

# 용선의 방향성분 군집화를 통한 효과적인 지문분류기법

## Fingerprint classification using the clustering of the orientation of the ridges

박창희\* · 윤경배\*\* · 최준혁\*\*

Chang-hee Park, Kyung-bae Yoon, Jun-Hyeog Choi

\* 연세대학교 전자공학과

\*\* 김포대학교 컴퓨터계열

### 요 약

지문의 중심점과 삼각점은 용선의 흐름이 급격히 변하는 부분에 생기는 부위를 지칭하는 것으로 중심점과 삼각점 주위의 용선의 변화를 관찰하면 중심점과 삼각점의 존재 여부를 추측할 수 있다. 용선의 전역적인 방향성분을 구한 후 같은 방향 성분끼리 군집화를 수행하면 군집화된 부분의 경계에 중심점과 삼각점이 형성되는 것을 관찰할 수 있으며, 궁상문, 솟은 궁상문, 좌제상문, 우제상문, 와상문등 크게 5종류로 분류되는 지문의 문양별 방향성분 군집화의 특성이 다르다는 것을 관찰할 수 있다. 본 논문에서는 삼각점을 획득하지 못한 지문을 이용하여 지문의 중심점을 구한 후 방향성분 군집화를 통하여 지문분류를 효과적으로 할 수 있는 방법을 제안하고 실험을 통하여 이를 증명한다.

### Abstract

The cores and deltas of fingerprints designate the parts where the flow of the ridges change radically. Observations on the change of the orientation of the ridges around the cores and deltas enable us to guess the location of the cores and deltas. Accordingly clustering the orientation flowing to the same direction after doing research on the orientation of the ridges on the whole makes us see that the cores and deltas are shaping around the boundaries of the clustering area. It is also observed that The patterns of clustering of the orientation of the ridges classified as Arch, Tented Arch, Left loop, Right Loop and Whorl have its own characteristics respectively. In this paper the method of classifying the fingerprints effectively is proposed and proved its effectiveness by using the clustering of the orientation of the ridges, finding the cores of the fingerprints which don't secure the deltas.

**Key words** : 군집화(Clustering), 생체인식(Biometrics), 지문(Fingerprint), 지문 분류(Fingerprint Classification)

### 1. 서 론

컴퓨터와 인터넷, 디지털기술의 발달은 개인의 정보 보안과 인증을 더욱 필요하게 하고 있으며 이러한 수단으로 생체인식이 각광을 받고 있다. 전자뱅킹, 출입통제, 전자상거래, 스마트카드 등의 발달과 더불어 개인인증 기술에 대한 새로운 방법으로 개인의 신체적 특징인 얼굴, 지문, 홍채, 장문, 손모양, 망막, 목소리, 혈관, 걸음걸이 등에 기초한 여러 생체인식에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 그 중 지문에 기초한 연구는 역사 및 방법이 가장 오래되고, 많이 발달되어 있다.

지문은 땀샘이 용기하여 형성된 주름모양의 형상으로 용선과 골로 이루어져 있으며, 모든 사람이 다른 모양을 갖는 특성 및 태어날 때 생긴 모양이 죽을 때까지 유지되는 특성을 지니고 있으며, 19세기 중반 에드워드 헨리(Edward Henry)가 지문을 체계적으로 정리한 이후 지금까지 가장 많이 사용된 개인 식별 수단이다[2][3].

지문의 형태적인 특징은 그림 1과 같이 나타난다. 지문에서 나타나는 여러 가지 형태의 선의 흐름을 용선(Ridge)이라고 하고, 용선과 용선 사이의 공간을 골(Valley)이라 한다.

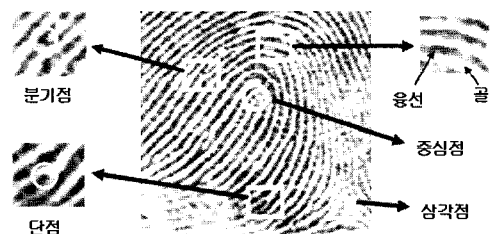


그림 1. 지문의 구성

Fig. 1. the structure of the fingerprint

용선들 사이의 다양한 형태는 여러 가지 특징점(Minutia)과 특이점(Singular point)을 형성하는데, 그 중 용선이 흐르다가 두 갈래로 분류되는 점을 분기점(Bifurcation)이라고 하고, 용선이 흐르다가 끊어지는 점을 단점(Ending point)이라고 한다. 또한 지문의 전체적인 구조에서 용선의 흐름이 급

