

개선된 전처리 과정을 통한 지문인식 알고리즘에 관한 연구

A Study on the Fingerprint Identification Algorithm Using Improved Preprocessing

신의제, 조성원
홍익대학교 전자·전기공학부

Uijae Shin and Sungwon Hong
School of Electronic and Electrical Engineering, Hong-ik University
E-mail : netall@hanmir.com

ABSTRACT

본 연구는 온라인 지문 인식 기법의 속도 향상을 주목적으로 하여 기존의 지문 인식 기법과 비교하여 개선된 전처리 방법을 이용하여 적은 계산량으로 보다 높은 정확도를 확보하여 궁극적으로 지문 인식 및 대조 시스템이 적합한 특징점 추출 알고리즘 개발을 목적으로 한다. 먼저 방향성이미지에서 방향성추출에서는 4×4화소를 하나의 Block으로 나눈 후, 3×3의 Sobel연산자를 이용하였고, 이 방향성 정보를 이용하여 지문영상의 품질 측정과 배경 분리를 하였으며, 또한 부분 영역간의 밝기 차이 등으로 발생하는 오류를 최소화하기 위하여 이진화 수행 과정에서 가장 애로점인 임계치(threshold value) 설정을 지문의 대상 영역의 밝기등에 적응하여 스스로 변하도록 할 수 있게 slit sum의 방법을 응용한 적응 이진화를 하였다. 세선화와 특징점 추출에서는 VHN(Vertical & Horizontal Number)값을 이용하여 보정(Interpolation)효과를 주어 오류특징점을 배제하고, 자동 지문 인식 시스템의 인식성능을 향상 시켰다.

Keywords : 지문인식, 생체인식, 특징점(minutiae), 전처리, 이진화, 세선화

I. 서론

정보화 시대에 있어서 개인의 인증 기술에 대한 요구가 날로 증가되고 있으며, 자신이 갖고 있는 정보나 기타 시설물 등에 대한 보안의 중요성이 높기 부각되고 있는 상황이다. 이를 위한 개인 인증 방식으로 열쇠나 비밀번호, 카드와 같은 것이 실제적으로 사용되고 있으나, 사람의 망각과 분실 등으로 인한 신뢰도와 안전도 그리고 사용 편리도에서 문제점이 존재하고 있다. 따라서 이와 같은 위험성과 불편함을 해소하고자 사용하게 된 인증 방식이 신체특징을 이용한 보안 시스템(Biometric Security System:BSS)이다. BSS는 생체계측학(Biometrics)을 기반으로 하여 신체의 특징을 이용한 개인확인 및 인증 시스템을 말하는 것으로 개인의 물리적 특성인 지문(Finger print), 장문(Palm print), 손모양(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 접

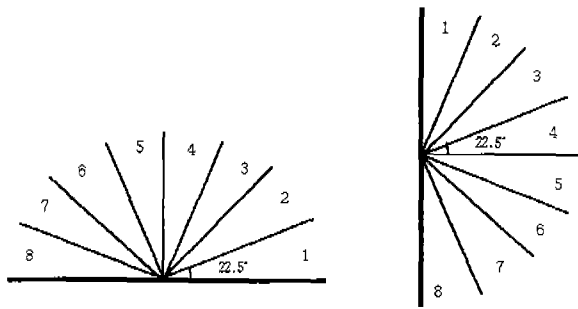
근제어, 자동화된 금융 기기의 응용(ATM), 범죄 수사, 자동차의 열쇠를 대체하거나 타인에 의한 이동 전화 사용 방지, 전자상거래(e-Business)에 이르기 까지 다양한 응용분야로 확산되고 있다[1][2].

II. 본론

2.1 방향성 이미지와 지문 영상의 품질 측정·배경 분리

본 연구에서는 방향 이미지에서 방향성을 가장 먼저 추출함으로써 이 후의 처리 단계에서 방향정보를 활용함으로써 전체적인 효율을 높이고자 한다. sobel 연산자를 이용한 방향성추출 방법을 사용하는 데, 이는 sobel 연산자의 미분 연산은 잡음을 두드러지게 하기 때문에, 영상의 차이와 평활화 효과를 같이 제공한다는 장점이 있다[3][4].

먼저 sobel 연산자를 이용하여 구한 방향값을 8방향(22.5°)으로 나누어, 각 영역별 방향 값으로 구성하게 된다[그림1].



[그림1] 영역별 8 방향성 패턴

Sobel연산의 크기는 균일한 영역을 분리하는데 분산방법과 같으나 처리시간이 적게 걸린다. 그러나 잡음이 있는 영상이나 방향성을 가지고 있지 않은 영역에서 잘 동작하지 않는다. 따라서 Sobel연산의 크기를 사용하고 방향성에 의한 방법으로 수행하고[6], 벡터의 길이를 사용하여 지문영상을 분할한다. 이 처리방법은 Sobel연산 한번으로 방향성 및 전경 배경을 동시에 수행하기 때문에 처리 속도가 빠르고 안정적이다.

