

# 지문 영상의 주름선 검출을 위한 효율적인 전처리 기법<sup>†</sup>

(An Efficient Preprocessing Technique for Improving  
the Performance of the Crease Detection)

박성욱\*, 박종욱\*  
(Sung-Wook Park, Jong-Wook Park)

**요약** 본 논문에서는 지문 영상 내부에서 특징 정보 추출의 정확성을 향상시킬 수 있도록 영상 전처리 과정에 방향성 중간값 필터를 적용한 주름선 검출 방법을 제안한다. 제안한 방법은 먼저 픽셀이 주름선 후보 영역에 해당하는지를 결정하여 그 위치에 해당하는 주름선 방향을 검출한다. 그리고 주름선 검출의 성능 향상을 위해 후보 영역에 대한 방향성 중간값 필터를 적용하여 지문 영상을 향상시킨 다음, 후보 화소로 구성된 영상에서 후보 화소가 가지는 주름선 방향을 이용하여 영상의 분해 및 합성을 통해 주름선 영역을 검출한다.

**핵심주제어** : 지문 인식, 주름선 검출

**Abstract** In this paper, We propose an highly efficient preprocessing technique for improving the performance of the crease extraction method, which can improve the accuracy of feature extraction within the fingerprint image. The proposed method applies the 1-dimensional directional slit for each pixel in fingerprint image. Once the direction of every pixel in crease candidate area is estimated, it is decomposed into different images depending on their direction. From the directional images, the crease clusters are estimated by utilizing the property of crease area. The proposed method finally extracts the crease from the crease clusters estimated from directional images.

**Key Words** : Fingerprint Recognition, Crease Detection

## 1. 서론

개개인의 생체적 특징을 이용한 대표적인 생체 인식 기술로는 지문, 얼굴, 홍채, 망막, 정맥인식 등이 있으며, 행동적인 특징을 이용한 기술로는 서명, 음성인식 기술 등이 대표적인 것들이다. 지문의 경우 이미 수백 년 전부터 개인마다 유일한 지

문을 가지고 있다는 사실이 입증되어 본인과 타인을 구별하는 수단으로 사용되어 왔으며 현재 기계화, 전산화가 가장 진전된 분야중의 하나이다<sup>[1, 2]</sup>.

지문 인식은 지문을 2차원 영상으로 획득하고, 획득된 지문 영상으로부터 특징 정보를 추출한 다음 데이터베이스에 저장된 특징 정보와 비교하여 유사성을 확인하는 기술이다. 지문 인식 시스템에서 특징 추출의 정확성은 시스템의 인식율에 많은 영향을 미치는 것으로 매우 중요한 과정이며, 지문 인식을 향상을 위해서는 더욱 효율적이고 정확

<sup>†</sup> 이 논문은 인천대학교 2008년 자체연구비 지원에 의하여 수행되었음.

\* 인천대학교 전자공학과

한 오 추출 제거 방법이 요구된다. 지문 영역에 포함된 주름선(crease) 영역 및 이로부터의 오 추출 방지에 대하여 최근 연구가 진행되기 시작하였다.

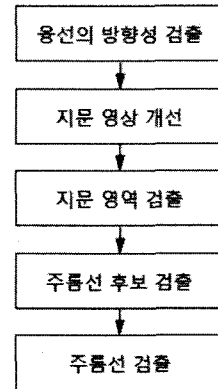
기존의 주름선 검출 방법으로는 수평 및 수직 방향의 에지 검출에 의한 방법<sup>[3]</sup>과 방향성 최적화 필터에 의한 방법<sup>[4]</sup>이 있다. 경계 검출에 의한 방법은 주름선 영역에서 수평 또는 수직의 기울기 값이 높게 나타나는 특성에 의한 것이나, 사선 방향으로 분포하는 주름선 영역을 정확히 검출하기에는 어려움이 있다. 그리고 방향성 최적화 필터에 의한 방법은 각 픽셀에 대하여 1차원 방향성 슬릿(slit) 영상을 생성하고 슬릿 영상을 주파수 영역으로 변환한 다음, 저주파 특성을 보이는 주름선을 검출하는 방법이다. 이 방법은 다양한 방향에 대하여 비교적 정확히 주름선을 검출할 수 있으나, 각 방향의 슬릿 영상을 주파수 영역으로 변환하므로 많은 연산량이 요구된다.