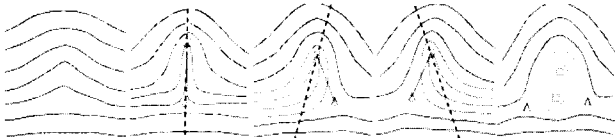
접수일자 : 2003년 8월 29일

완료일자 : 2003년 12월 4일

격히 변하는 부분에 나타나는 특징들이 존재하는데, 지문의 중심부분에서 융선의 곡률변화가 가장 심한 곳을 중심점이라 부르고 지문의 좌우 부분에서 융선이 서로 모이는 부분을 삼각점이라 지칭한다. 이들 중 분기점 및 단점을 특징점이라 부르고, 중심점 및 삼각점을 특이점이라 지칭한다[1][8].

특이점은 중심점과 삼각점이 지문 당 0~2개 사이에 형성되며 대부분의 사람들이 비슷한 위치와 형태로 보유하기 때문에 주로 지문의 형태를 분류할 때 이용한다. 또한 특징점은 사람들마다 그 개수와 위치, 각도 등이 서로 달라 그 사람의 고유 특징을 나타낼 수 있으며 주로 지문정합을 할 때 이용하고 있다[10].

지문 분류에 대한 최초의 과학적인 연구는 1892년 Francis Galton에 의하여 시도되었으며, 그는 중심점과 삼각점의 개수와 위치에 따라 지문을 공상문, 제상문, 외상문의 3종으로 분류하였다. 그 후에 Edward Henry경이 Galton의 분류를 세분하여 공상문을 공상문과 솜은 공상문으로, 제상문을 좌제상문과 우제상문으로 세분하여 총 5종류로 분류하였으며, 이는 소위 헨리시스템이라고 불리며 현재에도 가장 많이 이용되고 있는 분류방법이다.



(a)공상문 (b)솜은 공상문 (c)좌제상문 (d)우제상문 (e)외상문

그림 2. 일반적인 5가지 지문 문양  
Fig. 2. Basic 5 patterns of the fingerprint

미국의 FBI에서는 지문을 범죄 수사에 이용하기 위하여 지문의 종류를 8종류로 세분하여 이용하고 있으며, 우리나라 경찰청에서도 지문의 종류를 12종류로 분류하여 사용하고 있다[11]. 이렇게 지문에 대한 분류를 수행하는 이유는 대용량 지문 데이터베이스에서 특정인의 지문을 찾는 지문 정합 시간의 단축에 용이하게 쓰이기 때문이다. 예를 들면 입력되는 지문의 문양이 공상문이면 데이터베이스 내에 저장되어 있는 지문들 중에서 공상문만 정합을 수행하면 되므로 정합 시간을 단축할 수 있는 것이다. 그러나 기존의 지문분류 방식은 중심점과 삼각점을 모두 획득할 수 있는 회전 날인된 지문영상을 이용할 때 적합한 방식이다. 이는 자동화된 지문 인식 시스템에 사용되는 실시간 지문입력 센서로는 적용이 매우 어렵다는 문제점이 존재한다. 따라서 본 논문에서는 중심점과 삼각점의 존재 여부를 추측할 수 있는 융선의 방향 성분 군집화를 이용하여 일반적인 지문문양으로 지문을 분류할 수 있는 방향성분 군집화를 이용한 지문분류 방법을 제안하고 실험을 통하여 증명하고자 한다.

## 2. 관련 연구

현재 자동 지문 분류를 위한 많은 연구들이 활발히 수행되고 있으며, 특이점을 이용한 방법 이외에 구문론을 이용한 방법, 신경망을 이용한 방법, 변환 기법을 이용한 방법, 기하학적 형태를 이용한 방법등 여러 방법이 연구되고 있으며 표 1은 이러한 여러 지문 분류 방법을 나열하고 있다.

표 1. 여러 지문 분류 방법

Table 1. methods of the fingerprint classification

No	제안자	특징
1	Jain, Karu[7]	- Model-Based 접근방법 - 중심점과 삼각점이용 - NIST 데이터베이스를 이용 실험 - 기존에 가장 많이 사용방법
2	C.V.K.Rao [6]	- Syntactic 접근방법 - 지문분류를 위해 문법의 형식 사용 - 특이점의 형태들을 터미널 상징과 연장선의 규칙들로 묘사
3	Jain, Hong, Prabhakar [4]	- Gabor filter-Based 접근방법 - 지문을 4개 각도의 Gabor filter에 통과 - 분류벡터내의 융선 구조에서 얻는 Gabor특징이용 지문분류
4	Kamijo[9]	- Neural Network 접근방법 - 다중 인지 방식 - 피라미드 구조
5	Fitz[5]	- Frequency-Based 접근방법 - 지문의 주파수 스펙트럼 사용 - 40여개의 데이터로 테스트하여 정확성 의문

기존의 특이점을 이용한 지문분류 방식은 (그림 2)의 (a)와 같이 손가락에 잉크를 묻혀 지문용지에 회전하면서 날인하는 방식으로 획득한 지문영상에 적합한 방식이다. 회전날인으로 지문영상을 획득할 경우엔 중심점과 삼각점등 특이점의 획득이 용이하기 때문에 헨리식 분류법으로 지문을 분류할 수 있다.