또한, 방향성을 가지고 있는 영상에서 전체 영역에서 부영역으로 나눌 때 중요한 것을 Block의 크기이다. Block의 크기의 크기가 너무 클 경우에 처리 속도가 빨라져 시간을 줄일 수 있지만, 자세한 분리가 어려워져 전처리 과정시 많은 오류가 발생할 수 있고, 이는 시스템 전체에 치명적인 문제를 발생할 수 있다.

본 연구에서는 기존의 하나의 Block을 16×16화소와 8×8화소로 나눈 것을 4×4화소로 더 세분화하여 실험하였다. 방향성 이미지와 지문 영상의 품질 측정·배경 분리방법은 다음과 같다.

Step1) 4×4화소를 하나의 Block으로 나눈 후, 영상의 각 화소에서 x, y방향으로 3×3의 Sobel 연산자를 통과시킨 값 $G_x(i, j), G_y(i, j)$ 를 구한다.

Step2) 다음 식을 사용하여 각 화소에서 방향을 구한다.

$$\theta(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2G_x(i, j)G_y(i, j)}{G_x^2(i, j) - G_y^2(i, j)} \quad (1)$$

Step3) 각 화소에서 크기(magnitude)를 구하고,

$$B(k, l) = \sum_{j=0}^Y \sum_{i=0}^X \sqrt{G_x^2(i, j) + G_y^2(i, j)} \quad (2)$$

Step4) 각각의 Block에서 누적하여 Block 내의 평균 크기를 구한다.

$$B_{th}(k, l) = \frac{1}{XY} \sum_{j=0}^Y \sum_{i=0}^X \sqrt{G_x^2(i, j) + G_y^2(i, j)} \quad (3)$$

Step5) 전 영역에 대한 평균크기를 구한다.

$$A_{th} = \frac{B_{th}}{(i \times j)} \quad (4)$$

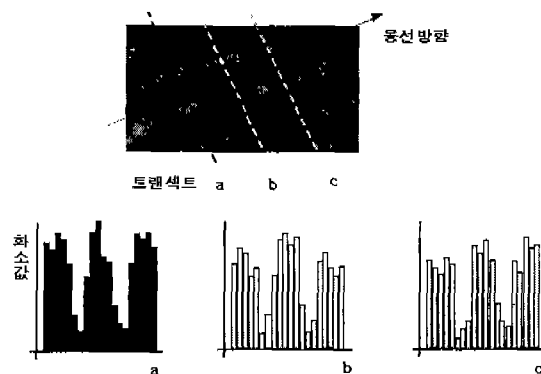
잡음이 있는 영역이나 배경 부분은 방향이 random하기 때문에 상쇄되어 Block 내의 방향의 크기가 매우 작게 나타나게 된다. 이를 이용하여 $A_{th} > B_{th}$ 인 경우 잡음이 많은 Block으로 간주되어 배경 부분으로 처리되고, 반대로 $A_{th} < B_{th}$ 인 경우는 전경부분으로 처리하게 된다.

이때 보다 나은 성능의 전경분리를 위하여 제거(Opening) 연산과 채움(Closing) 연산을 통하여 지문 영상의 전경분리 및 지문영상에 따른 영상의 품질 측정·배경 분리에 이용함으로써 이진화 과정시 오류 특징점을 줄일 수 있는 효과를 가져온다.

또한, Block 내의 크기와 전체 영역의 크기의 차를 비교하여 Good Quality, Normal Quality, Bad Quality, Back ground의 4단계로 나누어 전경분리에 이용하여 이진화 및 특징점 추출에 용이하도록 하였다.

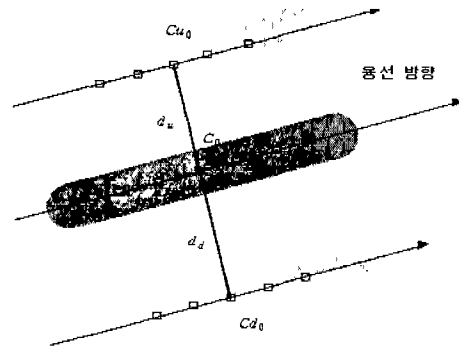
2.2 적용 이진화

본 연구에서는 하드웨어의 노후화, 악조건에서의 사용, 사용자의 조작 미숙, 네트워크 상의 지문 화상입력기간의 차이, 부분 영역간의 밝기 차이 등으로 발생하는 오류를 최소화하기 위하여 이진화 수행 과정에서 가장 애로점인 임계치(threshold value) 설정을 지문의 대상 영역의 밝기등에 적응하여 스스로 변화도록 할 수 있게 slit sum의 방법을 응용한 적용 이진화를 하였다.



