. 지문영상의 이진화는 지문의 융선(ridge)와 골(valley)를 명확하게 구분하기 위한 과정으로서, 앞서의 영상향상에 의해 이진화는 쉽게 수행될 수 있다. 본 연구에서는 임계값으로서 128을 사용한 단순 임계화에 의해 이진화를 수행하였다. 그후 이진화된 영상에 세션화를 수행하여 지문특징 추출을 위한 전처리 단계를 완료한다.

### 2. 지문영상의 특징추출

지문영상 내에는 융선과 골의 단순한 흐름중에 여러 특징적인 형태가 존재한다. 예를 들어 융선이 부드럽게 흐르다가 끊어지거나 갈라지는 점들, 그리고 이들이 복합되어 있는 형태를 들 수 있다. 이 때 융선이 끊어지는 점을 단점(ending point)이라 하고, 갈라지는 점은 분기점(bifurcation point)이라 한다. 보통 지문을 육안으로 인식할 때에는 단점과 분기점외에 짧은 융선(단선:short ridge), 고립(lake), 교차(cross over)도 특징점으로 이용되고 있으나, 자동화된 처리에서는 이들을 특징점으로서의 역할에서 배제시키고, 단점과 분기점만을 특징점으로 사용하게 된다[2]. 본 연구에서 사용되는 특징 정보는 특징점의 종류(단점, 분기점)와 특징점의 위치(x,y 좌표값) 그리고 특징점의 융선방향이다. 이들 특징 추출은 세션화된 지문영상에서 수행된다.

#### (1) 특징점 종류 및 위치 결정

세션화된 이진 영상에서 특징점의 종류와 위치를 탐지하는데, 이를 위해 교차수(CN: cross number)를 사용한

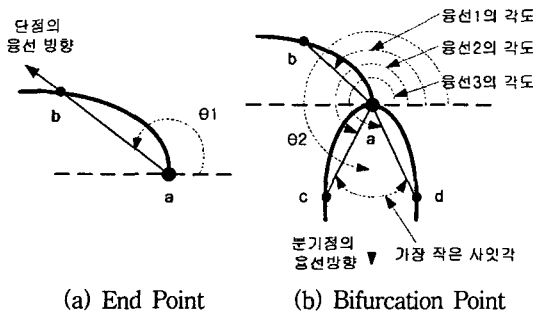
다. 그림 1에서 보이듯이 용선상의 대상 화소 p를 중심으로 이웃한 화소를 P<sub>1</sub>에서 P<sub>8</sub>까지로 표시할 때, 식 (1)의 CN을 교차수라고 하고 CN이 2이면 단점이고, 6이면 분기점으로 한다[5]. 단, 식 (1)에서 P<sub>9</sub> = P<sub>1</sub>이다.

$$CN = \sum_{i=1}^8 |P_i - P_{i+1}| \quad (1)$$

P1	P2	P3
P8	P	P4
P7	P6	P5

그림 1. 3x3 마스크  
Fig. 1. 3x3 mask

(2) 특징점의 용선 방향각도 결정  
일단 특징점의 위치가 검출되면 이 특징점의 용선 방향각도를 결정해야 한다.



(a) End Point (b) Bifurcation Point  
그림 2. 특징점의 용선 방향 각도 결정  
Fig. 2. Determination of minutiae direction

특징점의 용선 방향각도는 다음의 방법으로 결정한다. 그림 2(a)에서 보이는 것처럼 먼저 단점의 경우에는 단점 a에서 시작하여 용선을 따라 일정한 거리만큼 추적했을 때의 추적 종료점 b의 위치와 이루는 각도인  $\theta_1$ 이 단점의 용선방향이다. 한편 분기점의 경우에는 그림 2(b)에서 보이는 것처럼 분기점 a에서 시작하여 분기되는 세 개의 용선을 동일한 일정거리만큼 추적한 후 추적 종료점인 b, c, d가 이루는 세 개의 용선 방향 각도를 계산한다. 세 가지의 용선 방향 각도를 비교하면 세 개의 사이각을 구할 수 있는데 이 사이각들 중 제일 작은 사이각을 이등분한 직선의 방향을 분기점에서의 용선방향으로 사용한다.

