

적응 이진화를 이용한 지문인식 전처리에 관한 연구

A Study on the Fingerprint Recognition Preprocessing using adaptive binary method

조성원 · 김재민

Seongwon Cho and Jaemin Kim

홍익대학교 전자전기공학부

요 약

지문인식을 위한 중요한 전처리 과정중의 하나는 영상의 이진화 과정이다. 이진화 과정은 그레이 레벨의 영상(gray scale input image)을 받아들여 이진(binary image)으로 만드는 것이다. 이진화 과정에 있어서의 어려운 점은 적절한 임계값(threshold value)을 찾는 것이다. 본 논문에서는 국부적인 융선과 골의 밝기의 특성에 따라 적절한 임계값을 선택하는 적응 이진화 방법을 제시한다. 실험을 통하여 제시된 방법은 기존의 방법과 비교하여 좋은 성능을 보여주고 있음을 입증하였다.

Abstract

An important preprocessing for fingerprint recognition is the binarization operation, which takes as an input gray-scale image and returns a binary image as the output. The difficulty in performing binarization is to find an appropriate threshold value. This paper presents a new adaptive binarization method, which determines the threshold value according to the brightness of local ridges and valleys. We experimentally show that the presented method results in better performance than a traditional method.

Key Words : 지문인식, 적응이진화, 전처리

1. 서 론

정보화 시대에 있어서 개인의 인증 기술에 대한 요구가 날로 증가되고 있으며, 자신이 갖고 있는 정보나 기타 시설물 등에 대한 보안의 중요성이 높이 부각되고 있다. 이를 위한 개인 인증 방식으로 비밀번호와 카드 등이 실제적으로 사용되고 있으나, 사람의 망각과 분실 등으로 인한 신뢰도와 안전성이 떨어지며, 편리성도 낮다. 따라서 이와 같은 위험성과 불편함을 해소하고자 사용하게된 인증 방식이 신체특징을 이용한 보안 시스템(Biometric Security System: BSS)이다. BSS는 생체계측학(Biometrics)을 기반으로 하여 신체의 특징을 이용한 개인 확인 및 인증 시스템을 말하는 것으로 개인의 물리적 특성인 지문(Finger print), 장문(Palm print), 손 모양(Hand Geometry), 망막(Retina), 홍채(Iris), 얼굴(Face), 정맥(Vein) 등이 있고, 행동적 특성으로 서명(Signature), 음성(Voice), 타이핑(Typing) 등이 있다. 그 중에서도 지문 인식 기술은 정확도, 수행 속도, 구현 비용 등 모든 평가 항목에서 가장 현실성 있는 수단으로 주목받고 있다. 현재 시스템의 접근제어, 자동화된 금융 기기의 응용(ATM), 범죄 수사, 자동차의 열쇠를 대체하거나 타인에 의한 이동전화 사용 방지, 전자상거래(e-Business)에 이

르기까지 다양한 응용분야로 확산되고 있다[1][2].

지문 인식을 위한 일반적인 처리과정은 입력 영상에서 배경을 분리한 후 이진화 및 세션화 과정을 통하여 특징점을 추출한다. 추출된 특징점을 이용한 정합과정을 통하여 최종적으로 지문을 인식하게 된다. 이와 같은 지문인식의 주요 전처리 과정 중의 하나인 이진화 과정에서 많이 사용되고 있는 동적 이진화 기법(블록 이진화 기법)은 지문인식장치에 있어서 다음과 같은 문제점이 발생한다. (1) 입력되는 영상이 일정하지 않다. (2) 지문 입력 시 압착 날인과 같은 경우 융선이 눌린 부분을 처리할 수 없다. (3) 지문인식 센서에 따라 영상 내부에서 밝기의 값이 불규칙하여 일반적인 이진화 시 지문영상의 손상을 가져온다 [1].

