

# 용선 기울기의 변화량을 이용한 앙상블 지문분류 시스템

## An Ensemble Fingerprint Classification System Using Changes of Gradient of Ridge

윤경배 · 박창희

Kyung-bae Yoon · Chang-hee Park

김포대학 컴퓨터계열, 연세대학교 컴퓨터공학과

### 요 약

본 논문은 전통적인 지문분류 모델인 헨리식 분류방법으로는 적용이 어려운 현대의 자동화된 지문인식 시스템에서 대용량 데이터베이스 운용시 정합속도를 향상시키기 위한 용선 기울기의 변화량을 이용한 앙상블 지문분류 알고리즘을 적용한다. 기존의 분류체계인 헨리분류체계는 중심점과 삼각점을 모두 획득하는 회전날인의 경우에 사용 가능한 분류방법이나 현대의 자동화된 지문인식 시스템에서는 입력센서의 크기 및 입력방법의 문제로 인하여, 헨리식 분류방법을 적용할 수 없다. 본 논문에서 제안하는 앙상블 지문분류 시스템 알고리즘은 용선 기울기의 변화량을 이용하여 삼각점을 획득하지 못한 영상에서도 기존의 헨리식 분류체계에 의해 분류된 5개의 문양을 분류할 수 있다. 이와 같은 방법으로 지문분류를 수행한 후 정합을 실행하면 정합 대상이 되는 데이터의 양이 줄어들게 되어 인식 시스템의 정합속도를 향상시킬 수 있다.

### Abstract

Henry System which is a traditional fingerprint classification model is difficult to apply to a modern Automatic Fingerprint Identification System (AFIS). To tackle this problem, this study is to apply algorithm for an An Ensemble Fingerprint Classification System using changes of gradient of ridge in order to improve precise joining speed of a large volume of database. The existing classification system, Henry System, is useful in a captured fingerprint image of core point and delta point using paper and ink. However, the Henry System is unapplicable in modern Automatic Fingerprint Identification System (AFIS) because of problems such as size of input sensor and way of input. This study is to suggest an Ensemble Fingerprint Classification System which can classify 5 basic patterns of Henry System in uncaptured delta image using changes of gradient of ridge. The proposed fingerprint classification technique will make an improvement of precise joining speed by reducing data volume.

**Key Words :** 생체인식(Biometrics), 지문인식(Fingerprint identification), 지문분류(Fingerprint classification), 특이점(Singular point), 특징점(Minutia)

### 1. 서 론

생체인식 기술은 모든 사람이 지니고 있는 보편성과 다른 사람과 구별할 수 있는 유일성, 시간과 환경에 따라 변하지 않는 영구성, 그리고 정량적으로 얻을 수 있는 획득성의 특징을 가져야 하며, 인간의 신체적 특징을 이용하여 식별하는 기술과 행동적인 습관을 이용하여 식별하는 기술로 분류한다 [1].

신체적 특징을 이용하는 방법은 지문, 얼굴, 홍채, 망막, 손모양, 장문, 정맥, 귀모양, DNA 등이 있으며, 행동적인 습관을 이용하는 방법은 음성, 서명, 걸음걸이, 타이핑 등이 있다. 이러한 생체인식을 이용하는 방법으로는 “내가 내가 맞는가?” 라는 명제의 1 : 1 인증방법과, “내가 누구인가?” 라는 명제의 1 : N 인식방법으로 구분된다[2].

지문을 기반으로 하는 생체식별 시스템은 자동 지문검증 시

스템(AFAS : Automatic Fingerprint Authentication System)과 자동 지문인식 시스템(AFIS : Automatic Fingerprint Identification System)으로 구분된다. 자동 지문 검증 시스템은 신분을 확인해 줄 수 있는 아이디나 비밀번호, 키 등에 해당하는 데이터베이스내의 등록자 지문정보와 입력된 지문의 정보를 비교 판단하여 검증해 주는 시스템으로 1:1 형태의 비교가 이루어진다. 자동 지문 인식 시스템은 사용자의 지문을 입력받아 이를 데이터베이스에 등록된 사람들 중에 찾는 것으로 1 : N형태의 비교가 이루어진다[3]. 그 중 1:N 인식방법의 경우엔 데이터베이스가 대용량일 때 비교하는 방식에 따라 속도 차이가 많이 난다. 따라서 1:1 인증방법과는 다른 선처리 기법이 필요하며, 이의 해결방법으로는 데이터베이스를 분류하여 처리하는 방법이 존재한다.