(3) 의사특징점 제거

지문영상의 획득시 발생하는 잡음과 영상의 품질에 따라 의사특징점들이 추출되게 되는데, 이런 의사특징점들은 지문정렬을 위한 정보 획득 및 정합률 계산의 결과에 악영향을 미친다. 따라서 의사특징점의 제거는 지문인식에 있어서 중요하다[9]. 이런 의사특징점들은 단점 및 분기점들의 조합으로 되어 있기 때문에 그 특성을 정의할 수 있으며, 일반적인 의사특징점의 종류로는 잔가지 (spike), 단선(spur), 절선(break), 원형(hole), 다리(bridge)

등이 있다. 이런 형태를 갖는 것들을 의사특징점으로 판정하여 특징점 집합에서 제거한다.

이상의 과정을 통해 구해진 특징점의 종류, 위치 및 용선 방향정보는 이후에 지문의 정렬 및 정합에 이용된다.

III. 제안된 지문정렬 및 정합 알고리즘

그림 3은 본 논문에서 제안하는 지문 정렬 및 정합 알고리즘의 흐름도를 나타낸다.

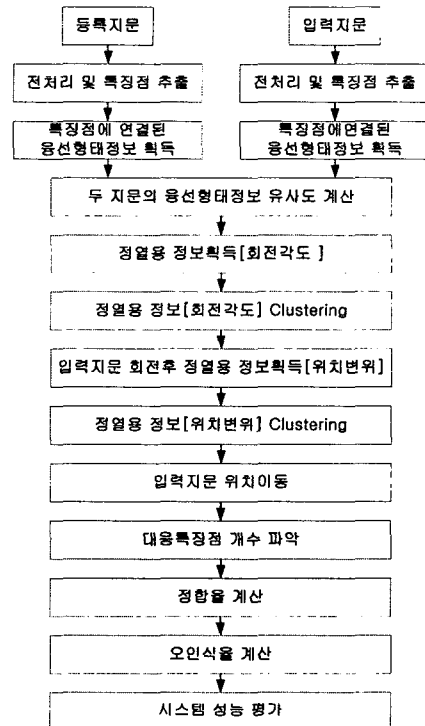


그림 3. 제안 알고리즘의 흐름도  
Fig. 3. Flow-chart of the proposed algorithm

본 논문에서 제안하는 지문매칭 알고리즘은 특징점을 이용한 정렬기반의 매칭 알고리즘으로서 특징점에 연결된 용선의 형태정보를 이용하여 지문의 회전각도와 이동변위를 구하여 지문을 정렬하고, 정렬된 영상으로 지문의 정합을 시행한다. 이 수행과정은 다음과 같이 요약된다.

먼저 두 지문의 특징점에서의 용선형태 정보를 구하고, 이 용선형태 정보들로부터 유사성을 조사하여 유사도를 계산한 후 임계유사도 이상의 유사도를 가지는 특징점 쌍들을 검출한다. 이렇게 검출된 특징점 쌍들의 용선 방향각도의 차이를 계산하여 이로부터 두 지문의 회전각도 후보들을 구한다. 이렇게 구해진 회전각도 후보들중에는 지문영상의 왜곡과 잡음으로 인해 상당수의 거짓 후보들도 포함되므로 상기 회전각도 후보들에 대해 군집화 (clustering)를 수행하여 거짓 후보를 제거한 특징점 쌍들을 선별해 내고 이로부터 정렬에 이용할 최종 회전각도를 구한다. 그후 이 회전각도만큼 입력지문의 특징점들