본 논문에서는 하드웨어의 노후화, 제작시의 오차, 악조건 하에서의 사용, 네트워크 상의 지문화상 입력기간의 차이, 부분 영역간의 밝기 차이 등으로 발생하는 오류를 최소화하기 위하여 이진화 수행 과정에서 가장 애로점인 임계값(threshold value) 설정을 지문의 대상 영역의 밝기 등에 적응하여 스스로 변화도록 할 수 있게 slit sum의 방법을 응용한 적응 이진화 알고리즘을 제시하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 3절의 이진화 과정에 필요한 지문영상의 방향 추출과 배경 분리에 대하여 설명하고, 3절에서는 새로이 제시하는 적응 이진화 과정에 대하여 설명한다. 4절과 5절에서 실험에 사용한 세션화 및 정합과정에 대하여 설명한다. 6절에서는 실험 및 결과에 대하여, 7절에서는 결론을 설명한다.

접수일자: 2001년 12월 22일

완료일자: 2002년 5월 15일

2. 지문영상의 방향 추출과 배경 분리

본 연구에서는 이미지에서 방향성을 가장 먼저 추출하고, 이 후의 처리 단계에서 방향성 정보를 활용하여 전체적인 효율을 높이고자 한다. 지문 융선의 방향 정보를 추출하기 위해 소벨(Sobel) 연산자를 이용한 방향성 추출 방법을 사용한다. 방향 정보는 이후의 이진화 및 정합 단계에서 이용된다. 소벨 연산에 의한 x, y 축 구배도(gradient)를 이용하여, 각 화소에서 아래의 수식과 같이 부 영역 내 푸리에(Fourier) 스펙트럼이 가장 큰 방향에 수직하게 방향 정보를 추출한다[2][6]:

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

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

여기서 $G_x(i, j), G_y(i, j)$ 는 소벨 연산을 사용하여 구한 값이며, θ_d 는 각 부영역의 방향 정보이고, 윈도우의 크기는 4×4 이다. 이후 잡음으로 인한 잘못된 방향 정보를 제거하기 위해 평활화 과정을 거친다. θ_d 에 두 배를 하여 x, y 성분으로 분리한 후 저주파 통과 필터(Low Pass Filter)를 이용하여 잡음을 제거한다. 저주파 통과 필터는 다음과 같이 표현된다:

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

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

여기서 윈도우의 크기는 5×5 이다. 식 (2) 와 식 (3)에서 계산된 평활화된 x, y 성분을 이용하여 아래의 수식과 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 융선의 방향이 일정하지 않기 때문에 부영역 내 구배도의 크기(magnitude)가 작게 나타난다[4]. 따라서 아래의 수식 같이 구배도의 크기가 임계치보다 작은 경우는 배경 영역으로 분리할 수 있다:

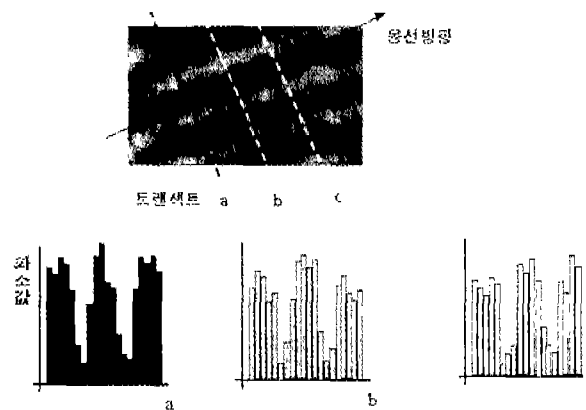
$$\sum_{i=x-w/2}^{x+w/2} \sum_{j=y-w/2}^{y+w/2} |G_x(i, j)| + |G_y(i, j)| \leq Th, \quad (5)$$

여기서 사용한 윈도우의 크기는 3×3 이다. 전경 분리에 사용되는 임계치는 부영역 전체에서의 구배도의 평균값에서 100을 뺀 값을 결정하였다.

