

Slit-Sum 방법을 응용한 지문인식 전처리 기술 연구

A Study on Preprocessing Technique for Fingerprint Recognition using Applied Slit-Sum Method

임철수
서경대학교 컴퓨터공학과 교수

Cheol-Su Lim
Professor, Dept. of Computer Engineering, Seokyeong University

조성원
홍익대학교 전자·전기공학부 교수

Seong-Won Cho
Professor, Dept. of Electrical Engineering, Hongik University

중심어 : *Fingerprint Recognition, Adaptive Binary processing, Slit-Sum Method*

요약

본 논문은 지문 영상의 전처리중 이진화 수행과정에서 지문 영상의 국부적 밝기 차이에 따른 가장 큰 애로점인 임계치(threshold value) 설정을 대상 지문 영역의 밝기 등에 스스로 적응할 수 있도록 Slit Sum 방법을 응용한 적을 이진화를 수행하였다. 기존의 방법과 비교하여 본 연구에서 제시한 개선된 전처리 방법은 보다 높은 인식 정확도를 제공하며, 이에 따라 실험 결과에서 보는 바와 같이, 지문 인식을 위한 특징점 추출 알고리즘에 적용될 수 있다.

Abstract

This paper suggests the adaptive binary method which applies advanced slit sum technique, so that threshold value can be changed heuristically according to the brightness of captured fingerprint image. Through this research, we tried to resolve threshold value setting issue by the local differences of brightness of fingerprint image in the binary image preprocessing. The experimental results show that our proposed preprocessing method demonstrates the better recognition accuracy and can be applied to minutiae extraction algorithm for fingerprint recognition system.

1. 서론

오늘날과 같이 생체인식 기술이 중요시 되는 정보사회에 있어서는 각 개인이 갖는 보안 정보에 대한 중요성이 날로 커지고 있다. 이에 따라 개인 인증 방식으로 열쇠나 비밀번호, 카드 등이 아직도 널리 쓰이고 있으나, 사람의 망각과 분실 등으로 인한 신뢰성, 안전도, 그리고 편리성 측면에서 많은 문제점을 내포하고 있다. 이에 따른 대안으로 등장하게된 개인 인증 방식이 신체 특징을 이용한 보안 시스템 (Biometric Security System: BSS) 이다. BSS는 생체 계측학(Biometrics)을 기반으로 하여 신체의 특징을 이용한 개인 확인 및 인증 시스템을 말하는 것으로써 개인의 물리적 특성인 지문(Fingerprint), 장문(Palmprint), 손 모양(Hand Geometry), 망막(Retina), 홍채(Iris), 정맥(Vein) 등이 있고, 행동적 특성으로 서명(Signature), 음성(Voice) 등이 있다. 그 중에서도 지문인식 기술은 정확도, 수행 속도, 구

현 비용 등의 측면에서 가장 경제적인 수단으로 평가 받고 있다. 또한 이 기술은 출입문 제어, 현금 자동지급기(ATM), 범죄 수사 및 전자상거래(e-Business)에 이르기까지 다양한 응용분야로 확산되고 있는 상황이다[1],[2].

본 연구의 대상이 되는 지문 인식 시스템의 세부적인 처리 단계는 그림 1과 같다. 지문 영상 획득후 여러 단계의 전처리 과정을 거친 다음, 특징점 추출후 기존의 데이터베이스에 저장된 지문 영상(Template)과 매칭 여부를 비교한 후 인증 여부를 판단하게 된다.

지문인식에서 이진화는 지문영상에 따른 영상의 배경분리 후 지문영역만을 가지고 수행한다. 그러나, 지문의 특성상 블록 이진화 기법을 이용한 기존의 동적 이진화 기법은 지문인식장치에 있어서 다음과 같은 문제가 발생하게 된다. 첫째, 입력 영상이 일정하지 않다는 점이다. 둘째, 지문 센서의 입력시 압착날인과 같은 경우 융선이 눌린 부분

을 처리할 수 없다. 셋째, 지문인식 센서에 따라 영상안에서 명도값이 불규칙하여 일반적인 이진화시 지문영상의 손상을 가져온다.