을 회전시키고, 이로부터 앞서 선별된 특징점 쌍들의 위치 차이 값을 사용하여 두 지문의 이동변위를 구한다. 이동변위의 결정 단계에서도 앞의 과정과 마찬가지로 이동변위 후보들을 구하고 이들을 군집화(clustering)하여 최종 이동변위를 구한다. 마지막으로 최종 이동변위 만큼 입력지문을 이동시키면 지문의 정렬이 완료된다. 이러한 방법으로 정렬된 입력지문과 등록지문을 중첩시켜 일치하는 특징점의 개수를 파악하여 정합률을 계산한다. 구해진 정합률이 지정된 임계정합률 보다 크면 본인의 지문으로 판정하고 아니면 타인의 지문으로 판정한다. 이때 사용되는 임계정합률은 지문의 일치 여부를 결정하는 기준이 된다. 이하에서는 상기의 과정을 세부적으로 기술한다.

1. 특징점에 연결된 용선형태 정보 획득

지문의 특징점(단점,분기점)은 용선이 끝나는 곳이나 용선이 세 가지로 갈라지는 부분에 위치하고 있다. 그림 4는 특징점에 연결된 용선의 형태를 나타내고 있다.

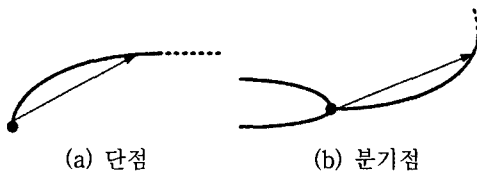
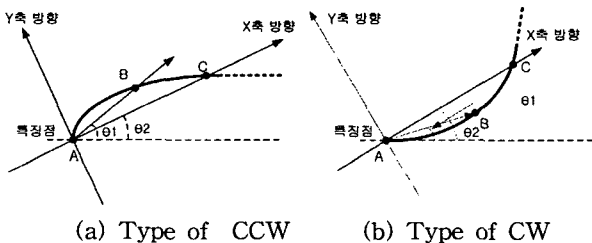


그림 4. 특징점에 연결된 용선의 형태  
Fig. 4. Shape of ridge connected to minutiae

특징점에서 시작되는 용선의 형태정보를 얻기위해 단점에서는 단점에 연결된 용선을 이용하고 분기점에서는 분기점에 연결된 세 가지 중 제일 작은 사잇각을 이루는 두 가지를 제외한 나머지 하나의 용선을 이용한다. 특징점에서 시작되는 이러한 용선의 형태를 하나의 이산신호로 나타냄으로써 용선의 형태 정보를 얻을 수 있다[8]. 용선의 형태정보를 구하는 과정은 다음과 같다.



(a) Type of CCW (b) Type of CW  
그림 5. 용선 형태 분포

Fig. 5. Distribution of ridge shape

우선 용선의 형태는 그림 5와 같이 반시계방향(CCW)으로 회전하면서 특징점으로 진행하는 용선과 시계방향(CW)으로 회전하면서 특징점으로 진행하는 방식으로 분류할 될 있다. 이 두가지 유형으로 용선의 유형을 구분하면 차후에 용선의 유사성 비교시에 소요되는 처리시간을 줄일 수 있다.

용선의 형태정보를 일차원 신호로 변환하는 방법은 다음과 같다. 그림 5에서 특징점인 A점을 시작으로 용선을 추적하여 미리 지정된 일정길이가 되는 C점을 구한다. 이때, A와 C점의 중간지점인 B점에서 A점까지 연결한 직선의 각도( $\theta_1$ )를 계산하고 C점에서 A점까지의 거리와 그 두 점(A,C)을 연결한 직선의 각도( $\theta_2$ )를 계산한다. 물론 이때 A점에서 C점까지의 길이가 지정된 일정길이가 되지 않으면 이 특징점은 고려 대상에서 제외한다.