3. 적응 이진화

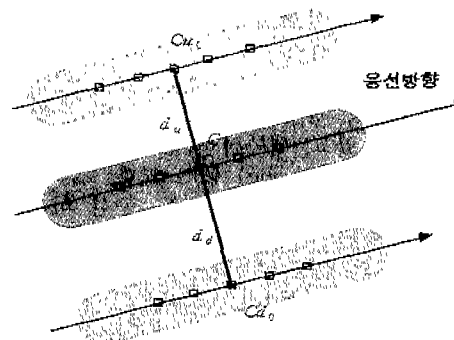
융선과 골 사이의 거리가 일정한 간격을 유지하고 있고 또 융선이 완만한 경사를 유지하면서 흐름을 형성하고 있는 지문의 특성을 잘 이용한다면, 이진화 및 세션

화에 많은 도움이 된다. 연속적인 주변 화소들의 화소값을 비교하여 이진화를 수행하게 되는데, 먼저 전 단계에서 구해진 융선의 방향에 수직인 화소 값을 보면 [그림 1]과 같이 중심 화소를 주위로 여러 트랜섹트(transect)들을 구할 수 있고, 이 트랜섹트들이 이루고 있는 화소 값들이 융선의 연속적인 화소 값들과 관계가 있다는 것을 알 수 있다. 즉, 일정 방향의 융선의 화소 값들과 주변의 골의 화소 값들을 비교하여 부분 영역에서의 임계값을 구함으로써 이진화를 진행한다. 이는 부분 영역별 밝기에 따라 적절한 이진화를 수행함으로써 전체적인 효율을 높일 수 있다.



[그림 1] 연속적인 트랜섹트(transect)의 화소값
Fig. 1 Pixel values at consecutive transects

처리할 중심 화소의 융선 방향 주변 화소 값의 합에 두 배 값과 수직으로 이웃 한 일정거리에 위치한 융선 방향 위·아래의 주변 화소 값의 합을 비교하여 이진화를 수행한다. 즉, 처리할 중심 화소의 융선 방향 주변 화소 값의 합에 두 배 값이 수직으로 이웃 한 일정거리에 위치한 융선 방향 위·아래의 주변 화소 값의 합보다 작으면 중심 화소는 화소 값을 검정색(0)으로 처리되고, 크면 중심 화소의 화소 값은 흰색(255)으로 처리된다[그림 2]. 이때, 연속적인 융선 방향 주변 5개의 화소 값을 비교하였으며, 융선과 골의 거리를 고려하여 융선의 방향



[그림 2] slit sum의 방법을 응용한 적응 이진화
Fig. 2 Adaptive binarization using a slim-sum method

에 수직으로 이웃 한 골과의 거리, 즉 위·아래 방향으로 이웃 한 골과의 거리를 d 라 하여 사용하였다.

4. 세선화 및 특징점 추출

세선화는 병렬적인 세선화(Parallel Thinning) 방법 중 하나인 Zhang Suen의 세선화 알고리즘을 적용하였다. 세선화에 앞서 적응 이진화를 통하여 보다 안정적인 영상 정보를 가지고 세선화에 적용하였기 때문에 보다 좋은 세선화 결과를 얻을 수 있다.

특징점(minutiae) 추출은 기존의 CN(Crossing count Number)방법을 이용하여 CN의 값이 2이면 단점(Ending point)으로, 6이면 분기점(Bifurcation)으로 후보 특징점을 추출한다. 의사 특징점 제거는 후보 특징점 가운데 잘못된 특징점을 제거하는 과정으로 특히 품질이 나쁜 영상의 경우에 인식 성능을 크게 향상시킬 수 있다. 세선화된 용선의 구조를 고려하여 의사 특징점으로 간주되는 특징점들을 제거하는 과정이며, 짧은 용선, 굵긴 용선, 산가지 구조, 원형 구조, 십자가 구조의 다섯 가지 구조로 나뉘어 제거하였다[6].

5. 정합

특징점의 사이각과 거리를 이용한 정합 방법은 특징점을 이용한 방법으로 등록(reference)지문 영상과 입력(input)지문 영상의 특징점(minutiae)들을 각각 $R(x, y, \theta)$, $I(x, y, \theta)$ 라 하면 다음과 같이 표현될 수 있다:

$$R(x, y, \theta) = \{R_1(x_1, y_1, \theta_1), \dots, R_m(x_m, y_m, \theta_m)\} \quad (6)$$

$$I(x, y, \theta) = \{I_1(x_1, y_1, \theta_1), \dots, I_n(x_n, y_n, \theta_n)\} \quad (7)$$

여기서 x, y , 는 특징점 각각의 x 좌표 값, y 좌표 값, 방향 값이고, m 은 등록지문의 특징점 수이며, n 은 입력지문의 특징점 수이다.