지문 데이터베이스를 분류하여 처리하는 기본적인 방법으로는 19세기 중반 인도의 벵골 지방의 공무원이었다가 런던의 경시총감이 된 에드워드 헨리(Edward Henry)가 정리한 그림 1과 같은 헨리 시스템(Henry System)이 존재한다[12].

접수일자 : 2003년 3월 27일  
완료일자 : 2003년 8월 28일

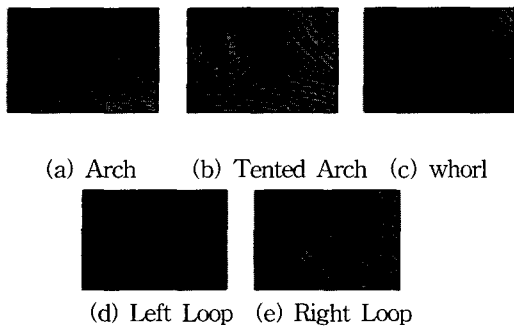


그림 1. 헨리시스템의 기본적인 5가지 지문 문양  
Fig. 1. Basic 5 patterns of henry system

본 논문에서는 융선 기울기의 변화량을 이용하여 삼각점을 획득하지 못한 영상에서도 기존의 헨리식 분류방법에 의해 분류된 5개의 문양을 분류할 수 있는 방법과 이를 이용한 지문인식 시스템의 속도 향상 방법을 연구한다.

## 2. 관련 연구

지문이 갖고 있는 정보는 크게 특이점(Singular Point)과 특징점(Minutia)으로 구분할 수 있다. 특이점은 그림 2의 (a)와 같이 중심점과 삼각점으로 이루어져 있으며, 특징점은 그림 (b)와 (c) 같이 단점, 분기점으로 이루어져 있다 [6][7][9].

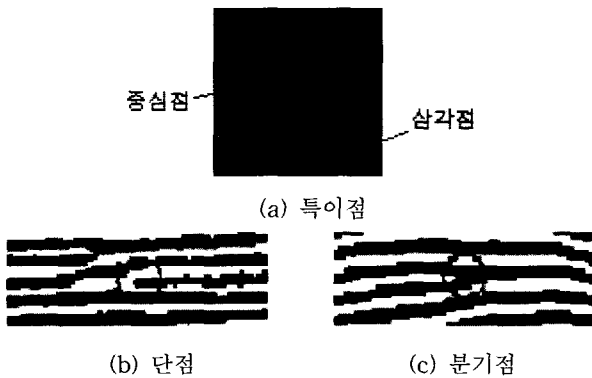


그림 2 지문의 특이점(a) 및 특징점(b)(c)  
Fig. 2. Singular point(a) and minutia(b)(c)

표 1은 헨리식 분류방법에 관한 것으로, 중심점과 삼각점의 개수 및 위치관계를 이용하여 분류한다. 이는 지문인식 시스템에서 대용량 데이터베이스에서의 검색 시간 단축 등을 목적으로 사용되고 있으며, 우리나라 경찰청에서도 궁상문, 제상문, 와상문의 3가지 문양으로 크게 나누며, 다시 궁상문을 1종류로, 제상문을 다시 5종류로, 와상문을 다시 3종류로, 지문을 채취할 수 없는 것을 1종류로 구분하여 총 10종류로 분류하여 각각의 지문에 0부터 9까지의 지문번호를 부여하는 체계를 사용하고 있다.

표 1. 문양별 중심점 및 삼각점

Table 1. Classification fingerprint using core point and delta point

문양	중심점 개수	삼각점 개수 및 위치
궁상문	0	0(없음)
숫은궁상문	1	1(중심)
좌제상문	1	1(우측)
우제상문	1	1(좌측)
와상문	2	2(양쪽)

일반적인 자동 지문분류 방법은 그림 3과 같다. 지문영상이 입력되면 노이즈 제거와 영역별 방향을 추출하는 전처리 과정을 거친 다음 중심점과 삼각점을 추출한 후 표 1에서 도식한 바와 같이 중심점과 삼각점의 개수와 위치 등을 이용하여 분류한다[10].

