

논문 2013-50-12-20

가변 투영마스크를 이용한 회전지문 정합 알고리즘에 관한 연구

(Rolled Fingerprint Merge Algorithm Using Adaptive Projection Mask)

백 영 현*

(Young Hyun Baek[©])

요 약

본 논문에서는 회전을 통해 입력되는 연속 프레임 단위의 평면지문을 효과적으로 정합하여 보다 많은 지문의 특징점 정보를 취득함으로써, 지문 인식율을 높일 수 있는 회전지문 정합 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서 제안한 가변 투영마스크를 이용한 회전지문 정합 알고리즘은 배경과 평면지문을 분리하는 검출부와 검출된 영상을 순차적으로 투영할 수 있는 투영 마스크 생성부를 갖는다. 또한 정합부에서는 생성된 가변 투영마스크를 중심영상부터 피라미드 형태의 투영법을 이용하여 정합된 회전지문을 취득하였다. 모의실험 결과 평면지문에서 추출되는 특징점 수 평균 46.79%, 매칭을 위한 좋은 정보를 포함한 GOOD 특징점의 개수는 52.0% 많이 검출됨을 보였다.

Abstract

We propose a rolled fingerprint merging algorithm that effectively merges plain fingerprints in consecutive frame units that are fed through rolling and detects more fingerprint minutiae in order to increase the fingerprint recognition rate. The proposed rolled fingerprint merging algorithm uses a adaptive projection mask; it contains a detector that separates plain fingerprints from the background and a projection mask generator that sequentially projects the detected images. In addition, in the merging unit, the pyramid-shaped projection method is used to detect merged rolled fingerprints from the generated variable projective mask, starting from the main images. Simulations show that the extracted minutiae are 46.79% more than those from plain fingerprints, and the proposed algorithm exhibits excellent performance by detecting 52.0% more good fingerprint minutiae that are needed for matching.

Keywords : Fingerprint, Merge Algorithm, Rolled fingerprint, projection Method, Morphology

I. 서 론

최근 국내외에서 생체인식(바이오인식)시장에 관련된

보안산업이 급성장 하고 있다. 바이오인식관련 기술은 개개인이 가지고 있는 평생동안 변하지 않고, 서로 각각 고유의 형태를 가진 생체정보인 지문, 망막, 홍채, 얼굴, 정맥 등을 전자 정보화하여 이를 데이터베이스에 등록하고 보관하였다가, 사용자의 확인 시 인증의 가부를 결정하는 기기를 포함하는 기술을 말한다. 위와 같은 바이오인식 기술 분류는 그림 1과 같다. 다양한 바이오 인식기술이 개발되고, 발전하고 있지만 현재 가장 많이 사용되고, 시장성이 높은 제품군은 단연 지문인식 이용 기술이다^[1~2]. 지문인식 기술은 1684년 영국의 네

* 정회원, (주)유니온커뮤니티 신기술개발연구소
(New Technology & Research Division,
UnionCommunity Co., Ltd.)

© Corresponding Author(E-mail: neural76@unioncomm.co.kr)

※ 본 연구는 2012년~2013년 중소기업 기술개발사업
“글로벌강소기업 육성과제” 지원사업의 결과로 수행되었음.

접수일자: 2013년8월30일, 수정완료일: 2013년11월27일

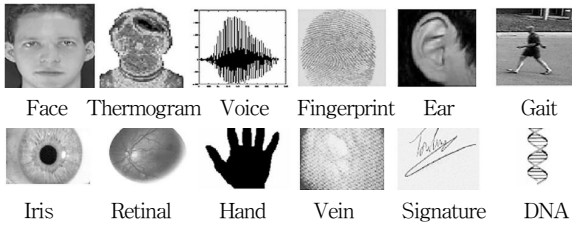


그림 1 바이오인식 기술 분류
Fig. 1. The Biometric technology classification.

이미마크류가 처음으로 사람들의 지문들이 서로 다르다는 것을 알게 되면서부터 시작된 기술이며, 바이오인식 기술 중 가장 오래된 일반화 기술로서, 맨해튼, 시티뱅크 등 대규모 금융기관들은 현금자동지급기의 고객인증을 위해 지문을 시스템에 활용하고 있으며, 뉴욕과 캘리포니아의 복지담당관청은 복지수당의 이중 인출을 방지하기 위해 지문인식 시스템을 활용하고 있다.