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

[표 1] 기존 방법과 제안한 전처리 방법에 따른 실험 결과.

Table 1. Experiment results using two methods.

	FAR (타인 수락율)	FRR (본인 거부율)
동적 이진화	0.68%	4.5%
적응 이진화	0.14%	2.1%

6. 실험 및 결과

실험을 위하여 반도체 방식 센서(AuthenTec사, FingerLoc AF-S2, 500dpi, 256×256)를 이용하여 35명으로 부터 한 명당 13개씩, 455개의 엄지 지문 영상을 입력 받아 실험하였다. 각 개인마다 등록 데이터로 5개의 지문 영상을 사용하였으며, 검증은 각 개인에 대하여 동일한 등록 데이터 이외의 지문 영상 8개, 타인의 지문 영상 8개를 비교하여 실험하였다.

본 연구에서 기존의 방법과 비교하여 전처리 부분의 개선 효과를 증명하기 위하여 1)기존의 동적 이진화(블록 이진화) 기법을 사용한 경우, 2) 본 연구에서 제안한 적응 이진화 기법을 사용한 경우를 비교 실험하였다.

본 실험에서는 결과를 FRR(False Reject Rate)과 FAR(False Accept Rate)로 나타내었다. [표1]은 기존의 동적 이진화 방법과 제안한 적응 이진화를 이용한 전처리 방법에 대한 실험 결과를 도시한 것이며 [그림 3]은 동적 이진화와 적응 이진화를 적용한 지문 영상이다.



동적이진화

적응이진화

[그림 3] 이진화된 지문 영상

Fig. 3 Fingerprint images binarized by two methods

7. 결론

본 논문에서는 효과적인 영상의 이진화를 위한 임계값을 정하는 알고리즘을 제시하였다. 제시한 알고리즘은 임계값을 국부의 용선과 골의 밝기에 따라 임계값을 적응적으로 변화시키는 방법이다. 실험을 통하여 제시한 방법이 전통적인 방법보다 좋은 성능을 보여주고 있음을 입증하였다.

참 고 문 헌

[1] A. K. Jain et al, Biometrics-Personal Identification in Networked Society, Kluwer Academic Publishers. 1999.
 [2] A. K. Jain, L. Hong, and R. Bolle, "On-Line Fingerprint Verification", IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intelligence, Vol.19, No.4, pp.302-313, April. 1997.
 [3] A. K. Jain, N. K. Ratha, and S. Chen, "Adaptive Flow Orientation-Based Feature Extraction in

Fingerprint Images", Pattern Recognition, Vol. 28, No.11, pp 1657~1672, 1995.

- [4] 이준재, 심재창, 황석윤, "다해상도 방향성 정보를 이용한 지문영상의 특이점 추출, 한국통신학회논문지, Vol.22, No.5, 1997.
- [5] B.M.Mehre and B.Chatterjee, "Segmentation of fingerprint image-A Composite method", Pattern Recognition, Vol.22, No.4, pp.381-385, 1989.
- [6] 김 현, 김학일, RSTI 불변 지문인식알고리즘,† 전자공학회지, 35권, S편, 6호, pp.828-850, 1998.
- [7] N.K. Ratha, K.Karu, S.Chen, and 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.

저 자 소 개

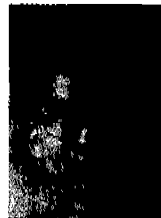


조성원(Soengwon Cho)

1982년 : 서울대학교 공학사
 1987년 : 미국 purdue대학교 공학 석사
 1992년 : 미국 purdue대학교 공학 박사
 현재 : 홍익대학교 전자전기공학부 부교수

관심분야 : 생체인식, 인공지능, 패턴인식

Phone : 02-320-1493
 Fax : 02-320-1110
 E-mail : swcho@hongik.ac.kr



김재민(Jaemin Kim)

1984년 : 서울대학교 공학사
 1986년 : 서울대학교 공학 석사
 1994년 : 미국 Rensselaer공대 공학 박사
 현재 : 홍익대학교 전자전기공학부 조교수

관심분야 : 생체인식, 영상처리, 컴퓨터비전

Phone : 02-320-1634
 Fax : 02-320-1110
 E-mail : jaemin@hongik.ac.kr