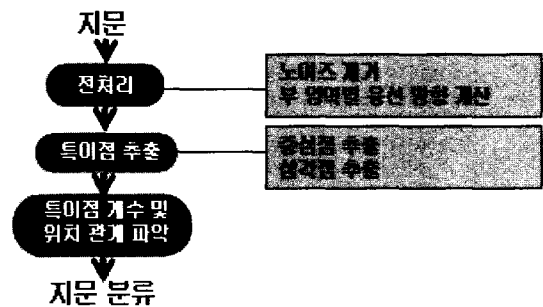


그림 3. 일반적인 지문분류 프로세스  
Fig. 3. Normal process of fingerprint classification

또한 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 2는 이러한 여러 지문 분류 방법을 나열하고 있다.

표 2. 여러 지문 분류 방법  
Table 2. methods of the fingerprint classification

No	제안자	특징
1	Kamijo[11]	- Neural Network 접근방법 - 피라미드 구조, 다중 인지 방식
2	Jain, Hong, Prabhakar [4]	- Gabor filter-Based 접근방법 - 분류색터내의 융선 구조에서 얻는 Gabor특징이용 지문분류
3	Jain, Karu[10]	- Model-Based 접근방법 - 중심점과 삼각점이용 - NIST 데이터베이스를 이용 실험 - 기존에 가장 많이 사용방법
4	Fitz[5]	- Frequency-Based 접근방법 - 지문의 주파수 스펙트럼 사용
5	C.V.K.Rao [8]	- Syntactic 접근방법 - 지문분류를 위해 문법의 형식 사용 - 특이점의 형태들을 터미널 상징과 연장선의 규칙들로 묘사

그러나 기존의 지문분류 방식은 중심점과 삼각점을 모두 획득할 수 있는 회전 날인된 지문영상을 이용할 때 적합한 방식이다. 이는 자동화된 지문인식 시스템에 사용되는 실시간 지문입력 센서로는 적용이 어렵다는 문제점이 존재한다. 따라서 본 논문에서는 삼각점을 획득하지 못하는 지문영상에서도 기존의 헨리식 분류법에 의한 문양별 분류를 할 수 있는 방법으로 용선의 변화량의 기울기를 이용한 앙상블 지문분류 시스템(An Ensemble Fingerprint Classification System)을 제안한다.

### 3. 앙상블 지문분류 시스템

기존의 헨리식 분류법에 기초한 지문분류 방식은 그림 4와 같이 손가락에 잉크를 묻혀 지문용지에 회전하면서 날인하는 방식으로 획득한 지문영상에 적합한 방식이다. 회전날인으로 지문영상을 획득할 경우엔 중심점과 삼각점 등 특이점의 획득이 용이하기 때문에 헨리식 분류법으로 지문을 분류할 수 있다.

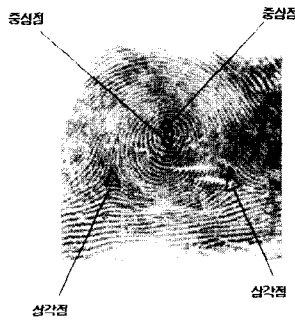


그림 4. 회전날인으로 획득한 지문영상 및 특이점  
Fig. 4. Captured fingerprint image and minutia using paper and ink

그러나 자동화된 지문인식기에 사용되는 지문 입력 센서의 크기는 경제성 및 응용성, 인식 알고리즘의 진보 등으로 인하여 점점 크기가 작아지는 추세이다. 그림 5은 미국의 Authentec사의 지문인식용 반도체식 입력센서로써 동전위의 센서가 최신 센서이다.