(a) 회전 지문영상 (b) 평면 지문영상

그림 3. 획득 방법별 지문영상

Fig. 3. Different fingerprint Image by differed capture method

그러나 자동화된 지문인식기에 사용되는 지문 입력 센서의 크기는 경제성 및 응용성, 인식 알고리즘의 진보 등으로 인하여 점점 크기가 작아지는 추세이다.

따라서 이러한 지문 입력센서에는 회전날인으로 지문영상을 획득할 수 없기 때문에 평면날인으로 지문영상을 획득하게 된다. 그림 2의 (b)는 반도체 지문입력 센서에 평면으로 지문영상을 획득한 것이다. 특이점 중 삼각도 부분을 획득하지 못하는 것을 볼 수 있다.

### 3. 용선의 방향성분 군집화

본 논문에서는 삼각점을 획득하지 못한 지문을 이용하여 지문의 중심점에서 엔트로피 값이 최소가 되는 방향을 참조 기울기축으로 설정하고 방향성분의 군집화를 수행한 후 기울기축과 방향성분 군집화와의 관계를 이용하여 기존의 헨리식 분류체계에 의해 분류된 5개의 문양을 분류할 수 있는 방법을 구현한다.

본 논문에서는 지문 영상과 배경을 분리하는 세그멘테이션과 지문 영상의 방향성분을 구하는 오리엔테이션의 과정을 수행한 후 방향성분 군집화를 이용한 지문 분류 알고리즘을 ① 중심점 찾기 ② 참조 기울기축 설정 ③ 방향성분 군집화 ④ 군집화별 정보 획득 ⑤ 지문분류의 5단계로 나누어 실행한다.

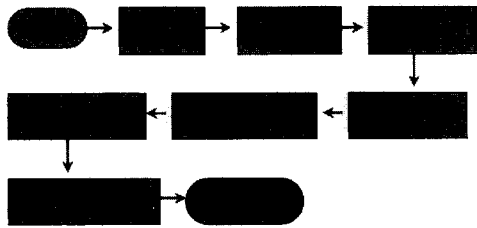


그림 4. 방향성분 군집화를 이용한 지문분류 프로세스  
Fig. 4. Process of the fingerprint classification using clustering of orientation of ridges

#### 3.1 중심점 찾기

지문의 전역적인 방향성분을 추출한 후 식 1과 같이 푸앵카레공식을 이용하면 중심점을 구할 수 있다. 푸앵카레 인덱스에 의하여 중심점은 1/2의 값을 가지며 삼각점은 -1/2의 값을 가진다[7].

$$Poincare(i,j) = \frac{1}{2\pi} \sum_{k=0}^{2\pi} \Delta(k) \quad (1)$$

$$\Delta(k) = \begin{cases} \delta(k) & \text{if } |\delta(k)| < \pi/2 \\ \pi + \delta(k) & \text{if } \delta(k) \leftarrow -\pi/2 \\ \pi + \delta(k), & \text{otherwise,} \end{cases}$$

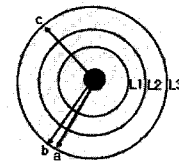
$$\delta(k) = O'(\Psi x(i'), \Psi y(i')) - O'(\Psi x(i), \Psi y(i)),$$

$$i' = (i+1) \bmod N \varphi.$$

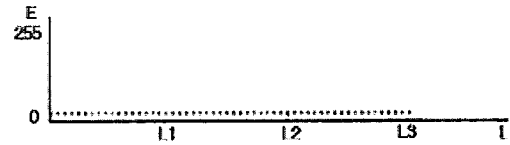
푸앵카레공식을 이용한 중심점 추출 방식은 오리엔테이션을 수행하여 구해진 지문의 방향성분을 이용하여 각각의 영역에서 주위 방향성분들을 비교하여 급격히 방향성분이 바뀌는 부분들을 추출하여 중심점과 삼각점을 결정하는 방식이다.