또한 낮은 품질의 지문 영상은 융선의 방향이나 융선과 골이 가지고 있는 주파수 특성이 균일하지 못하고 심하게 왜곡될 수 밖에 없으며, 융선 사이의 작은 잡음 및 땀구멍의 영향으로 끊어진 융선에 의한 홀등은 왜곡 현상이 더욱 크게 나타나게 하는 원인이 된다. 일반적으로 사용되는 가보(Gabor) 필터 기반의 알고리즘은 가우시안 저역 통과 필터를 사용하여 지문 영상의 잡음을 줄인 후 융선의 방향과 주파수를 추출하는 방법이다. 그러나 이러한 낮은 품질의 지문 영상에서는 융선의 방향이나 주파수 추정 결과가 왜곡될 수 있으며, 이런 잘못된 정보를 이용하여 가보 필터링한 지문 영상은 특징점들이 왜곡되는 현상을 보이고, 단점이 인근의 융선과 붙으면서 특징점 종류가 변하기도 한다.

본 논문에서는 지문 영상 내부에서 특정 정보 추출의 정확성을 향상시킬 수 있도록 영상 전처리 과정에 방향성 중간값 필터를 적용한 주름선 검출 방법을 제안한다. 제안한 방법은 <그림 1>과 같이 먼저 픽셀이 주름선 후보 영역에 해당하는지를 결정하여 그 위치에 해당하는 주름선 방향을 검출한다. 그리고 주름선 검출의 성능 향상을 위해 후보 영역에 대한 방향성 중간값 필터를 적용하여 지문 영상을 향상시킨 다음, 후보 화소로 구성된 영상에서 후보 화소가 가지는 주름선 방향을 이용하여 영상을 분해한다. 마지막으로 분해된 영상으

로부터 주름선 영역 클러스터(cluster)들을 검출한 다음, 합성함으로써 주름선 영역을 결정한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 전처리 방법을 기술하고, III장에서는 지문 영역에서 주름선 검출 방법에 대하여 기술하고, IV장에서는 제안한 방법에 대한 실험 방법 및 결과를 보인다. 그리고 V장에서 결론을 맺는다.



<그림 1> 주름선 검출 흐름도

## 2. 주름선 검출을 위한 전처리

### 2.1 방향성 지도 검출

방향성 지도 검출은 지문 영상의 국부 영역별 융선 흐름 방향을 검출하는 것이다. 방향성 지도는 지문 영상의 전처리에 앞서 추출하는데, 일반적으로 지문 영상 전체를 동일한 크기를 가지는  $W \times H$  개의 부 영상으로 분할한 다음, 각 부 영상별로 계산한 방향 값들로 구성된  $W \times H$  차원의 행렬을 방향성 지도로 정의한다<sup>[5]</sup>. 방향성 지도를 구성하는 부 영상의 방향을 정하기 위하여 많은 방법들이 연구되었으나, 본 논문에서는 소벨(Sobel) 연산을 이용하는 최적화 함수에 의한 방법<sup>[5,6]</sup>을 사용하여 부 영상의 방향성을 검출한다.

소벨 연산은 중심 화소에 대하여 수평과 수직 방향으로의 인접 화소와 밝기 값 변화 정도를 계산하는 것이다. <그림 2>는  $z_5$ 를 중심 화소로 하는  $3 \times 3$  크기의 영상을 의미하며, 기준 화소  $z_5$ 에 대한 수평 기울기  $G_x$ 와 수직 기울기  $G_y$ 는 식 (1, 2)와 같다.