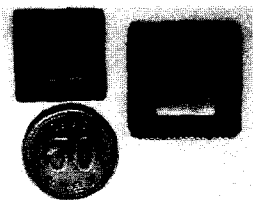


그림 5. 자동화된 지문인식기에 사용되는 반도체식 센서  
Fig. 5. Semiconductor fingerprint capture sensor

따라서 이러한 지문 입력센서에는 회전날인으로 지문영상을 획득할 수 없기 때문에 평면날인으로 지문영상을 획득하게 된다. 그림 6은 평면날인으로 지문영상을 획득한 것이다. 그림 4와 같은 지문이지만 특이점 중 삼각점 부분을 획득하지 못하는 것을 볼 수 있다.



그림 6. 반도체식 센서로 획득한 지문영상과 특이점  
Fig. 6. Captured fingerprint image and minutia using semiconductor sensor

본 논문에서는 삼각점을 획득하지 못한 지문의 중심점에서 엔트로피 값이 최소가 되는 방향으로 용선의 기울기의 변화량을 측정하여 기존의 헨리식 분류체계에 의해 분류된 5개의 문양을 분류할 수 있는 방법과 이를 이용하여 지문인식 시스템의 속도를 향상시킬 수 있는 앙상블 지문분류 시스템을 구현한다.

그림 7은 본 논문에서 제안하는 용선 기울기의 변화량을 이용한 앙상블 지문분류 프로세스를 나타낸다.

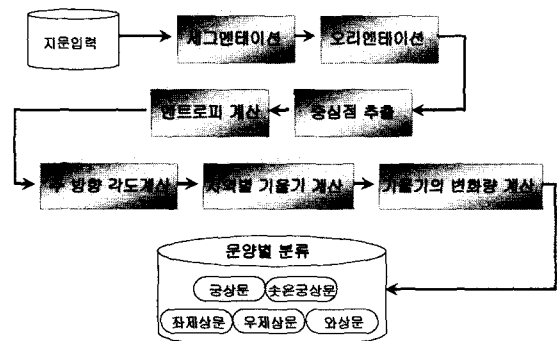


그림 7. 앙상블 지문분류 프로세스  
Fig. 7. Ensemble process of fingerprint classification

지문영상이 입력되면 우선 지문영상과 배경 영상을 분리하는 세그멘테이션 과정을 수행하여 순수 지문영상만을 이용할 수 있게 만든다. 그리고 지문영상의 전역적인 방향 성분을 추출하는 오리엔테이션 과정을 수행한다. 오리엔테이션 과정을 마치면 푸앵카레(Poincare) 공식을 이용하여 중심점을 추출한다[5][6][9]. 중심점을 추출하면 중심점을 기점으로 일정 영역의 엔트로피를 계산하여 최소가 되는 방향을 중심점에서 용선의 주 방향으로 설정한다. 주 방향이 설정되면 그 방향을 따라 대칭적으로 일정거리의 지역들을 설정하여 그 곳의 기울기를 계산한다. 그리고 기울기들이 계산되면 기울기들의 변화량을 측정하여 공상문, 숫자공상문, 좌재상문, 우재상문, 와상문 등의 문양별 분류를 수행한다.

그림 8은 중심점에서 최소의 엔트로피 값을 찾아서 용선이 흐르는 주된 방향을 설정하는 설명도이다. 중심점에서 일정 영역의 엔트로피 값을 측정하여 그 값이 최소가 되는 방향을 찾으면 그 방향이 용선이 흐르는 방향과 일치하게 된다.

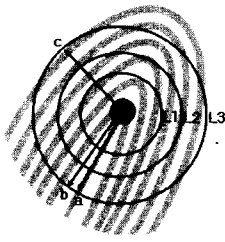


그림 8. 중심점에서 최소의 엔트로피를 찾는 예시도  
Fig. 8. Least entropy from center point

그림 8에서 지문의 영상에너지는 검게 보이는 용선부분의 값을 0으로, 회색 보이는 골의 값을 255로 설정하면 용선에 포함된 a방향으로의 에너지의 합은 반지름 L1, L2, L3을 따라서 0으로 나오고, 골에 포함된 b방향으로의 에너지의 합은 반지름 L1, L2, L3을 따라서 255\*L1, 255\*L2, 255\*L3가 나오며, 용선과 골이 교차하는 c로의 방향으로는 255\*(L1-용선영역), 255\*(L2-용선영역), 255\*(L3-용선영역)으로 나오게 된다. 따라서 용선의 에너지를 P(n)으로 놓고 반지름의 길이를 L로 두며, 중심점에서 모든 방향으로의 용선의 에너지의 평균값을 구하는 것을 일반화하면 식(1)과 같은 공식이 성립된다.

$$\frac{1}{L} \sum_{n=0}^L P(n) \quad (1)$$

식(1)의 값이 최소가 되는 방향을 설정하면 그 방향이 중심점에서 용선이 흐르는 방향과 일치하게 된다.