#### 3.2 참조 기울기축 설정

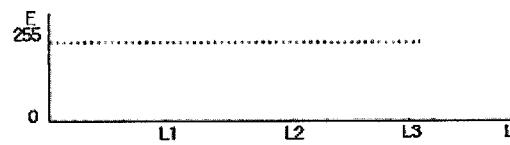
중심점을 추출하면 중심점을 기점으로 일정영역의 엔트로피를 계산하여 최소가 되는 방향을 중심점에서 참조 기울기축으로 설정한다. 지문의 영상에너지는 검게 보이는 용선부분의 최소값은 0이고 회색 보이는 골의 최대값은 255이며, 이는 영상에서 검은색은 0으로 흰색은 255로 표시하는 것과 같다.



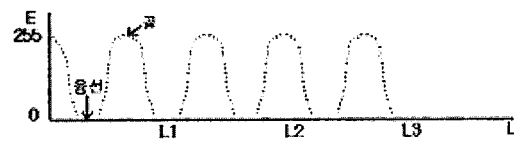
(a) 최소 엔트로피 설정



(b) a방향으로의 용선 에너지 분포



(c) b방향으로의 용선 에너지 분포



(d) c방향으로의 용선 에너지 분포

그림 5. 중심점에서의 참조 기울기축 설정

Fig. 5. establish reference axis of center point of fingerprint

그림 3은 중심점에서 용선 에너지의 방향별 분포를 나타낸 것이다. 그림 3의 (a)와 같이 중심점에서 a, b, c의 방향으로 용선 에너지를 측정하면, a 방향으로의 에너지 분포는 모든 영역이 용선영역에 포함되므로 (b)의 그림과 같이 최소의 에너지를 갖게 되고, (c)의 그림과 같이 b 방향으로의 에너지 분포는 모든 영역이 골영역에 포함되므로 최대의 에너지를 갖게 된다. 또한 (d)의 그림과 같이 c 방향으로의 에너지 분포는 용선과 골의 영역을 포함하게 되므로, 에너지가 높은 부분은 흰색부분으로 골의 부분에 해당되고 에너지가 낮은 부분은 용선부분이 된다[1].

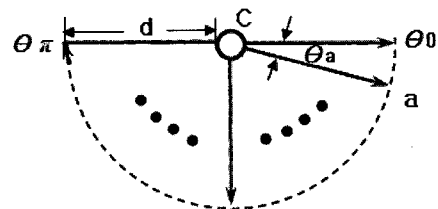


그림 6. 참조 기울기축 각도 설정

Fig. 6. Angle of reference axis

그림 4는 중심점에서 참조 기울기축을 설정하는 방법에 대한 설명으로 중심점 C에서  $\theta_0$ 를 기준으로 시계방향으로 돌면서 거리 d의 영역의 픽셀값을 측정하여 그 값이 최소가

되는 방향을 찾으면 그 방향이 용선이 흐르는 방향과 일치하게 되며 그 방향을 용선의 참조 기울기 축으로 설정한다.

그림 4에서 중심점 C에서 a로의 픽셀의 밝기는 P(n)으로 놓고 반지름의 길이를 d로 두었을 때 식(1)과 같은 공식이 성립된다.

$$\frac{1}{d} \sum_{n=0}^d P(n), \theta = \theta \quad (2)$$

픽셀의 모든 합은 반지름의 거리만큼 더한 다음에 다시 반지름으로 나누기 때문에 중심점 C에서 a로의 평균 픽셀의 밝기가 된다. 이러한 방법으로  $\theta$ 로부터  $\theta + \pi$ 까지  $1/2\pi$ 의 간격으로 구한 후 그 값이 최소가 되는 방향을 참조 기울기 축으로 설정하며 이는 용선이 흐르는 방향과 일치하게 되며 (그림 5)에서 보이는 것과 같이 나온다.