이처럼 다양한 용도로 사용됨에 따라 본인식별에 대한 중요도도 더욱 강조되고 있는 상황이다^[3-6]. 이에 본 논문에서는 평면(plain)지문에서 취득할 수 있는 지문정보의 한계를 극복하고, 보다 많은 지문영역 확보를 통해, 본인식별에 유용한 정보 취득을 위한 라이브 회전지문 정합알고리즘을 제안하고자 한다. 본 논문에서 적용한 가변투영마스크를 이용한 회전지문 정합 알고리즘은 검출부와 정합부로 구성하고, 검출부에서는 복잡한 배경에서 정확한 지문영역을 검출하기 위한 배경과 객체를 분할방법을 제안한다. 또한 회전지문 정합부에서는 검출된 지문영상 중 중심영상을 추정하고, 추정된 중심영상의 중심점으로부터, 전체 프레임의 비율에 따라 생성된 가변 투영마스크를 이용하여 회전지문 정합을 수행한다. 마지막으로 모의실험을 통하여 성능을 비교분석하고자 한다. 본 논문의 구성은 II장에서 배경과 지문을 분할하는 객체분할 알고리즘, III장에서는 가변투영 마스크를 이용한 회전지문 정합 알고리즘을 제안하고, 마지막으로 IV장에서는 실험 및 결과고찰을 수행한다.

II. 지문 분할 알고리즘

1. 자동 영상획득 기술

자동영상 획득기술은 최초 영상 취득장치 설정 후 취득한 배경 영상과의 기준 임계값을 연산하여 자동으로 연속지문영상을 획득하는 기술이다. 기술구현을 위해

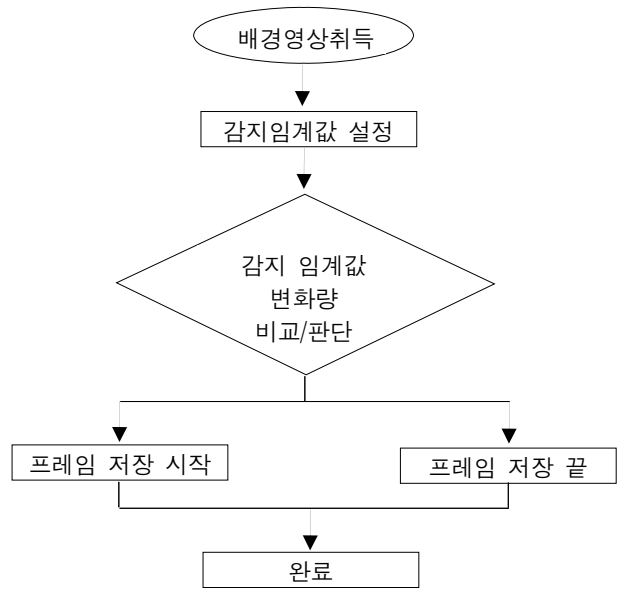


그림 2. 자동 지문영상 획득 순서도
Fig. 2. Automated fingerprint image acquisition flowchart.

감지(sensing) 순간의 평균임계값을 자동으로 설정한다. 사용자의 지문이 입력창에 닿는 순간 임계값이 증가하게 되고, 증가된 임계값이 감지 임계값을 넘는 순간 해당 프레임을 연속 저장을 시작한다. 사용자의 지문이 창에 밀착되어 회전하는 동안 저장 상태를 유지한다. 사용자의 입력이 끝나는 시점에서 손을 떼는 순간 임계값은 감지 임계값 이하로 급격히 감소하게 되고, 감지 임계값 이하로 입력 임계값이 내려가게 되면 프레임 저장을 마치도록 동작한다. 그림 2는 자동 영상 획득 기술과정이다^[7-8].

2. 객체 분할 및 중심영상 추정 기술

2.1 배경영상과 객체영상 분할

그림 3은 자동 지문영상 획득을 통해 저장된 8프레임의 지문영상이다.