그림 9는 중심점에서 엔트로피의 최소값 방향을 설정한 이후 그 방향을 따라 수직의 방향으로 좌우대칭으로 일정거리 떨어진 곳에서의 지역방향성분을 다시 계산하여 변화량의 기울기를 설정하는 방법을 설명하는 그림이다. 이때 블록의 크기는 용선간의 평균거리의 2배수가 되는 크기로 잡으며, 블록의 방향성분을 구하여 블록의 중심에서의 방향성분으로 결정한다.

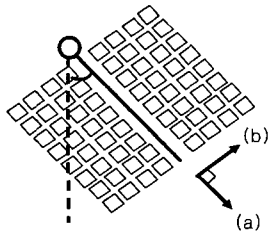


그림 9. 주 방향 각도 및 지역별 기울기 계산  
Fig. 9. Angle of main direction and local gradient

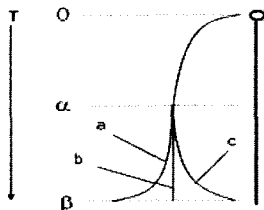


그림 10. 문양별 용선 패턴  
Fig. 10. Patterns of ridge of fingerprint

그림 10은 지역별 기울기 계산을 종료한 후 일반화한 문양별 용선의 패턴을 나타낸다. 분류기준은 이때, a와 beta사이의 기울기의 변화량을 측정하여 궁상문(a), 제상문(b), 와상문(c)으로 분류하게 된다.

문양별 공통적인 기울기의 변화량은 식(2)와 같이 나타낼 수 있다. 이는 0부터 alpha까지의 기울기의 변화량을 나타낸다.

$$\delta = \frac{\pi}{2\alpha} T \quad (0 \leq T \leq \alpha) \quad (2)$$

이후 기울기의 변화량이 궁상문일 경우엔 식(3)과 같이, 제상문의 경우엔 식(4)와 같이, 와상문일 경우엔 식(5)와 같이 나오게 된다.

$$\delta = -\frac{\pi}{2(\beta-\alpha)} T \quad (\alpha < T \leq \beta) \quad (3)$$

$$\delta = \frac{\pi}{2} \quad (\alpha < T \leq \beta) \quad (4)$$

$$\delta = \frac{\pi}{2(\beta-\alpha)} T \quad (\alpha < T \leq \beta) \quad (5)$$

위식에서 T는 중심점을 시작으로 중심축을 따라 이동하는 거리를 나타내며, 또한 delta는 기울기를 나타내는 1차함수이다. alpha는 문양별 비슷한 기울기를 나타내는 거리이며, beta는 문양별 다른 기울기를 나타내는 거리이다. 이들을 미분하면 공통영역은 식(6)과 같으며, 궁상문일 경우엔 식(7)과 같이, 제상문일 경우엔 식(8)과 같이, 와상문일 경우는 식(9)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{d\delta}{dT} = \frac{\pi}{2\alpha} \quad (0 \leq T \leq \alpha) \quad (6)$$

$$\frac{d\delta}{dT} = -\frac{\pi}{2(\beta-\alpha)} \quad (\alpha < T \leq \beta) \quad (7)$$

$$\frac{d\delta}{dT} = 0 \quad (\alpha < T \leq \beta) \quad (8)$$

$$\frac{d\delta}{dT} = \frac{\pi}{2(\beta-\alpha)} \quad (\alpha < T \leq \beta) \quad (9)$$

따라서 입력되는 지문영상의 용선의 기울기의 변화량을 구하여 (7), (8), (9)의 식과 비교하여 (7)식에 가까우면 궁상문, (8)식에 가까우면 제상문, (9)식에 가까우면 와상문으로 판단한다. 또한 제상문으로 판정되는 지문은 그림 10과 같이 주 방향 각도를 계산할 때 구한 각도를 이용하여 좌제상문인지 우제상문인지를 판정하며, 궁상문은 T의 거리의 값이 임계치 이하일 경우엔 궁상문으로, 임계치 이상일 때에는 솟은 궁상문으로 분류를 한다.