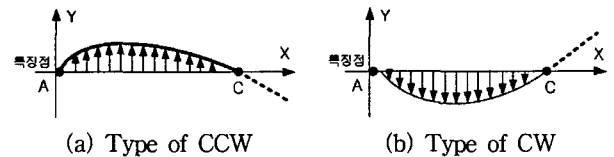
먼저, 이렇게 구해진 두 개의 각도  $\theta_1, \theta_2$ 를 이용함으로써 식 (2)에 의해 용선의 유형(CW, CCW)을 결정한다.

$$Type = \begin{cases} CCW & \text{if } \theta_1 > \theta_2 \\ CW & \text{if } \theta_1 < \theta_2 \end{cases} \quad (2)$$

그후, 용선 형태정보를 이산신호로 표현하기 위해서 그림 5의 A점과 C점을 잇는 직선이 수평축(x축)이 되도록 특징점(A)을 중심으로  $\theta_2$  각도만큼 용선을 회전시킨다. 그림 6은 용선을 회전시킨 결과를 보인다.

그림 6과 같이 회전이 완료된 용선으로부터 용선형태 정보를 위한 이산신호가 구해진다. 즉 수평축(x축) 위의 한 점과 용선 까지의 수직거리가 구하고자하는 일차원 이산신호가 된다. 이때 용선의 유형에 따라 얻어지는 이산신호값의 부호가 달라질 것이다. 즉, CCW유형의 경우에는 (+)값 이산신호가 얻어지고, CW유형의 경우에는 (-)값의 이산신호가 얻어진다. 이제 구해진 이산신호 및 기타 용선형태 정보를 다음과 같이 정리해 놓는다. 이들 정보는 차후에 용선형태가 유사한 특징점들을 찾는 데 사용될 것이다.

입력지문의 이산신호는  $f_i = \{ f(0), f(1), \dots, f(N) \}$  이고, 등록지문의 이산신호는  $g_i = \{ g(0), g(1), \dots, g(M) \}$  이며, 여기서 M, N은 그림 6에서 점A와 점C까지의 직선길이를 나타낸다.



(a) Type of CCW (b) Type of CW  
그림 6. 용선형태의 일차원 이산신호

Fig. 6. 1-D discrete signal of ridge shape

2. 용선형태 정보사이의 유사도(similarity) 계산

상기 방법으로 구해진 용선의 형태정보인 일차원 이산신호를 이용하여 입력지문과 등록지문의 용선형태의 유사성을 검사한다. 유사성 검사의 방법으로는 식 (3)의 상관계수  $\gamma$ 를 사용한다.

$$\gamma = \frac{S(f, g)}{\sqrt{S(f, f)S(g, g)}} \quad (3)$$

이 식에서,

$$S(f, g) = \sum (f_i - \bar{f})(g_i - \bar{g}) = \sum f_i g_i - L \bar{f} \bar{g}$$

$$S(f, f) = \sum (f_i - \bar{f})^2 = \sum f_i^2 - L\bar{f}^2$$

$$S(g, g) = \sum (g_i - \bar{g})^2 = \sum g_i^2 - L\bar{g}^2$$

여기서,

$f_i$ : 입력지문의 용선형태정보(일차원 이산신호)

$g_i$ : 등록지문의 용선형태정보(일차원

이산신호)

$\bar{f}$ :  $f_i$ 의 평균값.

$\bar{g}$ :  $g_i$ 의 평균값.

$L$ :  $N, M$ 중 작은 값.

따라서 식(3)은 다음의 식 (4)와 같이 표현될 수 있다.

$$\gamma = \frac{\sum f_i g_i - L\bar{f}\bar{g}}{\sqrt{(\sum f_i^2 - L\bar{f}^2)(\sum g_i^2 - L\bar{g}^2)}} \quad (4)$$

위의 상관계수  $\gamma$ 의 절대값 크기는 두 신호의 상관관계의 강도를 나타낸다. 즉, 상관계수  $\gamma$ 의 절대값이 1에 가까울 수록 높은 상관관계를 나타내고,  $\gamma = 0$ 인 경우는 두 신호가 무상관임을 나타내며, 상관계수의 값  $\gamma$ 가 0에 가까울수록 두 신호는 관련성이 없음을 나타낸다.

식 (4)의 상관계수는 두 지문의 용선 형태정보에 대한 일차원 이산신호의 유사도를 판정할 때 사용된다.