두 번째는 중앙 프레임(Center-Frame) 추정 및 분할 기술이다. 중앙 프레임 추정은 식 1과 같다.

$$\text{Center Frame} = \frac{\sum_{i=1}^n (F_i + F_{(i+1)} + \dots + F_n)}{2} \quad (1)$$

식 (1)에서 n 은 입력된 총 프레임 수를 나타내고, F 는 순차적으로 입력된 입력 프레임을 나타낸다. 식 (1)에

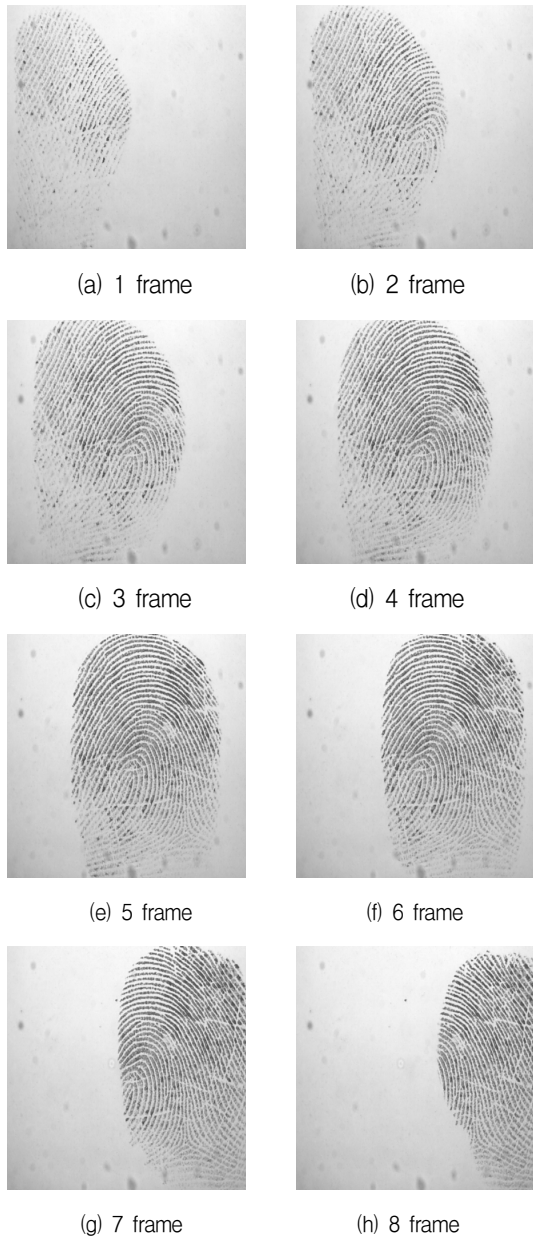


그림 3. 자동 지문획득 결과영상
Fig. 3. Automated acquisition fingerprint result image.

의해 선정된 중앙 프레임에 포함된 지문 정보를 활용하기 위해 배경과 지문데이터 영역을 분할해야 한다. 지문데이터 영역과 배경을 분리하기 위해 기초 배경 프레임과 선정된 프레임간의 뺄셈 연산을 수행한다. 픽셀 단위의 뺄셈 연산은 기준 배경 프레임을 $B(x,y)$ 로 표현하고, 선정된 중앙프레임은 $m(x,y)$ 이면, $B(x,y) - m(x,y)$ 는 두 프레임에서 서로 대응되는 픽셀값의 차를 의미하고 그에 대한 결과를 $R(x,y)$ 로 나타내었고, 그 결과는 식 (2)와 같다.

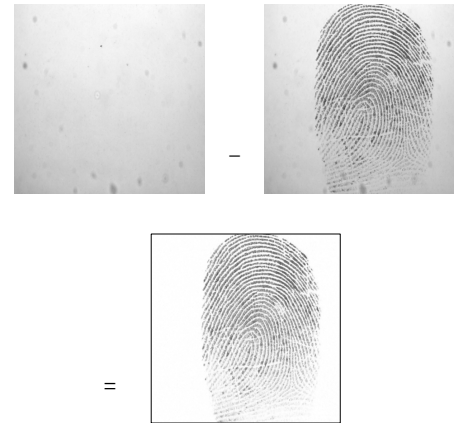


그림 4. 배경과 객체 분할 결과
Fig. 4. Background and object segmentation results.

$$R(x,y) = B(x,y) - m(x,y) \tag{2}$$

그림 4는 식 (2)의 결과영상이다.