#### 4. 양상불 지문분류 시스템 설계

용선의 기울기의 변화량을 이용한 양상불 지문분류 시스템은 지문인식 시스템에서 대응량의 지문 데이터베이스를 운용할 때 정합 대상이 되는 지문의 대상을 한정하여 시스템의

속도를 향상시키는데 그 목적이 있다. 기존의 전통적인 헨리식 분류방법은 중심점과 삼각점이라는 특이점을 모두 획득하여야만 분류가 가능하나 본 논문은 중심점 정보를 획득하면 지문분류가 가능한 시스템이다.

그림 11은 본 논문에서 설계한 용선 기울기의 변화량을 이용한 앙상블 지문분류 시스템의 지문의 문양을 결정하는 단계에 대한 블록 다이어그램을 나타낸다.

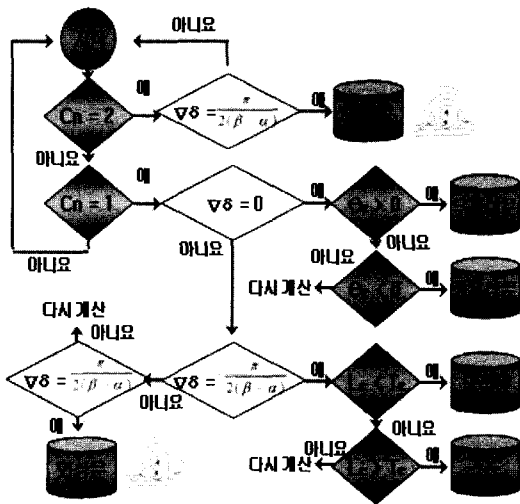


그림 11. 지문 문양 결정 블록 다이어그램  
Fig. 11. Diagram for determine the class of fingerprint

알고리즘 1. 앙상블 지문분류 알고리즘  
Algorithm 1. Algorithm for ensemble fingerprint classification

**Step 1 ; Preprocessing**  
 1-1. Reduce Noise  
 /\* 영상잡음 제거 \*/  
 1-2. Segmentation  
 /\* 배경과 지문영상 분리 \*/  
 1-3. Orientation  
 /\* 용선의 방향성 추출 \*/

**Step 2 ; Detect Singular Point and Least Entropy**  
 2-1. Using poincare equation detect center point  
 /\* 푸앵카레 공식이용 중심점 추출 \*/  
 2-2. Calculate entropy from center point  
 /\* 중심점에서 엔트로피 계산 \*/  
 2-3. Calculate angle of least entropy from center  $\theta_c$   
 /\* 중심점에서 최소 엔트로피 방향 계산 \*/

**Step 3 ; Determine the Class of Fingerprint**  
 3-1. Detect number of center point ( $C_n$ )  
 /\* 중심점 개수 추출( $C_n$ ) \*/  
 3-2. Determine gradient of ridge ( $\nabla\delta$ )  
 /\* 용선의 기울기( $\nabla\delta$ ) 결정 \*/  
 3-3. Determine angle of center axis ( $\theta_c$ )  
 /\* 중심축의 각도( $\theta_c$ ) 결정 \*/  
 3-4. Determine length of center axis ( $L_c$ ) and compare with Threshold ( $T_c$ )  
 /\* 중심축( $L_c$ )의 길이 결정 및 임계값( $T_c$ )과 비교 \*/  
 3-5. Determine the class of fingerprint  
 /\* 지문 분류 결정 \*/