그림 7. 참조 기울기축 설정 예  
Fig. 7. Example of reference axis

### 3.3 군집화 수행

오리엔테이션에서 구한 용선의 전역적인 방향성분을 이용하여 같은 방향성분끼리 군집화를 수행한다. 오리엔테이션을 수행하면 용선의 전역적인 방향성분이 추출된다. 그림 8의 (a)는 입력된 지문영상이며, (b)는 입력 지문영상에서 오리엔테이션을 행하여 구한 지문의 방향성분을 표시한 영상이다. 블록의 크기는 평균 용선간의 거리의 2배 정도인  $16 \times 16$ 의 크기로 설정한다. (c)는 오리엔테이션을 수행한 영상에서 같은 방향성분들끼리 군집화를 수행한 영상이다. 군집화는 첫 번째 블록이 시작되는 (1,1) 값을 시드(seed)값으로 주위의 기울기의 값이  $+\frac{\pi}{8}$ 부터  $-\frac{\pi}{8}$ 까지의 범위안에 들면 같은 1차 군집으로 설정한다. 1차 군집안에 들지 않은 기울기들을 다시 1차 군집 다음의 처음 시작점을 시드값으로 2차 군집화를 설정하며, 같은 방식으로 n차까지 군집화를 수행한다. (d)는 군집화를 수행한 후 땀이나 이물질, 상처 등으로 인하여 4블록 이하의 크기를 갖는 군집들을 용선의 기울기는 특이점 부분을 제외하고는 급격히 변하지 않는다는 것을 이용하여 주위의 용선의 방향성분과 다른 영역이 존재하면 주위의 8블록의 방향성분과 비교하여 주위의 군집화 중 접한 면이 많은 군집에 포함시킨다.

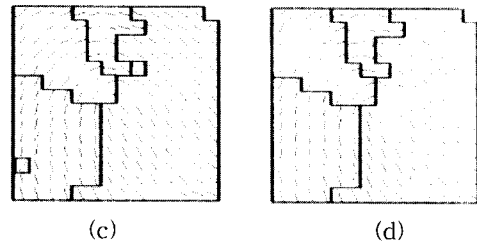
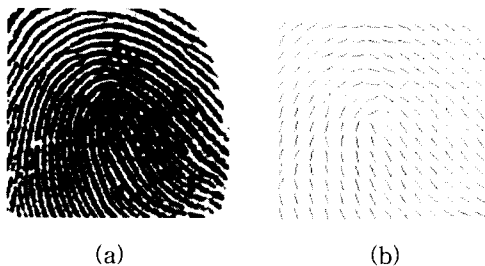


그림 8. 방향성분 군집화 과정

Fig. 8. Process of clustering of orientation of ridges

### 3.4 군집화별 정보획득

용선의 방향성분별 군집화를 이룬 다음 군집화 영역의 각각 중심점의 위치, 평균각도, 면적, 원형도 등의 정보를 획득한다.

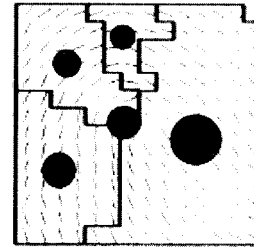


그림 9. 중심점과 군집화별 중심점

Fig. 9. center of fingerprint and center of clustering

군집화된 영역의 중심점은 물체의 중심점을 잡는 방법을 이용하여 중심점을 구하고, 면적 및 평균각도는 군집화된 영역별로 각각 구한다.

군집화별 중심점을  $C1(x,y), C2(x,y), C3(x,y), \dots, Cn(x,y)$ 으로 설정하고 지문의 중심점을  $Oc(x,y)$ 로, 참조 기울기축의 각도를  $\theta_c$ 로 설정한다. 군집화별 중심점과 면적 및 원형도는 다음과 같다.

$$\Delta(x), \Delta(y) = \sum_{i=0}^x \sum_{j=0}^x (\Delta(x) += j, \Delta(y) += i, \sum(n) +=) \quad (3)$$

(if i, j == Cn(i,j))

$$Cn(x,y) = (Cn(x), Cn(y)) \quad (4)$$

$$(Cn(x) = \Delta(x)/\text{Sum}(n), Cn(y) = \Delta(y)/\text{Sum}(n))$$

$$Cn(\text{Ratio}) = \frac{4\pi S_n}{(L n)^2} \quad (5)$$

여기서  $Cn(x,y)$ 는 n번째 군집화의 중심점이며 n번째 군집화의 면적은  $\text{Sum}(n)$ 이 되며  $Cn(\text{Ratio})$ 는 원형도이며,  $S_n$ 는 해당군집화의 면적,  $L_n$ 은 해당 군집화의 주위길이이다.

## 4. 용선의 방향성분 군집화 설계

지문 문양별로 중심점과 참조 기울기축과 군집화별 정보들을 이용하여 지문 분류를 수행한다. 그림 10은 용선의 방향성분 군집화를 이용한 지문분류 블록다이어그램을 나타낸다.

그림 11은 이와 같이 분류한 지문의 문양별 특성을 나타낸다.

알고리즘 1은 방향성분 균집화를 이용한 지문분류 알고리즘이다.