[그림2] 연속적인 트렌선 섹션의 화소값

연속적인 주변 화소들의 화소값을 비교하여 이진화를 수행하게 되는데, 먼저 전 단계에서 구해진 용선의 방향에 수직인 화소값을 보면 [그림2]와 같이 중심 화소를 주위로 여러 트랜섹트들(transect)을 구할 수 있고, 이 트랜섹트들이 이루고 있는 화소값들이 용선의 연속적인 화소값들과 관계가 있다는 것을 알 수 있다 [6]. 즉, 일정 방향의 용선의 화소값들과 주변의 골의 화소값들을 비교하여 부분 영역에서의 임계치를 구함으로써 이진화를 진행한다. 이는 부분 영역별 밝기에 따라 적절한 이진화를 수행함으로써 전체적인 효율을 높일 수 있게 된다.



[그림3] slit sum의 방법을 응용한 적응이진화

처리할 중심 화소의 용선방향 주변 화소값의 합에 두 배 값과 수직으로 이웃한 일정거리에 위치한 용선방향 위아래의 주변 화소값의 합을 비교하여 이진화를 진행한다. 즉, 처리할 중심 화소의 용선방향 주변 화소값의 합에 두 배 값이 수직으로 이웃한 일정거리에 위치한 용선방향 위아래의 주변 화소값의 합 보다 작으면 중심화소는 화소값 검정색(0)으로 처리되고, 크면 중심화소의 화소값은 흰색(255)으로 처리된다.

연속적인 용선방향 주변 화소들의 화소값을 비교하기 위하여 1×5의 마스크를 사용하고, 용선과 용선의 거리를 고려하여 용선의 방향에 수직으로 이웃한 용선과의 거리, 즉 윗 방향으로 이웃한 용선과의 거리를 d_u (Up Distance), 아래 방향으로 이웃한 용선과의 거리를 d_d (Down Distance)라 하여 용선간의 거리를 변화시켜 이진화를 위한 마스크를 사용하게 된다. 이 때 d_u 와 d_d 는 같은 값으로 설정하며 평균 5~5.5화소의 거리를 나타내었다. 이를 다음과 같이 정리할 수 있다.

Step1) Block 의 방향성을 Check한다. C_0 화소의 방향값에 따라 적응 마스크를 선택한다.

Step2) 선택한 적응 마스크에 따라 화소값을 비교한다.

$$C = \sum_{i \in N_5} C_i(x, y),$$

$$N_5 = \{-2, -1, 0, 1, 2\} \quad (5)$$

Step3) 선택한 적응 마스크에 따라 주변 화소값을 비교한다.

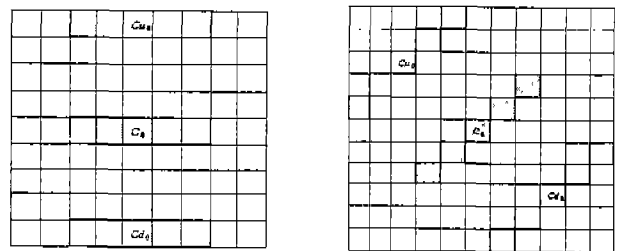
$$Cu = \sum_{i \in N_5} Cu_i(x, y) \quad (6)$$

$$Cd = \sum_{i \in N_5} Cd_i(x, y) \quad (7)$$

Step4) $2C < (Cd + Cu)$ 이면 $C_0(x, y) = 0$

$2C > (Cd + Cu)$ 이면 $C_0(x, y) = 255$

Step5) 처리 영상영역이 끝날 때까지 Step1에서 Step4까지의 단계를 반복한다.



(a) (b)
[그림4] 방향성을 이용한 적응 이진화 마스크
: (a) 0° 마스크 (b) 45° 마스크

2.3 세선화 및 특징점 추출

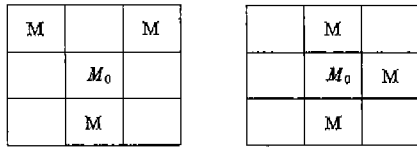
세선화는 병렬적인 세선화(Parallel Thinning) 알고리즘기법을 사용하여 세선화를 하였다. 세선화에 앞서 적응 이진화를 통하여 보다 안정적인 영상 정보를 가지고 세선화에 적용하였기 때문에 보다 좋은 세선화 결과를 얻을 수 있고, 더욱 좋은 특징점 정보를 위하여 보정(Interpolation)효과를 첨가하였다[7].