우선, 중심점의 개수를 확인하여 중심점의 개수( $C_n$ )가 2이면 중심점에서 중심축으로 설정한 방향을 따라 기울기의 변화량( $\nabla\delta$ )을 측정, 확인하여 외상문의 조건에 들면 외상문으로 분류를 수행하고, 아니면 다시 지문을 입력받는다. 중심점의 개수( $C_n$ )가 하나일 경우엔 기울기의 변화량( $\nabla\delta$ )을 측정하여 제상문의 조건에 들면 다시 중심축의 각도( $\theta_c$ )를 측정하여  $0^\circ$  보다 크면 우제상문으로,  $0^\circ$  보다 작으면 좌제상문으로 분류한다. 또한 기울기의 변화량( $\nabla\delta$ )이 공상문의 조건을 만족하면서 중심점에서 거리( $L_c$ )가 임계치로 설정한 거리( $T_c$ )보다 작으면 공상문, 크면 솟은공상문으로 분류하고, 중심점이 하나이나 기울기의 변화량( $\nabla\delta$ )이 외상문의 조건에 들면 외상문으로 분류한다. 이는 중심점의 사이가 넓어서 작은 지문센서로 입력시 아래 중심점을 획득하지 못할 경우가 있기 때문이다.

알고리즘 1은 본 논문의 용선 기울기의 변화량을 이용한 앙상블 지문분류 시스템의 전체 알고리즘이다.

### 5. 실험 및 평가

본 논문의 실험에서 사용한 데이터는 미국의 Authentec사의 반도체 방식 지문입력센서를 이용하여 ○○대학의 대학생 364명의 지문을 입력받아 실험 데이터로 이용하였다. 한 명당 열손가락의 지문을 입력받아 총 3,640개의 데이터베이스를 구축하였으며, 지문영상은 256×256 크기의 8Bit의 Gray 영상을 입력받아 이용하였다. 또한 알고리즘은 인텔사의 Pentium 1.6GHz Desktop을 이용하여 구현하였으며, 256MByte의 메모리를 이용하였다.

전체 지문영상 중 3%인 109개의 지문영상은 입력시 땀이나 이물질 등으로 인하여 용선이 눈으로 봐도 거의 보이지 않을 정도로 품질이 너무 낮아서 분류를 수행할 수 없었으며, 97%인 3,531개의 지문영상이 눈으로 분류한 5개의 문양별 분류와 일치하는 결과는 평균 91.3%로 나타났다.

본 논문의 용선 기울기의 변화량을 이용한 앙상블 지문분류 결과는 표 3과 같다.

표 3. 지문분류 결과  
Table 3. Result of fingerprint

Test \ True	공상문	솟은 공상문	좌제상문	우제상문	외상문
공상문	63	4	2	1	1
솟은 공상문	2	27	1	2	1
좌제상문	31	25	936	15	19
우제상문	15	21	9	684	5
외상문	24	3	31	14	1,544

표 4는 지문문양별 분류의 정확도를 나타낸다.

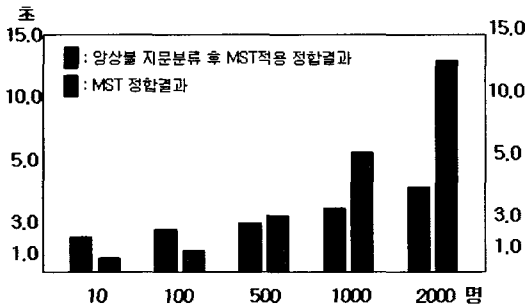
표 4. 지문분류 판정  
Table 4. Result of true percent

	공상문	솟은 공상문	좌제상문	우제상문	외상문
True	88.7%	81.8%	91.2%	93.1%	95.5%

지문분류를 위한 지문 정합 실험은 정합 알고리즘으로 MST(Minimum Spanning Tree) 알고리즘을 적용하였으며 적용방법은 데이터베이스의 수를 10, 100, 500, 1,000, 2,000, 3,000명의 수로 단계적으로 증가하여 실행되는 시간의 측정 을 통하여 수행하였다[3].

본 논문의 이상불 지문분류 알고리즘을 적용하여 지문을 정합할 때에는 그림 12에서와 같이 인원수가 500명 이하일 때에는 정합 속도가 약 25.4 % 더 걸리는 것을 볼 수 있었으나, 1,000명 이상부터는 속도가 더 빠르게 나타나는 것을 볼 수 있었으며, 이상불 지문분류과정이 없는 정합방법은 시간이 데이터의 양에 정 비례적으로 증가하는 것을 관찰할 수 있었으나, 이상불 지문분류과정이 추가된 정합방법에서는 정합시간이 평균 80% 단축되는 것을 관찰할 수 있었다.