### 3. 지문 정렬 (Alignment)

지문정렬을 위해서는 두 지문사이의 회전각도와 이동변위를 구해야 한다. 이를 위해 먼저 회전각도를 구하여 입력지문영상을 회전시키고, 그후 회전된 영상으로부터 이동변위를 구하여 입력지문을 이동시켜 지문정렬을 성취한다. 단, 이때 회전 및 이동의 대상은 지문영상 자체가 아니라 지문의 특징점이다.

#### (1) 용선 형태정보의 유사도를 이용한 회전각도 결정

지문 특징점의 용선형태정보인 일차원 이산신호에 식 (4)의 상관계수를 적용하여 용선 형태가 유사한 특징점 쌍을 구한다. 즉, 두 지문의 모든 특징점에 대해 등록지문의  $i$ 번째 특징점과 입력지문의  $j$ 번째 특징점의 용선 형태정보에 대한 유사도( $\gamma_{ij}$ )를 계산한다. 단, 이때 비교할 두 용선이 동일한 유형(둘다 CW이거나 또는 둘다 CCW)이 아니면 두 용선형태는 이미 다른 것이 분명하므로 유사도 계산을 생략한다. 식 (4)에 의해 계산된 유사도( $\gamma_{ij}$ )가 임계유사도값 이상이고, 용선 형태정보중에 직선길이  $N$ 과  $M$ 의 차이가 일정값 이내일 경우 두 용선형태는 유사한 것으로 판정하여 해당 특징점 쌍을 대응 특징점 후보로 정한다.

그후 용선 형태가 유사한 것으로 판단된 대응 특징점 쌍에서의 용선 방향각도 차이값을 구한다. 그리고 이 용

선 방향 각도 차이들을 등록지문에 대한 입력지문의 회전각도 후보로 정한다. 또한 이때 대응특징점 쌍에 대한 Index(i,j)정보를 저장한다. 이 Index정보는 후에 이동변위를 구하기 위한 과정에 이용된다.

만일 두 지문이 동일인의 지문이라면 상기 방법에 의해 구해진 회전각도 후보들은 서로 비슷한 값을 가지게 될 것이다. 그러나 실제의 경우 잡음이나 의사특징점 및 특징점 용선 방향각도의 비정밀성 때문에 이들 회전각도 후보들 중 거짓 회전각도 후보들이 상당수 포함된다. 따라서 앞에서 구해진 회전각도 후보들로부터 올바른 회전각도를 얻기 위해서 다음과 같은 군집화(clustering)의 과정을 사용한다. 즉, 회전각도 후보들간의 거리를 조사하여 상호 가까운 거리인 후보들을 동일 클러스터가 되도록 군집화하여 몇 개의 클러스터들을 만든다. 이중에서 가장 멤버를 많이 갖는 클러스터를 선택하고 이 클러스터내의 멤버들의 평균값을 두 지문영상의 최종 회전각도로 결정한다.

이렇게 구해진 최종 회전각도를 이용해서 입력지문영상에 존재하는 모든 특징점들을 회전시킨다. 이때 회전의 중심은 입력지문 영상의 중심으로 한다.

#### (2) 이동변위 정보의 계산 및 위치이동

상기의 회전각도 결정에서 사용되었던 대응 특징점 쌍들의 위치로부터 이동변위 정보를 구한다. 이를 위해 먼저 이들 대응 특징점 쌍들로부터  $x$ 축 이동거리(dx)와  $y$ 축 이동거리(dy)를 별도로 구하여 이들은 두 지문의 이동변위 후보로 정한다. 이들 후보들 중에도 거짓 이동변위들이 존재할 수 있으므로 이들 후보들에 대해 앞서의 회전각도 결정에서와 같은 방식의 군집화 기법을 적용하여 두 지문의 최종 이동변위를 구한다. 그리고 구해진 이동변위를 사용하여 입력지문영상의 특징점들을 이동시켜 지문정렬을 완료한다.