2.2 수학적 형태학을 이용한 중심점 추정

수학적 형태학은 영상의 형태학적인 면을 조작하는 것으로 경계, 골격, 블록과 같은 영역 형태를 표현하거나 서술하는데 있어서 유용한 영상 요소들을 추출하기 위한 도구로 수학적 형태론의 개념을 이용하여 영상을 단순화하여 클러스터링 개념을 부가하고자 한다. 이 방법은 영상 전처리 작업이나 초기 객체 분류 또는 이러한 처리 뒤에 이어서 물체의 내재된 구조를 명확히 하는데 이용된다. 이는 물체의 외각선을 물체의 가장 현저한 1-픽셀(pixel) 두께의 외각선이나 골격 선을 간단하게 함으로써 구성된다. 이진 형태학의 기본 연산은 Dilation과 Erosion으로 구성된다. 그레이 스케일 형태학은 이진 형태학을 확장한 집합의 Top Surface 개념과 Surface의 umbra 개념을 도입한 것이다[9-11]. 그레이 스케일 Erosion은 최소연산과 감산의 집합연산으로 계산할 수 있다. 따라서 설계자가 적절한 구조적 원소와 연산을 선택하여 데이터의 필요 유·무를 공간 영역에서 적절하게 활용할 수 있어 의미 전달이 용이하다. 그레이 스케일 영상을 c_j 라 하고, 영상의 처리 공간 E^N 의 함수를 k 라 정의하면, x 는 공간 E^N 에서의 한 점일 때, 두 함수의 Dilation은 두 함수의 umbra의 dilation에 의한 surface로 정의되며 k 에 의한 c_j 의 Dilation은 식 (3)과 같다.

$$c_j \oplus k = T[U[c_j] \oplus U[k]] \quad (3)$$

Dilation을 합집합에 의한 최대값을 얻을 수 있도록 변환하면 $c_j \oplus k$ 는 식 (4)와 같이 계산할 수 있다. 그리고 $x \in D$, $K = [-v, \dots, 0, v]$ 이다.

$$(c_j \oplus k)(x) = \max_{\substack{z \in K \\ x-z \in C}} \{ c_j(x-z) + k(z) \} \quad (4)$$

$c_j(x)$ 가 샘플링 함수 $c_j(i)$, $i \in Z$ 이고, K 는 구조적 집합이면 Dilation 필터의 출력은 식 (5)가 된다.

$$y_i = [c_j \oplus K](i) = \max \{ c_j(i-v), \dots, c_j(i), \dots, c_j(i+v) \} \quad (5)$$

구조적 원소의 구조에 의해 정의된 이웃에서 c_j+k 의 최대값을 선택하는 결과이며, 그레이 스케일 영상에 대해서 Dilation을 수행하였을 때 일반적인 결과는 2가지 특성을 가지는데, 첫째로 구조적 원소의 값이 모두 양수이면 입력 영상보다 밝아지는 경향이 있으며, 둘째로 어두워지는 것은 구조적 원소의 값이 감소되거나 제거되는 것으로 설명할 수 있다. 따라서 그레이 스케일 영상의 값과 모양은 Dilation에 이용되는 구조적 원소에 관계된다. Erosion에 대한 정의는 Dilation의 정의와 같은 방법으로 정의되며, Erosion은 $c_j \ominus k$ 로 표시되고 식 (6)과 같이 정의된다.

$$c_j \ominus k = T[U[c_j] \ominus U[k]] \quad (6)$$

Erosion은 차집합의 최소값으로 얻을 수 있도록 변환하면 $c_j \ominus k$ 는 식 (7)과 같이 계산할 수 있다.

$$(c_j \ominus k)(x) = \min_{\substack{z \in K \\ x+z \in C}} \{ c_j(x+z) - k(z) \} \quad (7)$$

$c_j(x)$ 가 샘플링 함수 $c_j(i)$, $i \in Z$ 이고, K 는 구조적 집합이면 Erosion 필터의 출력은 식 (8)과 같다.

$$y_i = [c_j \ominus K](i) = \min \{ c_j(i-v), \dots, c_j(i), \dots, c_j(i+v) \} \quad (8)$$

Erosion은 구조적 원소 k 의 이동이라기보다는 c_j 의 이동으로 이해할 수 있으며, Erosion은 구조적 원소에 의해 정의되는 이웃에서 c_j-k 의 최소값을 선택한다. 그레이 스케일 영상에 대해 Erosion을 수행하였을 때

일반적인 결과는 구조적 원소의 모든 원소들이 양수이면 출력영상은 입력영상에 비해 어두워지며, 또한 영상의 밝은 부분은 형태소의 모양과 값의 크기에 따라 줄어들거나 사라지게 된다. 또한 Opening과 Closing은 Dilation과 Erosion을 연속적으로 적용함으로써 정의되며, 만약 구조적 원소 g 에 의한 c_j 의 Opening c_j^g 는 식 (9)와 같다.