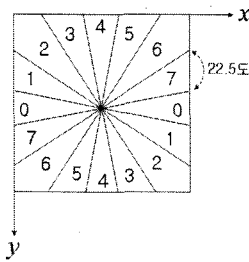
$z_1$	$z_2$	$z_3$
$z_4$		$z_6$
$z_7$	$z_8$	$z_9$

<그림 2> 소벨 연산자

$$G_x = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \quad (1)$$

$$G_y = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \quad (2)$$

검출된 방향을 <그림 3>과 같이 22.5도 간격으로 정규화하여 8방향의 방향 지도를 구성한다.



<그림 3> 용선의 8방향 정의

## 2.2 최적화 함수에 의한 방향 검출

$(W+1) \times (W+1)$  픽셀 크기를 갖는 부 영상의 중심 픽셀  $(i, j)$  위치에 대한 용선 방향  $\theta(i, j)$ 는 식 (3)과 같이 표현된다.

$$\theta(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{V_y(i, j)}{V_x(i, j)} \quad (3)$$

여기서,

$$V_x(i, j) = \sum_{u=i-\frac{W}{2}}^{i+\frac{W}{2}} \sum_{v=j-\frac{W}{2}}^{j+\frac{W}{2}} 2G_x(u, v)G_y(u, v) \quad (4)$$

$$V_y(i, j) = \sum_{u=i-\frac{W}{2}}^{i+\frac{W}{2}} \sum_{v=j-\frac{W}{2}}^{j+\frac{W}{2}} G_x^2(u, v)G_y^2(u, v) \quad (5)$$

식 (4), (5)에서  $G_x(u, v)$ 와  $G_y(u, v)$ 는  $(u, v)$  위치 픽셀에서 소벨 연산에 의해 계산된 수평과 수직 기울기 값이다.

이와 같이 계산된 부 영상의 용선 방향  $\theta(i, j)$ 는 지문 영상의 입력 과정에서 발생한 잡음 첨가 및 용선 끊어짐 등에 의하여, 인접 부 영상의 방향과 비교할 때 연속적이지 못하다. 따라서 인접 부 영

상의 방향을 고려하여 다음과 같이 가우시안 필터에 의한 방향 평활화 과정을 수행한다. 먼저,  $(i, j)$  위치에서의 용선 방향  $\theta(i, j)$ 를 식 (6)과 식 (7)에 의하여, 연속적인 벡터 필드  $\Phi_x(i, j)$ 와  $\Phi_y(i, j)$ 로 변환한다.

$$\Phi_x(i, j) = \cos(2\theta(i, j)) \quad (6)$$

$$\Phi_y(i, j) = \sin(2\theta(i, j)) \quad (7)$$

그리고 연속적인 벡터 필드는 식 (8)과 식 (9)에 의하여 가우시안 평활화 과정을 수행한다. 여기서,  $G$ 는  $w_\phi \times w_\phi$  크기의 2차원 가우시안 저역 통과 필터(low pass filter)이다.

$$\Phi'_x(i, j) = \sum_{u=-\frac{w_\phi}{2}}^{\frac{w_\phi}{2}} \sum_{v=-\frac{w_\phi}{2}}^{\frac{w_\phi}{2}} G(u, v)\Phi_x(i-uw, j-vw) \quad (8)$$

$$\Phi'_y(i, j) = \sum_{u=-\frac{w_\phi}{2}}^{\frac{w_\phi}{2}} \sum_{v=-\frac{w_\phi}{2}}^{\frac{w_\phi}{2}} G(u, v)\Phi_y(i-uw, j-vw) \quad (9)$$

마지막으로, 식 (10)에 의하여  $(i, j)$  위치의 용선 방향  $\theta(i, j)$ 는 평활화 방향  $O(i, j)$ 로 변환되어, 부 영상의 용선 방향으로 결정된다.

$$O(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\Phi'_y(i, j)}{\Phi'_x(i, j)} \quad (10)$$