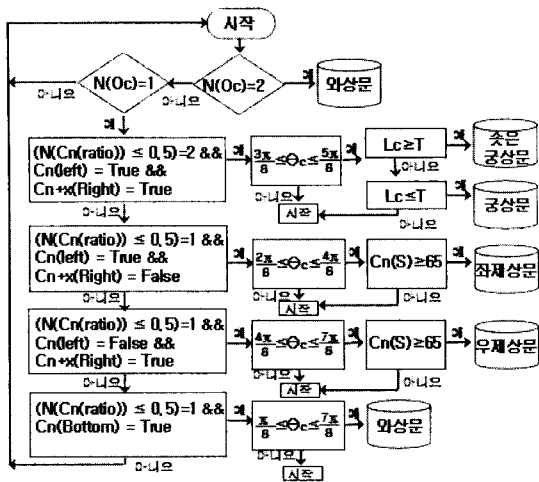


그림 10. 지문분류 블록다이어그램  
Fig. 10. Block Diagram for Determine the class of fingerprint

분류기준은 다음과 같다.

궁상문의 참조기울기 각도  $\theta_c$  는  $\frac{3\pi}{8}$  부터  $\frac{5\pi}{8}$  사이에 존재하며 원형도  $Cn(Ratio)$ 가 0.5이하  $Cn$ 이 중심점  $O_c$ 의 좌우 양옆에 2개 존재한다. 또한 궁상문과 좁은 궁상문의 차이는 참조기울기의 길이가 임계치  $T$ 이상이면 좁은 궁상문으로 분류하고 이하이면 궁상문으로 분류한다. 또한 좌재상문의 경우엔  $\theta_c$  는  $\frac{\pi}{8}$  부터  $\frac{\pi}{2}$  사이에 존재하며, 원형도  $Cn(Ratio)$ 가 0.5이하인  $Cn$ 이 좌측에 1개 존재하며 그 크기가 전체  $Cn$ 의 1/3이상을 차지하며, 우측부분에 여러개의  $Cn$ 이 나타나게 된다. 또한 우재상문의 경우엔  $\theta_c$  는  $\frac{\pi}{2}$  부터  $\frac{7\pi}{8}$  사이에 존재하며, 원형도  $Cn(Ratio)$ 가 0.5이하인  $Cn$ 이 우측에 1개 존재하며 그 크기가 전체  $Cn$ 의 1/3이상을 차지하며, 우측부분에 여러개의  $Cn$ 이 나타나게 된다. 또한 외상문의 경우엔 중심점  $O_c$ 가 두개 존재하거나, 중심점이 하나일 때  $\theta_c$  는  $\frac{\pi}{8}$  부터  $\frac{7\pi}{8}$  사이에 존재하며, 원형도가 0.5이하인  $Cn$ 이 하단에 존재하게 된다.

알고리즘 1. 균집화를 이용한 지문분류 알고리즘  
Algorithm 1. Algorithm for the fingerprint classification

```

if (Oc(x) >= 64 && Oc(x) <= 192) &&
(Oc(y) >= 64 && Oc(y) <= 192)
then Start
  if ( $\theta_c \geq \frac{3\pi}{8}$  and  $\theta_c \leq \frac{5\pi}{8}$ )
    if ((Number(Cn(ratio) <= 0.5) = 2) and
      (Cn <- Left and Cn+x <- Right))
      if (Lc >= T)
        then Tented Arch
      else if (Lc < T)
        then Arch
      else break
    if ( $\theta_c \geq \frac{2\pi}{8}$  and  $\theta_c \leq \frac{4\pi}{8}$ )
      if ((Number(Cn(ratio) <= 0.5) = 1) and
        (Cn <- Left) and Cn(S) >= 65)
        then Left loop
      if ( $\theta_c \geq \frac{4\pi}{8}$  and  $\theta_c \leq \frac{7\pi}{8}$ )
        if ((Number(Cn(ratio) <= 0.5) = 1) &&
          (Cn <- Right) and Cn(S) >= 65)
          then Right loop
    if Number(Oc) == 2
      then Whorl
    or if (Number(Oc) == 1 and
       $\theta_c \geq \frac{\pi}{8}$  and  $\theta_c \leq \frac{7\pi}{8}$ )
      if ((Number(Cn(ratio) <= 0.5) = 1) &&
        (Cn <- Down))
        then Whorl
  
```

### 5. 실험 및 평가

본 실험은 OO기업의 임직원 438명의 한 명당 열손가락의 지문을 입력받아 총 4,380개의 데이터베이스를 구축하였으며, 지문영상은 256x256 크기의 8Bit의 Gray 영상으로 이용하였다.