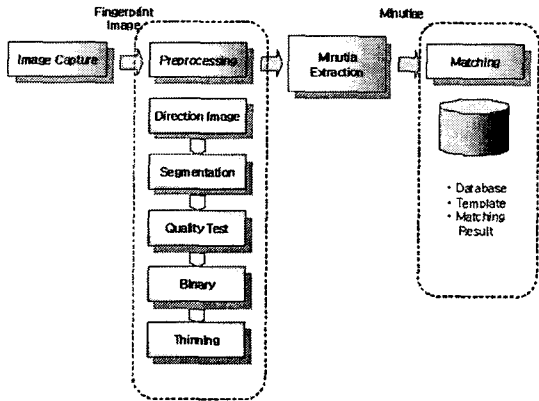


그림 1. 지문 인식 시스템 구성도

따라서, 본 연구에서는 하드웨어의 노후화, 제작시 오차, 좋지 않은 환경에서의 사용, 네트워크상의 지문 영상 입력 기간의 차이, 부분 영역간의 밝기 차이 등으로 발생하는 오류를 최소화하기 위하여 이진화 수행과정에서 가장 문제가 되는 임계치(Threshold value) 설정을 지문의 대상영역 밝기 등에 적응하여 스스로 변화도록 할 수 있게 Slit Sum 방법을 응용한 적응 이진화를 하여 기존의 동적 이진화 방법과 비교 실험 하였다.

II. 방향성 추출 및 배경 분리

지문 용선의 방향 정보를 추출하기 위해 소벨(sobel) 연산자를 이용한 방향성 추출 방법을 사용하는데, 이는 소벨 연산자의 미분 연산은 잡음을 두드러지게하여 영상의 차이와 평활화(equalization) 효과를 같이 제공한다는 장점이 있다 [3][4].

먼저 소벨 연산자를 이용하여 구한 방향값을 8방향 (22.5°) 으로 나누어, 각 영역별 방향값으로 구성하게 된다. 소벨 연산의 크기는 균일한 영역을 분리하는데 처리시간이 적게 걸리는 반면, 잡음 영상이나 방향성을 가지고 있지 않은 영역에서는 잘 동작하지 않는다. 따라서, 소벨 연산의 크기를 사용하고 방향성에 의한 방법으로 수행하고[5], 벡터 길이를 사용하여 지문 영상을 분할한다. 이러한 처리 방법

은 소벨 연산 한번으로 방향성 및 전경 배경을 동시에 수행하기 때문에 처리 속도가 빠르고 안정적이다.

방향 정보를 추출하기 위해 4 X 4 부영역으로 나눈후, 소벨 연산에 의한 x, y 축 구배도를 이용하여, 각 화소에서 식 (1)과 같이 부영역내 용선의 방향 정보를 추출한다 [2][6].

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

여기서 $G_x(i, y)$, $G_y(i, y)$ 는 소벨 연산한 값이며, θ_d 는 부영역의 방향정보이다.

다음으로는 잡음으로 인한 잘못된 방향정보를 제거하기 위해 평활화 과정을 거친다. θ_d 값에 두배를 하여 x, y 성분으로 분리한 후, 식 (2), (3) 저주파 통과 필터(Low Pass Filter :LPF)를 이용하여 잡음을 제거한다.

$$\phi_x(x, y) = \frac{1}{w^2} \sum_{i=x-w/2}^{x+w/2} \sum_{j=y-w/2}^{y+w/2} \cos 2\theta_d(i, j) \quad (2)$$

$$\phi_y(x, y) = \frac{1}{w^2} \sum_{i=x-w/2}^{x+w/2} \sum_{j=y-w/2}^{y+w/2} \sin 2\theta_d(i, j) \quad (3)$$

식 (2)와 (3)에서 계산된 평활화된 x, y 성분을 이용하여 식 (4)와 같이 방향 정보를 계산한다.

$$\theta(x, y) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\phi_y(x, y)}{\phi_x(x, y)} \quad (4)$$

지문 영상에서 배경이나 잡음이 있는 영역은 용선의 방향이 일정하지 않기 때문에 부 영역내 구배도의 크기 (magnitude)가 작게 나타난다[4]. 따라서, 식 (5)와 같이 구배도의 크기가 임계치보다 작은 경우는 배경영역으로 분리할 수 있다.

$$\sum_{i=x-w/2}^{x+w/2} \sum_{j=y-w/2}^{y+w/2} \sqrt{G_x^2(i, j) + G_y^2(i, j)} \leq Th \quad (5)$$

III. 적응 이진화 방법

기존의 블록 이진화 방법은 부분적인 특징이 강한 영상을 각 부분마다의 임계값을 설정함으로써 이진화 성능을 향상시킬 수 있다. 즉, 이 방법은 원하는 크기의 블록을 설정하고 그 블록마다의 명암값을 고려하여 임계값을 설정하는 방법으로 각 블록마다 특정한 임계값을 가질 수 있다.