상기의 특징점 정렬을 위해 사용되는 회전 및 이동을 위한 수식은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} x_j^A \\ y_j^A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \Delta\theta & -\sin \Delta\theta \\ \sin \Delta\theta & \cos \Delta\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_j^I - x_C^I \\ y_j^I - y_C^I \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} x_j^A \\ y_j^A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_j^A \\ y_j^A \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_C^I \\ y_C^I \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\theta_j^A = \Delta\theta + \theta_j^I \quad (7)$$

여기서,

$\Delta x, \Delta y, \Delta\theta$  = 최종 정렬용 정보 (이동변위, 회전각도)

$x_j^A, y_j^A$  =  $\Delta\theta$ 각도로 회전된 입력지문의 특징점좌표.

$x_j^A, y_j^A, \theta_j^A$  = 정렬이 완료된 입력지문의 특징점좌표 및 용선방향각도.

$x_C^I, y_C^I$  = 회전에 사용된 입력지문 영상의 중심 좌표.

$x_j^I, y_j^I, \theta_j^I$  = 초기 입력지문의 특징점 좌표 및

용선방향각도

4. 지문 정합 (Matching)

정렬된 특징점들의 매칭은 이론적으로 완전히 일치하는 특징점의 개수를 세어 계산 할 수 있다. 그러나 실제로 지문은 영상이 획득될 때마다 모양이 달라지며 잡음과 정렬과정의 계산오차 등으로 특징점의 공간적 위치가 정확히 일치하는 경우는 거의 발생하지 않는다. 따라서 특징점의 매칭을 위해서는 유연한 방법을 사용해야 한다. 본 연구에서 사용한 매칭 방식(minutiae matching)에서는 두 지문의 대상 특징점사이의 거리와 용선 방향각도의 차이값을 조사하여 이 값이 각각 허용치 이내에 들 때 두 지문의 대응 특징점은 서로 일치하는 것으로 간주하였다. 이런 방식으로 두 지문의 모든 특징점에 대해 조사를 하여 일치하는 특징점의 개수를 파악하고 이에 의해 두 지문이 동일한 지문인지의 여부를 최종 판단한다.

정렬된 입력지문의 i번째 특징점과 등록지문의 j번째 특징점에 대해, 식 (8)은 두 특징점사이의 거리  $\Delta\rho_{ij}$ 를 구하는 식이고, 식 (9)는 두 특징점의 용선 용선방향각도 차이값  $\Delta\theta_{ij}$ 를 구하는 식이다.

$$\Delta\rho_{ij} = \sqrt{(y_i - y_j)^2 + (x_i - x_j)^2} \quad (8)$$

$$\Delta\theta_{ij} = |\theta_i - \theta_j| \quad (9)$$

임의의 두 특징점에 대해 식 (8)과 (9)가 각각 미리 지정된 임계값보다 작으면 이 두 특징점은 일치하는 것으로 판정한다.

두 지문의 일치도를 구하는 방법으로서 식 (10)의 정합률(matching rate)을 사용한다[2].

$$\text{정합률} = \frac{N_M}{\text{Max}(N_R, N_I)} \times 100 [\%] \quad (10)$$

여기서,

$N_M$  : 등록지문과 정렬된 입력지문 사이에 일치하는 특징점 개수.

$N_R$  : 등록지문의 특징점 총개수.

$N_I$  : 정렬된 입력지문의 특징점 총개수.

단, 여기서 특징점 개수  $N_R$ 와  $N_I$ 는 두 지문의 중첩 영역 내의 특징점 개수이다. 계산된 정합률이 미리 지정된 임계정합률 보다 크면 두 지문은 동일한 지문으로 판정한다.

IV. 실험 및 결과

본 실험에서 사용된 지문영상은 500DPI, 256계조도, 248×292 화소의 영상으로서, Nitgen사의 압착날인 방식의 지문인력기를 사용하여 bmp 이미지파일로 취득하였다. 총 인원 50명에 대해 각각 5장씩 총 250장의 지문영상을 취득하여 실험에 사용하였다. 따라서 본인대 본인의 매칭

횟수는 1000회이고 본인대 타인의 매칭 횟수는 61250회가 된다.