$$c_{j,g}(x) = [(c_j \ominus g^s) \oplus g](x) = [c_j(x) \ominus g(-x)] \oplus g(x) \quad (9)$$

또한 구조적 원소 g 에 의한 c_j 의 Closing c_j^g 는 식 (10)과 같다.

$$c_j^g(x) = [(c_j \oplus g^s) \ominus g](x) = [c_j(x) \oplus g(-x)] \ominus g(x) \quad (10)$$

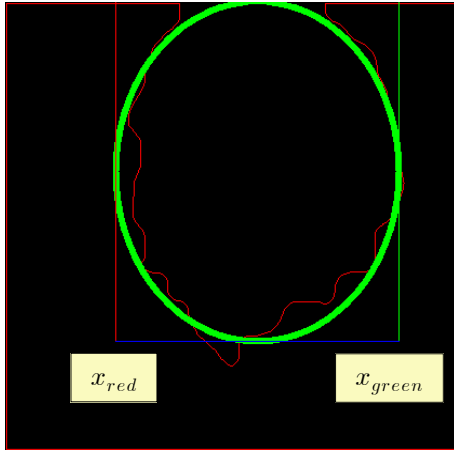
수학적 형태학을 적용한 결과는 그림 5와 같다.

실제 지문영역의 중심좌표를 찾기 위해 전처리 된 그림 5의 결과영상에서 가장 바깥쪽의 외곽선을 검출하고, 검출된 외곽선의 수평, 수직, 대각선을 연결하여 지문 데이터 영역을 확정한다. 중심점을 찾기 위해 우측 수평 피크값과 좌측 피크값을 이용할 경우 불균형한 형태의 지문 유형이 나올 경우 오류의 소지가 많이 내포되어 있다. 따라서 본 논문에서는 지문의 형태가 타원형에 가깝다는 점을 착안하여, 형태학 적용 결과 영상의 height와 width 값을 타원의 주축과 종축의 길이로 이용하여 지문과 유사하고 측정하기 용이한 타원을 생성하였다. 타원의 기울기 각도는 90° 를 유지하여 수평과 수직 비율을 유지하였다. 그림 6은 결과영상이다.

그림 6의 (a)에서 타원의 좌측 수평 피크점과 우측 피크점에 90° 수직접선을 생성하고, 식 11을 이용하여 중심 좌표를 구한다.



그림 5. 수학적 형태학 적용 결과
Fig. 5. The result of applying mathematical morphology.



(a) 타원형 지문영역검색영상

그림 6. 지문영역 검색 결과

Fig. 6. The result of fingerprint region.

$$Middle\ Point = N + |L(x_{red}, 0) - R(x_{green}, 0)| \quad (11)$$

식 (11)에서 $L(x_{red}, 0), R(x_{green}, 0)$ 은 각각 해당 x 좌표의 값을 나타내고, N 은 좌측 또는 우측 수평픽크 좌표값을 말한다.

즉, 회전 지문 입력 방향이 서쪽방향에서 동쪽으로 이용할 때, $L(x_{red}, 0) + |L(x_{red}, 0) - R(x_{green}, 0)|$ 가 된다. 이와 같은 방법은 중심좌표가 항상 (0,0)에서 시작되지 않기 때문에 추정된 중심 지문영역과 접선을 이룬 좌표값으로 입력해야 정확한 중심좌표를 구할 수 있음을 제안하고 있다.

III. 가변투영마스크를 이용한 회전지문 정합

회전지문 취득을 위한 가변투영마스크 템플릿 구조는 식 (11)에서 구해진 중심 좌표점을 기준으로 계층적 분리 템플릿을 적용한 통한 피라미드 형태를 갖추고 있다. 가변투영마스크란 입력된 전체 지문 영상 중 창 중심에 형성된 지문을 중심프레임으로 선정하고, 선정된 프레임에 포함된 지문영상 영역의 중심을 구한다. 구해진 중심좌표를 기반으로 총 입력 프레임의 수에 따라 표1과 같이 계층설정 파라미터를 자동으로 호출하여 중심프레임부터 일정간격으로 위에서 아래를 바라보는 형식으로 투영할 수 있는 일종의 필터 역할을 하는 투영 마스크이다. 예를 들어 지문 입력 창의 크기가 420 x 420 이면, 계층 설정 파라미터 k 를 3으로 설정한다.