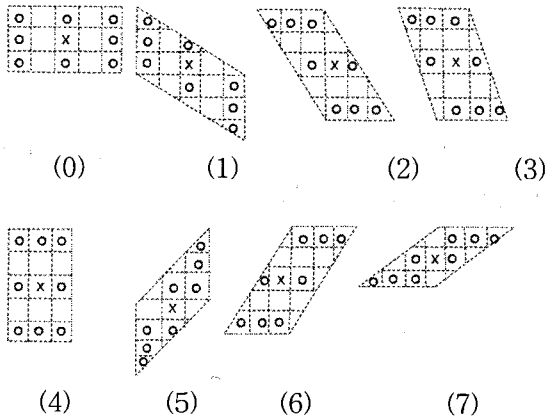
## 2.3 방향성 중간값 필터를 이용한 영상 개선

지문 영상은 잡음의 첨가와 피부 상태 등에 의하여 용선이 끊어지거나 붙는 현상이 발생한다. 일반적으로 지문 영상 해석의 성능을 높이기 위한 잡음 제거와 용선의 연속성을 강화하기 위해서 가보 필터 기반의 알고리즘을 사용하는데<sup>[7]</sup>, 이 방법은 가우시안 저역 통과 필터를 사용하여 지문 영상의 잡음을 줄인 후 용선의 방향과 주파수를 추출하는 방법이다. 그러나 낮은 품질의 지문 영상에서는 용선의 방향이나 주파수 추정 결과가 왜곡될 수 있으며, 이런 잘못된 정보를 이용하여 가보 필터링한 지문 영상은 특징점들이 왜곡되는 현상

을 보이며, 단점이 인근의 융선과 붙으면서 특징점 종류가 변하기도 한다. 또한 가우시안 저역 통과 필터는 지문의 융선이 가지고 있는 방향 지향성을 적용할 수 없기 때문에 성능의 한계가 있다 [8].

본 논문에서는 잡음 제거와 융선 연속성을 강화하기 위해서, 앞서 검출한 융선의 방향성 지도를 이용하는 방향성 중간값 필터(directional median filter)<sup>[9]</sup>를 적용한다. 일반적인 사각 템플릿을 가진 표준 미디언 필터를 적용할 경우 영상 복원 및 잡음 감소 측면에서 성능의 한계가 있으며, 필터링 마스크의 불확실한 방향성 때문에 지문의 미세한 분기점을 변하게 할 수 있을 뿐 아니라 왜곡된 미세한 분기점을 생성할 수도 있다. 이것은 지문 영상에서의 융선의 흐름이 완만하고 서서히 방향이 변하는 형태를 가지고 있기 때문이다.

방향성 중간값 필터는 <그림 3>의 0부터 7까지의 융선 방향성에 <그림 4>와 같은 템플릿을 적용하여 수행된다.

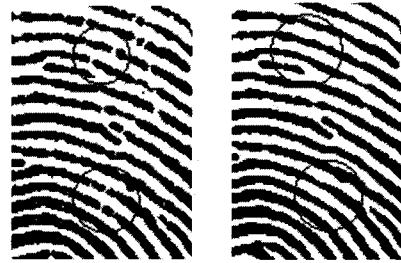


<그림 4> 융선 방향성 템플릿

본 논문에서는 중간값 필터의 윈도우 크기를 9로 설정하였다. 방향성 중간값 필터의 윈도우 크기가 너무 작을 경우 영상의 잡음 제거가 제대로 수행되지 않을 수 있으며, 반대로 너무 클 경우에는 불필요한 영상의 왜곡이 발생할 수 있다.

<그림 5> (a)는 가보 필터 기반의 알고리즘을 사용한 영상 개선 결과를 보여준다. 결과 영상과 같이 이 알고리즘은 잡음 개선에는 효과가 있지만, 끊어진 융선을 복원하는 기능은 미약하다는 것을 알 수 있다. <그림 5> (b)는 지문 영상에서 손상된 융선이 존재할 경우, 방향성 중간값 필터

에 의해 복원된 결과를 보여준다. 이러한 방향성 중간값 필터의 특징은 거짓 특징점(false minutiae)들을 제거하기 위한 많은 전처리 작업을 생략할 수 있다.