실험에 사용한 컴퓨터는 펜티엄 4 1.6GHz, 256MB 메모리, WindowsXP 환경이며, C++언어를 이용하여 구현하였다. 전체 지문영상 중 4%인 176개의 지문영상은 입력시 땀이나 이물질, 주름 등으로 인하여 품질이 너무 낮아 분류를 수행할 수 없었으며 내역을 분석하면 다음과 같다.

- 땀이 너무 많이 나와 분류가 불가능한 영상 95개 (그림 9)의 (a)
- 상처, 주름, 이물질 등으로 인하여 분류가 불가능한 영상 47개 (그림 9)의 (b)
- 중심점이 너무 치우쳐 입력되어 분류가 불가능한 영상 34개 (그림 9)의 (c)

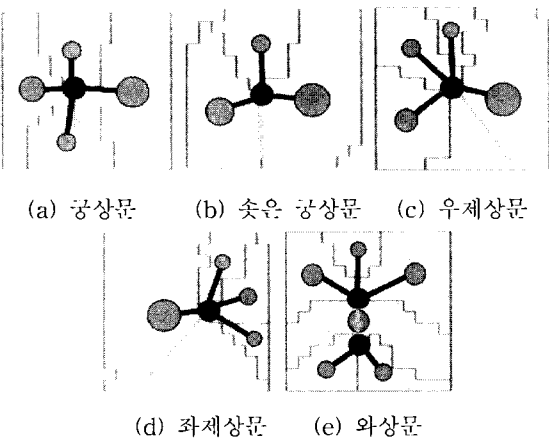


그림 11. 지문 문양별 특성  
Fig. 11. Characteristics of the class of the fingerprint

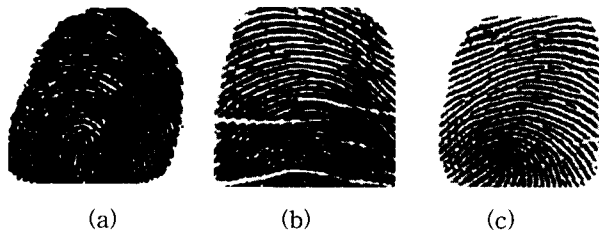


그림 12. 분류가 불가능한 지문 영상들  
Fig. 12. Bad fingerprint images

본 논문의 방향성분 군집화를 이용한 지문분류 실험 결과 분석은 표 2와 같다.

표 2. 분류 판정  
Table 2. Decision of the classification

분류판정	데이터개수	비율(%)
TRUE	3,914	93.1

표 2의 분류 판정에 따른 군집화를 이용한 지문분류의 상세 내용은 표 3과 같다.

표 3. 지문분류 결과  
Table 3. Result of the fingerprint classification

문양	실험 문양				
	공상문	숫은공상문	좌제상문	우제상문	와상문
공상문	78	23	8	7	5
숫은공상문	21	39	6	9	4
좌제상문	12	25	1,138	17	21
우제상문	15	21	10	863	8
와상문	23	6	30	15	1,795

지문분류를 적용한 지문 매칭 실험은 일반적으로 가장 많이 이용되는 특징점 매칭 알고리즘을 적용하였으며 적용방법은 데이터베이스의 수를 500명부터 500명단위로 증가시키면서 4000명까지 실행되는 시간의 측정을 통하여 수행하였으며 각각의 단계별 수행시간은 표 4와 같다.

표 4. 수행시간  
Table 4. Each process time

분류 전처리 (seconds)	분류 (seconds)	특징점 추출 (seconds)	특징점 매칭 (seconds)
1.7	0.01	0.5	0.1

본 논문의 군집화를 이용한 지문분류를 수행한 후 지문을 매칭할 때에는 인원수가 증가함에 따라서 속도가 더 빠르게 나타나는 것을 볼 수 있었으며, 4000개의 지문 데이터베이스에서는 최대 4배의 속도 향상이 나타나는 것을 관찰할 수 있었다.