표 1. 입력창의 크기 설정에 따른 가변투영마스크 템플릿

Table 1. Variable projection mask according to the input windows setting size.

입력 창 크기 (단위:pixel)	계층 설정 파라미터 k
160*120, 200*200	2
320*240, 420*420	3
680*480	4~5
1024*680	5~7
사용자 정의	최소2~최대10

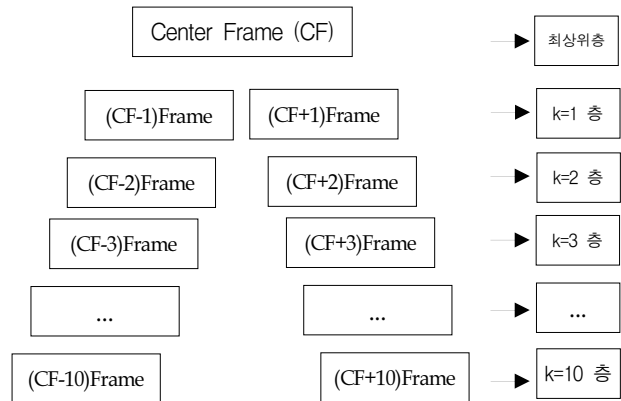


그림 7. Top & Bottom 방식을 적용한 투영마스크 구조
Fig. 7. Top&Bottom mask structure projection method applied.

그림 8. 수직 투영 마스크 결과

Fig. 8. The results mask the vertical projection.

CF-k Frame	...	CF-1 Frame	Center Frame	CF +1 Frame	...	CF+k Frame
------------	-----	------------	--------------	-------------	-----	------------

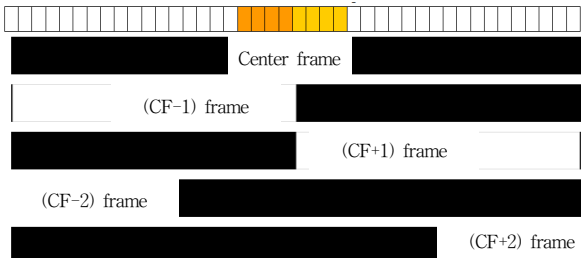
표 1은 지문 입력창의 크기에 따른 가변투영마스크의 계층 수를 정리한 표 1이다.

그림 7은 추정된 중앙 프레임을 기준으로 순차적으로 들어온 프레임을 Top & Bottom 방식으로 쌓아 내려가는 피라미드 구조이다.

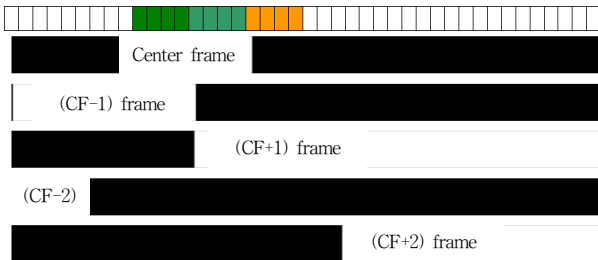
그림 7을 수직으로 투영하면, 그림 8과 같이 표현할 수 있다. 식 (11)에 의한 중점 좌표에 따라 Center Frame 위치가 변화하며, 변화된 위치에 그림 8과 같이 적응적 투영마스크 구조를 투영하면 입력 프레임의 전체 정보를 하나의 프레임으로 정합 할 수 있다.

획득된 중심좌표에 따라 투영 템플릿이 생성되며 이를 이용하여 회전지문 정합을 수행한다. 이때 투영 템플릿 구조는 프레임 수와 창 크기에 따라 적응적으로 제작되어 사용된다.