다음으로 적응이진화는 연속적인 주변 화소값을 비교하여 이진화를 비교하여 이진화를 수행하게 되는데, 먼저 전 단계에서 구해진 용선의 방향에 수직인 화소값을 보면 [그림 2]와 같이 중심화소를 주위로 여러 트랜섹트(Transect)들을 구할 수 있고, 이 트랜섹트들이 이루고 있는 화소값들이 용선의 연속적인 화소값들과 관계가 있다는 것을 알 수 있다.

즉, 일정방향의 용선의 화소값들과 주변 골의 화소값들을 비교하여 부분영역에서의 임계값을 구함으로써 이진화를 수행한다.

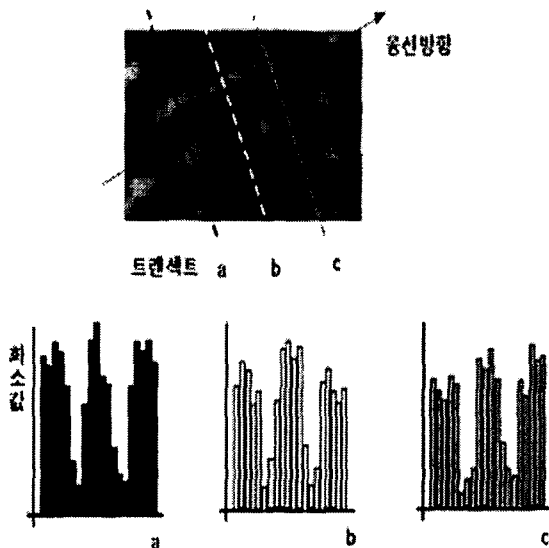


그림 2. 연속적인 트랜섹트의 화소값

처리할 중심화소의 용선방향 주변 화소값의 합에 두배 값과 수직으로 이웃한 일정거리에 위치한 용선 방향 위·아래의 주변 화소값의 합을 비교하여 이진화를 수행한다. 즉, 그림 3과 같이, 처리할 중심 화소의 용선방향 주변 화소값의 합보다 작으면, 중심화소는 검정색(0)으로 처리되고, 크면 중심 화소값은 흰색(255)으로 처리된다.

IV. 세선화 및 특징점 추출

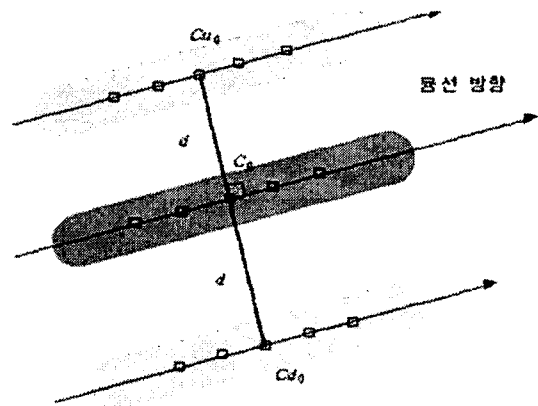


그림 3. Sift Sum 기법을 응용한 적응 이진화

본 연구에서의 세선화는 병렬적인 기법을 사용하는 Zhang Suen의 알고리즘을 사용하였다. 특징점(Minutiae) 추출은 기존의 CN (Crossing count Number) 방법을 이용하여, CN의 값이 2이면 종단점(ending point)으로, 6이면 분기점(bifurcation)으로 후보 특징점을 추출한다. 의사 특징점 제거는 후보 특징점 가운데 잘못된 특징점을 제거하는 과정으로 특히, 품질이 좋지 않은 영상에 대한 인식 성능을 향상시킬 수 있다.