그림 12. 정합 결과 비교  
Fig 12. Comparison matching result



## 6. 결론

본 논문에서는 기존의 헨리식 분류체계에 의해 분류된 5개의 문양을 분류할 수 있는 방법과 지문인식 시스템의 속도를 향상시킬 수 있는 방법으로 용선의 기울기의 변화량을 이용한 이상불 지문분류 알고리즘을 구현하였다. 이 방법은 자동화된 지문인식기의 작은 지문입력센서로 인하여 기존의 전통적인 분류방법으로는 분류가 어려운 부분을 보완한 방법이다. 기존의 헨리식 분류방법을 이용하기 위해서는 종이에 지문을 회전날인으로 획득한 영상을 스캐너 등의 입력장비를 이용하여 입력하는 방법밖에 없었으나, 본 연구에서는 현대의 자동지문인식시스템에 사용되는 작은 입력센서를 입력방법으로 사용하여도 지문분류가 가능하였으며, 이를 이용한 결과는 이 연구의 실험결과에서 나타나듯이 지문분류를 선처리한 후 정합을 수행하면 최대 80%의 속도가 증가되는 것을 볼 수 있었다.

향후, 보다 빠르고 정확도가 높은 분류 알고리즘을 적용하기 위해서 신경망이론과의 결합을 통한 통계적 학습이론을 접목시킬 시 좀 더 우수한 성능 결과를 기대할 수 있다.

## 참고 문헌

[1] 김현, 김학일, "RSTI 불변 지문인식 알고리즘," 전자공학학회지, 제 35권, S편, 제 6호, pp. 828-850, 1998.  
[2] 양지성, 김학일, "지문의 의사 특징점 제거 알고리즘

및 성능분석," 전자공학학회논문지, 제37권, S편, 제5호, 2000.

[3] 한국 과학기술원 시스템 공학센터, "지문을 이용한 Security system의 개발에 관한 연구," 1987.  
[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] B. G. Shelock and D. M. Monro, "A model for interpreting fingerprint topology," pattern recognition, Vol.26, No.7, pp.1047-1055, 1993.  
[7] B. M. Mehtre et. al., "Segmentation of fingerprint images using the directional image," Pattern Recognition, Vol. 7, pp.429-435, 1987.  
[8] 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.  
[9] G. T. Candela, P. J. Grother, C. I. Watson, R. A. Wilkinson, and C. L. Wilson, "PCASYS-A pattern-level classification automation system for fingerprints," technical report NISTIR 5647, Apr. 1995  
[10] K. Karu and A. K. Jain, "fingerprint classification," pattern recognition, Vol.29, No.3, pp.389-404, 1996.  
[11] M. Kamijo, "classifying fingerprint images using neural network : deriving the classification state," proc, third int'l conf, neural network, 1996.  
[12] Yonsei University, [http://cherup.yonsei.ac.kr/leftmenu/news/biometricstudy/biometricstudy\\_2\\_1.htm](http://cherup.yonsei.ac.kr/leftmenu/news/biometricstudy/biometricstudy_2_1.htm), 2003.

## 저 자 소 개



윤 경 배 (Kyung-bae Yoon)

1986년 : 인하대학교 수학과 (이학사)

1994년 : 인하대학교 대학원

정보공학과 (공학석사)

1998년 : 서강대학교 경제대학원

정보기술경제학 (경제학석사)

2003년 : 인하대학교 대학원 전자계산공학

과 (공학박사)

1986년~1987년 : 대우자동차(주) MIS 근무

1988년~1991년 : LG-EDS(주) 기술연구소 근무

1992년~1997년 : 동부정보기술(주) 연구소 근무

1998년~현재 : 김포대학 컴퓨터계열 조교수

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

Phone : 016-314-9280

E-mail : kbyoon@kimpo.ac.kr



**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@bcline.com](mailto:chpark92@bcline.com)