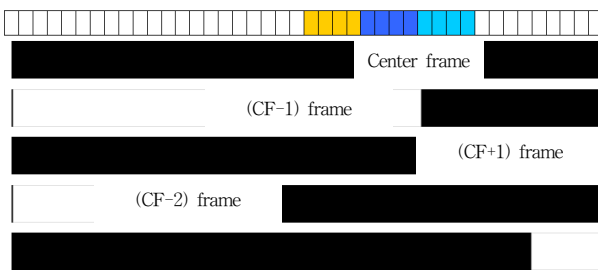
<Case 1. 지문 중심좌표가 입력창 중앙에 있는 경우>



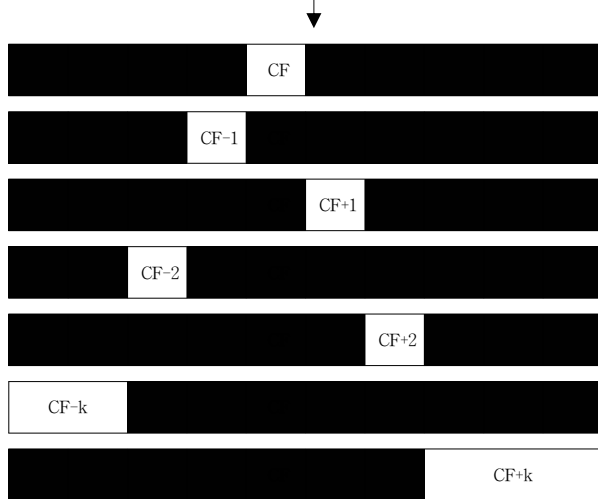
<Case 2. 지문 중심좌표가 입력창 왼쪽에 있는 경우>



<Case 3. 지문 중심좌표가 입력창 오른쪽에 있는 경우>



중심좌표



가변 투영 마스크 생성

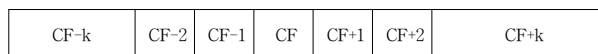


그림 9. 생성된 가변 투영 마스크 템플릿
Fig. 9. Variable projection mask template created.

case 1은 연속해서 입력되는 지문영상 중 중심프레임이 입력창 중앙에 있는 경우, case 2는 중심프레임이 왼쪽에 있는 경우, case 3은 중심프레임이 오른쪽에 있는 경우에 따라 생성되는 가변투영마스크를 보여준다. 이때, k 는 2로 설정함을 가정한다.

이와 같이 중심점 위치를 찾고, 중심점을 바탕으로 적응적으로 투영마스크가 생성되며, 생성된 마스크의 마스터 구조는 Frame rate와 window size에 따라 그림 9와 같이 결정된다.

IV. 실험 및 결과 고찰

제안된 알고리즘의 성능평가를 위해 자동 지문프레



그림 10. 평면지문의 특징점 추출 결과 영상
Fig. 10. Plain fingerprint minutiae result image.

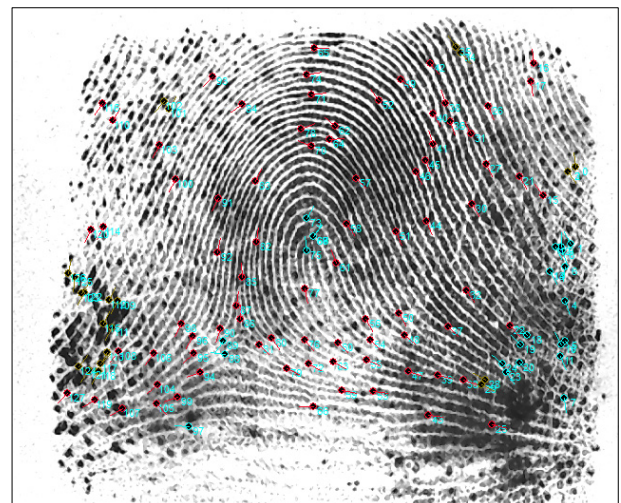


그림 11. 회전지문 특징점 추출 결과 영상
Fig. 11. Rolled fingerprint minutiae result image.

표 2. 특징점 추출 성능 비교
Table 2. Performance comparison of minutiae extraction.

테스트 지문(10개)		전체특징점	유효특징점 (분기, 끝점)
지문 1	평면	39	32
	회전	107	72
특징점 증가율		36.4% 증가	44.4% 증가
지문 2	평면	41	33
	회전	112	87
특징점 증가율		36.6% 증가	37.9% 증가
테스트 지문(10개)		전체특징점	유효특징점 (분기, 끝점)
지문 3	평면	58	48
	회전	128	90
특징점 증가율		45.3% 증가	53.3% 증가
지문 4	평면	54	45
	회전	132	79
특징점 증가율		40.9% 증가	56.9% 증가
지문 5	평면	62	51
	회전	134	88
특징점 증가율		46.2% 증가	57.9% 증가
지문 6	평면	45	32
	회전	88	70
특징점 증가율		51.1% 증가	45.7% 증가
지문 7	평면	53	40
	회전	97	71
특징점 증가율		54.6% 증가	56.3% 증가
지문 8	평면	72	51
	회전	132	93
특징점 증가율		54.5% 증가	54.8% 증가
지문 9	평면	62	47
	회전	127	92
특징점 증가율		48.8% 증가	51.0% 증가
지문 10	평면	61	54
	회전	114	87
특징점 증가율		53.5% 증가	62.0% 증가
전체 평균		전체특징점	유효특징점 (분기, 끝점)
평균 특징점 증가율		46.79% 증가	52.0% 증가