V. 정합 방법

특징점의 사잇각과 거리를 이용한 정합 방법(adaptation method)은 등록(reference) 지문영상과 입력(input) 지문영상의 특징점들을 각각 $R(x, y, \theta)$ 와 $I(x, y, \theta)$ 라고 하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$R(x, y, \theta) = \{R_1(x_1, y_1, \theta_1), R_2(x_2, y_2, \theta_2), \Lambda, R_m(x_m, y_m, \theta_m)\}$$

$$I(x, y, \theta) = \{I_1(x_1, y_1, \theta_1), I_2(x_2, y_2, \theta_2), \Lambda, I_n(x_n, y_n, \theta_n)\}$$

여기서, x, y, θ 는 특징점 각각의 x 좌표값, y 좌표값, 방향값이고 m 은 등록지문의 특징점 수이며, n 은 입력 지문의 특징점 수이다.

우선 등록지문과 입력지문의 획득 시간차에 의하여 의도적인 경우를 배제하고 대부분 20° 이하의 회전이 있다는 것에서 시작한다. 20° 이상의 회전각을 갖는 특징점은 정합과정에서 배제하고, 특징점간의 사잇각을 비교하여 이전에 설정한 임계치보다 작은 경우, 같은 두 지문 모두에 속한 특징점으로 간주하여 정합 한대[5][7].

VI. 실험 결과

본 논문에서 제안한 방법에 대한 성능 평가를 위해 반도체 방식 센서(AuthenTec Inc., FingerLoc AF-S2, 500dpi, 256x256)를 이용하여 35명으로부터 한명당 13개씩, 455개의 엄지 지문영상을 입력 받아 실험을 수행하였다. 또한 본 연구에서 기존의 방법과 비교하여 전처리 부분의 개선효과를 증명하기 위하여 첫째, 기존의 동적 이진화(블럭 이진화) 기법을 사용한 경우, 둘째, 본 연구에서 제안한 적응이진화 기법을 이용한 경우를 비교 실험하였다.

본 실험 결과는 FRR(False Reject Rate)과 FAR(False Accept Rate)로 나타내었으며, 아래 [표 1]에서 보는 바와 같이 제안된 방법이 더 우수한 성능을 나타내는 것으로 파악되었다.

표 1. 기존 방법과 제안방법의 실험 결과 비교

	FAR	FRR
기존의 동적이진화 방법	0.68%	4.5%
제안한 적응 이진화 방법	0.14%	2.1%



(a) 동적이진화



(b) 적응 이진화

그림 4. 이진화 지문 영상

참 고 문 헌

- [1] Anil Jain et al, "Introduction to biometrics,"
Biometrics-Personal Identification in Networked Society,
Kluwe Academic Publishers, pp.1-41, 1999.
- [2] Anil K. Jain, L. Hong, R. Bolle, "On-Line Fingerprint
Verification," IEEE Trans. Pattern Analysis Machine
Intelligence, Vol.19, No.4, pp.302-313, April. 1997.
- [3] Anil K. Jain, Nalini K. Ratha, Shaoyun Chen,
"Adaptive Flow Orientation-Based Feature Extraction in
Fingerprint Images," Pattern Recognition, Vol.28, No.11,
pp.1657- 1672, 1995.
- [4] JJ Lee, JC Shim, SY Hwang, "Minutiae extraction of
fingerprint using multi-dimensional direction information
," Journal of Korea Communication, Vol.22, No.5,
1997. 5.
- [5] B. M. Mehtre, B. Chatterjee, "Segmentation of
fingerprint image-A Composite method," Pattern
Recognition, Vol.22, No.4, pp.381-385, 1989.
- [6] Hyun Kim, HI Kim, "RSTI invariant fingerprint
recognition algorithm," Journal of Korea Electronics,
Vol.35, No.6, pp.828-850, 1998. 6.
- [7] 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.

조 성 원(Seong-Won Cho)

정회원

1982년 2월 : 서울대학교 전기공학과 졸업(학사)

1993년 8월 : Purdue 대 졸업(석사 및 박사)

1993년 3월 ~ 현재 : 홍익대학교 전자·전기공학부 교수

<관심분야> : 생체인식, 영상처리 기술

임 철 수(Cheol-Su Lim)

정회원



1985년 2월 : 서울대학교 계산통계학
과 졸업(학사)

1988년 8월 : Indiana University
컴퓨터 과학과 졸업(석사)

1995년 8월 : 서강대학교
컴퓨터공학과 졸업(박사)

1994년 8월 ~ 1997년 2월 : (주)신세기통신 근무

1997년 3월 ~ 현재 : 서경대학교 컴퓨터 공학과 교수

<관심분야> : 차세대인터넷, 멀티미디어