그림 7은 실험에 사용한 지문영상의 예를 보인다. 매칭에 실패한 경우를 보면 지문영상의 품질이 매우 나빠 특징추출이 어려운 경우이다.



(a) 매칭에 성공한 입력지문과 등록지문 (b) 매칭에 실패한 입력지문과 등록지문

그림 7. 실험에 사용된 지문영상의 예

Fig. 7. Examples of fingerprint images used in experiment

본 논문에서 제시된 지문인식 알고리즘의 성능 평가를 위한 척도로서 타인수락오류율(FAR: False Accept Rate)과 본인거부오류율(FRR: False Reject Rate)을 사용하였다. 이들은 식(11)과 (12)로 계산되는데[10], 여기서 타인수락율은 타인이 본인으로 오인식될 확률이며 본인거부율은 본인이 타인으로 오인식될 확률이다. 두 지문이 동일한 지문인지의 여부는 계산된 지문의 정합률에 임계정합률을 적용하여 결정되므로, 임계정합률을 다르게 설정하면 그에 따라 FAR과 FRR은 다르게 계산된다.

$$FAR = \frac{\text{타인을 본인으로 오인식한 회수}}{\text{본인대타인 매칭회수}} \quad (11)$$

$$FRR = \frac{\text{본인을 타인으로 오인식한 회수}}{\text{본인대본인 매칭회수}} \quad (12)$$

출입관리 시스템 등의 지문검증 시스템에서는 등록되지 않은 사람이 인증에 성공하지 않도록 타인수락율(FAR)이 극히 낮아야 하며 범죄자 검색 등과 같은 경우에는 본인거부율(FRR)이 상대적으로 낮아야만 좋은 성능을 평가받게 된다.

표 1. 임계정합률 변화에 따른 FAR과 FRR

Table 1. FAR and FRR for different threshold values

임계정합률 [%]	FAR [%]	FRR [%]
10	51.787	4.2
15	36.911	6.6
20	25.910	10.2
25	17.593	12.6
30	11.157	16.2
35	7.317	17.4
40	0.798	18.0
45	0.511	19.7
50	0.336	20.6
55	0.078	33.2
60	0.019	44.9
65	0.009	54.6
70	0.000	68.3

표 1은 지문영상 데이터베이스에 제안 알고리즘을 적용하여 구해진 실험 결과이다. 이 표는 정합률에 적용된 임계값의 변화에 따른 FRR과 FAR값들의 분포를 보이는데, 지문인식을 위한 임계값으로서 40%를 사용할 때 0.79%의 FAR에서 18.0%의 FRR을 나타내고 있다.

본 논문의 실험은 펜티엄 III 700MHz PC에서 수행하였으며, 제안기법에 의해 등록지문과 입력지문의 정합에 소요된 전체 평균처리시간은 4.758초이고, 여기서 전처리에 소요된 시간은 평균적으로 3.134초이었다. 이는 지문영상을 읽고 전처리 과정을 거친 후 특징점을 추출하기까지의 시간으로서 전처리 과정 중 영상향상에 사용된 국부적 FFT의 소요시간이 평균 2.146초 정도로 가장 길었다. 정렬과 정합에는 1.624초가 소요되었다.

### V. 결론

본 논문에서는 특징점을 이용한 지문인식 기법에 있어서 중간 과정에 해당하는 지문 정렬에 관한 새로운 알고리즘을 제시하였다. 기존의 대부분의 정렬기반 특징점 매칭방법들은 두 지문의 위치변위와 회전에 대한 정보를 얻기 위해 특징점들의 위치와 방향을 구조적인 관점에서 상호 비교하는 방식을 취하는데 반해, 제안 기법에서는 용선들의 형태정보를 구하고 이 정보들에 대해 클러스터링을 수행하여 위치변위와 회전각도를 추출하는 특징이 있다.