(a) 끊어진 융선 (b) 복원된 융선

<그림 5> 방향성 템플릿에 의한 융선 복원

## 2.4 지문 영역 검출

지문 영역 검출은 지문 영상으로부터 지문 영역과 배경 영역을 분리하는 과정이다. 본 논문에서는 부 영상에 대하여 분산을 계산하였을 때 높은 분산을 나타내는 영역을 지문영역으로 선정하는 방법을 사용한다.  $M \times N$  화소 크기를 가지는 부 영상에 대하여 분산은 식(11)와 같이 계산된다.

$$Var = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (I(i,j) - Mean)^2 \quad (11)$$

여기서,

$$Mean = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M I(i,j) \quad (12)$$

이고,  $I(i,j)$ 는  $(i, j)$  위치에서의 화소 밝기 값이다. 이때, 배경 영역에 포함된 잡음은 국부적으로 높은 분산 값을 나타낼 수 있으므로 지문영역으로 검출될 수 있다. 그리고 지문 영역에서 융선 간격이 넓거나 골의 폭이 큰 경우에는 국부적으로 낮은 분산 값이 발생하므로 배경영역으로 제거될 수 있다. 따라서 이러한 경우에 대한 후처리 과정이 필요하다.

지문 영역 검출의 후처리 과정은 지문영역 후보 화소로 구성된 영상에 대하여, 지문영역으로 검출된 후보 화소를 제거하고 제거된 화소를 지문영역 화소로 복원하는 과정이다. 본 논문에서 후처리 과정은 형태학적 연산(morphology), 최대 면적 영역 선정, 외곽 경계 검출의 세 단계로 이루어

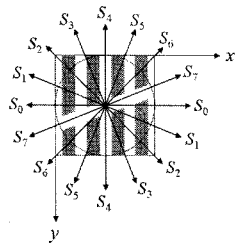
지며, 지문 영역 후보 화소는 이러한 후처리 과정을 통하여 지문 영역 화소로 결정하게 된다.

### 3. 주름선 검출

#### 3.1 주름선 후보 검출

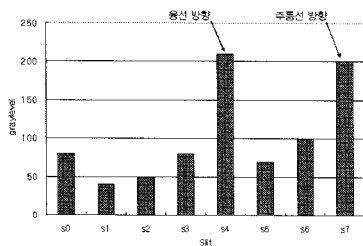
지문 영상에서 주름선은 용선 방향과 일치하지 않는 방향성을 가진다. 따라서 본 논문에서는 각 화소에 대하여 용선 방향을 바탕으로 주름선 특성을 갖는 방향을 검출한 다음, 중심 화소와 주변 화소의 주름선 방향 관계에 의하여 중심 화소를 주름선 영역 후보 화소로 선정한다.

먼저, 픽셀 위치에서의 주름선 방향 검출을 위하여 현재 픽셀을 기준으로 <그림 6>과 같이 8방향에 대한 1차원의 방향성 픽셀 값 슬릿  $S_0 \sim S_7$ 을 구성한다. 이때 슬릿의 길이는 충분한 개수의 용선이 포함되도록 설정하여야 하고, 각 슬릿은 동일한 개수의 픽셀을 포함하여야 한다.



<그림 6> 방향성 슬릿

<그림 6>에서 점선의 원으로 표시한 것과 같이, 각 방향성 슬릿이 중심 픽셀로부터 동일한 크기의 슬릿에 분포하는 픽셀들의 픽셀 값을 누적하여 히스토그램으로 나타내면 <그림 7>과 같이 표현된다.



<그림 7> 누적 히스토그램

주름선의 방향은 용선 방향과 일치하지 않으므로, 용선 방향의 슬릿은 주름선 후보 화소 검출에서 제외한다. <그림 7>의 히스토그램에서 슬릿  $S_4$ 와  $S_7$ 이 높은 밝기 값을 보이고 있으나,  $S_4$ 는 용선 방향과 일치하므로 주름선 방향이 될 수 없고  $S_7$ 이 주름선 방향이 된다.