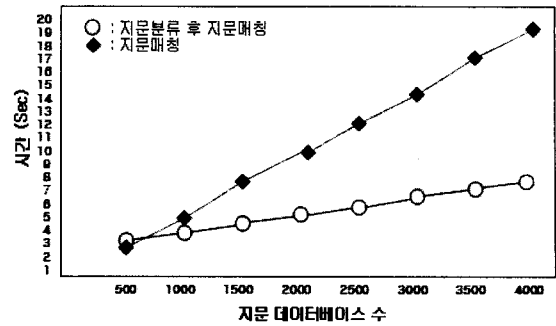


그림 13. 정합 속도 비교  
Fig. 13. Comparison of two methods

## 5. 결 론

본 논문은 자동화된 지문인식기의 작은 지문입력센서로 인하여 지문에서 획득할 수 있는 정보의 양이 적고, 이로 인해 기존의 전통적인 지문분류방법으로는 분류가 어려운 부분을 보완한 방법이다. 기존의 헨리식 분류체계에 의해 분류된 5개의 문양을 분류할 수 있는 방법과 지문인식 시스템의 속도를 향상시킬 수 있는 방법으로 군집화를 이용한 지문분류 알고리즘을 구현하였다. 본 연구에서는 중심점과 참조기울기를 구할 수 있으면 지문분류가 가능하였으며, 이를 이용한 결과는 이 연구의 실험결과에서 나타나듯이 지문분류의 정확도가 92.7%에 이르는 것을 볼 수 있었다.

향후, 보다 정확도가 높은 분류 알고리즘을 적용하기 위해서는 코호넨 네트워크(Kohonen Network)와 같은 신경망이론과의 결합을 통한 통계적 학습이론을 접목시킬 시 좀 더 우수한 성능 결과를 기대할 수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 박창희, 윤경배, 고창배 "용선 엔트로피 계측을 이용한 지문분류" 정보처리학회 논문지, 제 10-B 권 제 4 호, 2003.
- [2] 심현보, 박영배, "Gabor 필터를 이용한 효율적인 지문분류" 정보처리학회 논문지, 제9-B권, pp.29-34 2002.
- [3] 양지성, 김학일, "지문의 의사 특징점 제거 알고리즘 및 성능분석," 전자공학회논문지, 제37권, S편, 제5호, 2000.
- [4] A. K. Jain, Salil prabhakar, Ling Hong, "A Multichannel approach to fingerprint classification," IEEE transaction on pattern analysis and machine intelligence, Vol.21, No.4, 1999.
- [5] A. P. Fitz and R. T. Green, "fingerprint classification using hexagonal fast fourier transform," pattern recognition, Vol.29, No.10, pp. 1587-1597. 1996.
- [6] C. V. K Rao and K. Black, "type classification of fingerprint : a syntactic," IEEE trans, pattern analysis and machine intelligence, Vol.2, No3, pp.223-231, 1980.

- [7] K. Karu and A. K. Jain, "fingerprint classification," pattern recognition, Vol.29, No.3, pp.389-404, 1996.
- [8] Maio D, Maltoni D, "A Structural Approach to Fingerprint Classification," Proc. 13th ICPR, Vienna, 1996.
- [9] M. Kamijo, "classifying fingerprint images using neural network : deriving the classification state," proc, third int'l conf, neural network, 1996.
- [10] R. Cappelli, A. Lumini, D. Maio, D. Malton, "fingerprint classification by directional image partitioning," IEEE trans on pattern analysis machine intelligence, Vol.21, No.3, pp.389-404, 1996
- [11] U.S, FBI, " The science of fingerprints : classification and uses," U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 1984



**윤경배 (Kyung-bae Yoon)**

1986년 인하대학교 수학과 (이학사)  
 1994년 인하대학교 대학원  
 정보공학과 (공학석사)  
 1998년 서강대학교 경제대학원  
 정보기술경제학 (경제학석사)  
 2003년 인하대학교 대학원 전자계산공학과  
 (공학박사)

1986년~1987년 대우자동차(주) MIS 근무  
 1988년~1991년 LG-EDS(주) 기술연구소 근무  
 1992년~1997년 동부정보기술(주) 연구소 근무  
 1998년~현재 김포대학 컴퓨터계열 교수

관심분야 : 지식기반 데이터베이스, 데이터마이닝, CRM, 지문 및 음성 인식, 인공지능 등

Phone : 016-314-9280

E-mail : kbyoon@kimpo.ac.kr

저 자 소 개



**박창희 (Chang-hee Park)**

2000년 한양대학교 전자과 (공학사)  
 2003년~현재 연세대학교 공학대학원  
 전자공학 석사과정

관심분야 : 생체(지문, 홍채, 음성)인식, 데이터마이닝, 인공지능, 영상처리등

Phone : 018-287-6461

E-mail : chpark92@yonsei.ac.kr



**최준혁 (Jun-Hyeog Choi)**

1990년 경기대학교 전자계산학과  
 (이학사)

1995년 인하대학교 대학원  
 전자계산공학과 (공학석사)

2000년 인하대학교 대학원  
 전자계산공학과 (공학박사)

1997년 - 현재 김포대학 컴퓨터계열 교수

관심분야 : 정보검색, 데이터마이닝, 신경망, 유전자 알고리즘 등

Phone : 016-690-5451

E-mail : jhchoi@kimpo.ac.kr