본 알고리즘에서 용선의 형태정보는 1차원 이산신호로 표현되며 두 이산신호에 대한 상관계수에 의해 두 용선 형태의 유사성을 판정하였다. 유사한 형태의 용선을 갖는 특징점 쌍들로부터 먼저 두 지문의 회전각도를 구하고 그후 이동변위를 계산하여 지문을 정렬하였다. 정렬된 지문에 대한 지문매칭 방법으로는 단순한 점매칭 기법을 사용하였다. 제작된 지문영상 데이터베이스에 대해 제안 기법으로 실험해 본 결과 0.79%의 FAR에서 18.0%의 FRR을 얻을 수 있었다.

본 기법의 향상 방안으로는 보다 우수한 정렬용 정보를 얻기 위해 지문의 특징점에 연결된 용선 형태정보를 더욱 정교하게 표현함으로써 더욱 정확하게 용선 형태를 비교 할 수 있는 방안을 연구하는 것이며, 또한 본 기법은 전체 처리 시간에 비해 전처리과정에 소요된 시간이 많은 비중을 차지하므로, 실시간 지문 인식을 시스템의 구현을 위해서는 보다 속도가 빠른 지문영상의 향상기법에 대한 연구가 필요할 것으로 본다.

### 참 고 문 헌

[1] 김현철, 심재창, "동일용선상에 존재하는 특징점간의 연결정보를 이용한 지문인식", 정보과학회논문지, 제 28권, 제10호, pp.764-772, 2001  
 [2] 김현, 김학일, "RSTI불변 지문인식 알고리즘", 전자공

학회논문지, 제35권, S편, 제6호, pp.88-100, 1998  
 [3] 안도성, 김학일, "클릭 구조를 이용한 지문인식 알고리즘", 전자공학회논문지, 제36권, S편, 제5호, pp.69-80, 1999  
 [4] 문명권, 정규식, "구조적 방법에 근거한 지문영상의 효율적인 분류", 정보과학회 논문지 제24권, 제2호, pp.170-179, 1997  
 [5] 김승훈, 최태영, "보로노이 다이어그램을 이용한 지문정합 알고리즘", 전자공학회논문지, 제41권 SP편, 제6호, pp.247-252, 2004..11  
 [6] 김봉일, 이상선, 김정규. "세션화 된 지문화상의 단계적 복원처리", 한국정보과학회 논문지. 제14권, 제2호, pp.33-44, 1986  
 [7] G. T. Candela, P. J. Grother, C. I. Watson, R. A. Wilkinson, C. L. Wilson, "PCASYS - A Pattern-level Classification Automation System for Fingerprints", NIST report, August 1, pp.7-8, 1995  
 [8] A. Jain, L. Hong, R. Bolle, "On-Line Fingerprint Verification", IEEE Trans. PAMI. Vol. 19, No. 4, pp.302-314, 1997  
 [9] 양지성, 김학일. "지문의 의사 특징점 제거 알고리즘 및 성능 분석", 전자공학회논문지 제 37권 S편, 제 5호, pp.1-34, 2000  
 [10] A. Ross, A. K. Jain, and J. Reisman, "A Hybrid Fingerprint Matcher", Pattern Recognition, Vol. 36, No. 7, pp.1661-1673, 2003.



**박 중 조(Joong-Jo Park)**  
 1981년 고려대학교 전기공학과(공학사)  
 1983년 고려대학교 전기공학과(공학석사)  
 1995년 고려대학교 전기공학과(공학박사)  
 1996년~현재 경상대학교 전기전자공학부 교수  
 관심분야 : 컴퓨터비전, 생체인식.



**이 길 호(Kil-Ho Lee)**  
 2001년 경상대 전기전자공학부(공학사).  
 2004년 경상대 전기전자공학부(공학석사),  
 2003년 12월~현재 (주)탑엔지니어링 연구원  
 관심분야 : 영상처리, 패턴인식