임 획득 및 지문영역 분할과 가변투영마스크 템플릿 생성을 이용한 회전지문 정합 알고리즘의 효율을 평가하였다. 실험은 평면지문 획득과 제안된 알고리즘을 적용한 회전지문 정합 지문영상을 취득한 후 각각의 지문 특징점을 추출하여 전체 특징점 갯수와 유효 특징점의 갯수를 평가적으로 사용하였다. 그림 10은 평면지문의 특징점 추출결과이고, 그림 11은 회전지문 정합에서 추출된 특징점 결과이다.

지문인식알고리즘의 구성은 크게 추출파트와 매칭파트로 구분되어 있다^[3~5]. 실제 인식률을 향상을 위해서

는 좋은 특징점을 많이 추출하여, 매칭에 유용한 정보를 제공하여야 한다. 위 결과 표 2에서 보듯, 제안된 알고리즘을 이용하여 정합된 회전지문영상에서 평균 46.79%의 전체 특징점 추출 향상률을 보였다. 또한 실제 매칭에 활용되는 좋은 퀄리티를 포함한 유효 특징점 정보에서는 평면지문에서 획득되는 특징점 정보보다 평균 52.0%의 우수함을 확인 할 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제안한 가변투영마스크를 이용한 회전지문 정합 알고리즘은 기존 평면지문의 정보취약을 보완하고, 마스크 템플릿 생성방식을 통해 속도를 향상함으로써 향후 라이브스캐너 분야에 효과적으로 활용될 것으로 사료됩니다.

REFERENCES

- [1] Seung Min Jung, "Preprocessing Algorithm for Enhancement of Fingerprint Identification", Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol 44, No.3, May, 2007.
- [2] Henry C. Lee R.E. Gaensslen, "Advances in Fingerprint Technology", CRC Press, 1993.
- [3] Jun Sik Kwon, "Improved Parallel Thinning Algorithm for Fingerprint Image Processing", Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol 41, No.3, May, 2004.
- [4] Jeong Serk Roh, Yoong Hoon Jung, Sang Burm Rhee, "A Study on Adaptive Feature-Factors Based Fingerprint Recognition", Summer Institute of Electronics Engineers of the General Conference 2003, Vol 23, No.1, 2003.
- [5] Hyun Kim, Hak il Kim, "Rotation Scale Translation Intensity Invariant Algorithm for Fingerprint Identification", Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol 35, No.6, June, 1998.
- [6] Kyung Nam Kim, Hwan Soo Choi, "A Study on A Rotatiion Compensation of Person Identification Algorithm Utilizing Finger Crease Pattern", Computer / semiconductor Society Proceedings, Vol 25, No.2, 2002.
- [7] M. Hotter and R. Thoma, "Image Segmentation Based on Object Oriented Mapping Parameter Estimation," Signal Processing, vol. 15, no. 3, pp. 315-334, Oct.,1988.
- [8] L. Vincent and P. Soille, "Watersheds in Digital Spaces: An Efficient Algorithm Based on immersion Simulation," IEEE Trans. on Pattern

- Analysis and Machine Intelligence, Vol 13, No. 2, pp.583-598, June, 1991.
- [9] R. Crane, "A simplified approach to Image Processing," Prentice-Hall, 1997.
- [10] Kirby, M. and Sirovich, L., "Application of the KL Procedure for the Characterization of Human Face," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 12, No. 1, pp. 103-108, 1990.
- [11] Y. H. Baek, "A Study on Color Image Edge Detection using Adaptive Morphological Wavelet-CNN Algorithm" Wonkwang University, M. S., Feb. 2002.

저 자 소 개



백 영 현(정회원)

2002년 원광대학교 전자공학과
학사 졸업.

2004년 원광대학교 전자공학과
석사 졸업.

2007년 원광대학교 전자공학과
박사 졸업.

2007년~2009년 원광대학교 전자제어공학부
조교수

2009년~현재 (주)유니온커뮤니티 신기술개발
연구소 AID팀 팀장

<주관심분야 : 영상신호처리, 객체 검출 및 인식,
지능형영상시스템, 생체인식관련 분야 >