특징점 추출에서 기존의 CN(Crossing count Number)방법을 이용하여 특징점 추출(단점은 '2', 분기점은 '6')을 하였으나, 다음과 같은 브리지 패턴[그림5]으로 인해 발생하는 문제점을 해결하였다.

즉, CN 값이 '6'인 경우 모두 분기점으로 처리하는 경우문제가 발생하게 된다. 잡음이나 세선화 과정에서 잘못 생성되는 브리지 패턴에 대해서도 분기점으로 처리하게 된다. 8근방 측면(eight-neighbors) 식(8)에 의해 CN 값을 구하면 브리지의 경우 분기점과 같이 '6'이 나오게 된다. 이는 지문의 특성상 이와 같은 브리지 패턴은 원래 영상에서는 존재하지 않으며, 잡음이나 지문 영상의 입력 시 오류, 또는 세선화 과

정에서의 오류로 인하여 발생하게 된다. 이는 잘못된 특징점으로 인식되어 시스템 상에 적지 않은 오류를 발생하게 된다. 이런 문제를 해결하기 위해 브리지와 같은 잡음에 의해 발생하는 오류를 최소화하여야 한다.

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



(a) (b)
[그림5] 분기점과 브리지 패턴
: (a) 분기점 (b) 브리지 패턴

잡음에 의해서 발생하는 브리지 패턴은 다음과 같은 특성을 가지게 된다. 첫째, 분기점간의 직선거리가 일정거리 이내로 짧다. 둘째, 분기점을 이루는 세 구조선 중 브리지와 수직관계에 있거나 브리지를 제외한 두 선은 수평관계에 있다.

이와 같은 브리지패턴영상을 제거하기 위하여 분기점과 브리지를 구분하게 된다. 이를 위하여 식(9)에 의하여 VHN(Vertical&Horizontal Number)값을 구하게 된다.

$$VHN = \sum_{i=1}^4 |M_0 - M(i \times 2)| \quad (9)$$

기준이 되는 점 M_0 을 중심으로 VHN 값을 구하면, 분기점은 VHN 값이 '3'이고, 브리지인 경우 '1'이 되어 분기점과 브리지를 구분할 수 있다. 이를 이용하여 잡음으로 발생하는 오류 특징점을 배제함으로써 인식률을 더욱 높일 수 있다.

III. 결론

3.1 실험 및 결과

실험은 광학방식의 지문인식센서(500dpi, 300×400)에서 받아들인 지문영상을 사용하였다. 1명당 5장씩 50명의 지문 영상 250개를 가지고 실험하였다. 이때 지문 영상은 엄지를 사용하였으며, 압착 날인 방식을 취하였다. 비교 실험을 위하여 다음과 같은 경우로 분리하였고, 개선된 전처리과정을 통하여 FAR과 FRR이 낮아짐으로써 전체적인 시스템의 안정

을 가져 올 수 있었다.

- CASE1: 부영역의 크기 즉, 한 Block을 16×16 화소, 8×8화소 방향 영상 추출 후, 지문영상의 품질 측정·배경 분리
- CASE2: 한 Block을 4×4화소로 세분화하여 방향영상을 추출 후, 제안한 지문 영상의 품질측정·배경분리
- CASE3: CASE2 +동적 이진화(Block Binary)
- CASE4: CASE2 +제안한 적응이진화
- CASE5: CASE4 + 세선화 및 특징점 보정

	FAR (타인수락율)	FRR (본인거부율)
CASE1	0.68%	6.3%
CASE2	0.68%	4.5%
CASE3	0.65%	4.2%
CASE4	0.16%	2.4%
CASE5	0.16%	2.1%

[표1] 각 CASE 에 대한 실험결과

결론적으로 50명으로부터 추출한 250개 지문에 대하여 방향성정보를 이용한 지문영상의 품질측정, 배경분리, 적응 이진화와 특징점 보정을 통한 적용실험결과 FAR=0.16%, FRR=2.1%를 나타내었다[표1][그림6].

IV. 참고문헌

- [1]Anil Jain et al, "Introduction to biometrics", Biometrics-Personal Identification in Networked Society, KluweAcademic 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] 이준재, 심재창, 황석윤,etc, "다해상도 방향성 정보를 이용한 지문영상의 특이점추출", 한국통신학회 논문지, Vol.22, No.5, 1997.5
- [5]B.M.Mehetre,B.Chatterjee,"Segmentationof fingerprint image-A Composite method", Pattern Recognition, Vol.22, No.4, pp.381-385, 1989
- [6] 김 현, 김학일, "RSTI 불변 지문인식알고리즘," 전자공학회지, 35권, 5편, 6호, 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