식 (13)은 검출된 방향에 해당하는 슬릿의 평균 밝기 값이 기준 밝기 값 ( $Th_{Graylevel}$ ) 보다 커야하고, 식 (14)는 길이  $L$ 을 갖는 검출된 방향 슬릿의 밝기 값 변화가 기준 변화 값 ( $Th_{Gradient}$ ) 보다 작아야 하는 것을 의미한다.

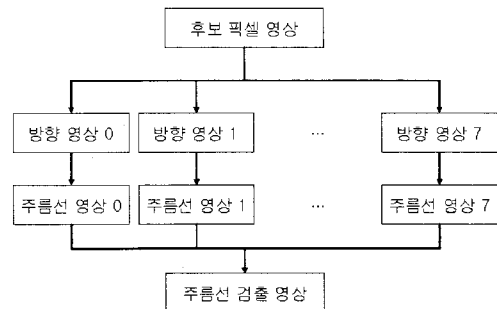
$$M_C > Th_{Graylevel} \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^L \nabla S_C(i) < Th_{Gradient} \quad (14)$$

여기서  $M_C = \text{Max}(M_i)$ ,  $i=0 \dots 7$  이고  $M_i = \text{Mean}(S_i)$ ,  $i=0 \dots 7$  이다.  $\nabla S_C$ 는 검출된 주름선 방향 슬릿의 화소 밝기 값의 변화,  $M_C$ 는 주름선 방향 슬릿위의 평균 밝기 값,  $M_i$ 는  $i$  방향 슬릿위의 평균 밝기 값,  $S_i$ 는  $i$  방향 슬릿을 의미한다. 이와 같은 방법으로 검출된 주름선 영역 후보 화소들은 클러스터 형태로 분포하는 특성을 보인다.

#### 3.2 주름선 검출

본 논문에서는 후보 화소 영상을 각 방향별로 분해하여 주름선 특성을 보이는 영역을 검출하고 그 결과를 합성함으로써, 주름선 영역을 추출하는 방법을 사용한다. 주름선 검출을 위한 8방향 영상 분해 및 합성 과정을 도시하면 <그림 8>과 같다.



<그림 8> 주름선 검출을 위한 흐름도

흐름도에서와 같이 먼저, 후보 화소 영상을 8방

향으로 분해하고, 각 분해된 방향성 영상에 존재하는 후보 화소 클러스터가 주름선 특성 조건을 만족하는지를 검증하여 주름선 영역을 검출한다. 이때, 분해된 각 방향성 영상에는 다수의 클러스터가 존재하므로, 라벨링(labeling) 알고리즘을 적용하여 각각의 클러스터를 분리한 다음, 주름선의 형태적 특성을 이용하여 클러스터들 중에서 주름선 영역을 검출한다. 이때, 분해된 각 방향성 영상에는 다수의 클러스터가 존재하므로, 레이블링 알고리즘을 적용하여 각각의 클러스터를 분리고, 다음과 같은 조건에 따라 주름선 영역을 검출한다.

- (1) 주름선 길이 : 주름선은 일정 크기 이상의 길이를 가진다. 따라서 주름선의 대각선 길이가 기준 길이 이하이면, 부 영상에 해당하는 클러스터는 주름선 후보에서 제외한다.
- (2) 주름선 픽셀 방향과 최빈 주름선 방향의 관계 : 주름선 후보 화소의 분포 방향은, 부 영상의 중심 화소를 기준으로 방향성 슬릿을 구성하였을 때, 후보 화소를 가장 많이 포함하는 슬릿의 방향이 화소 분포 방향이 된다. 주름선 후보 화소의 최대 빈도 주름선 방향은 후보 화소가 갖는 주름선 방향의 빈도 히스토그램을 구성하였을 때, 최대 빈도를 갖는 방향이며, 후보 화소가 주름선 영역에 해당하기 위해서는 화소의 분포 방향과 최대 빈도 주름선 방향이 유사해야 한다.
- (3) 주름선 픽셀 방향과 최빈 용선 방향의 관계 : 주름선의 방향은 용선 방향과 일치하지 않으므로, 주름선 후보 화소가 분포하는 방향은 부 영상의 최대 빈도 용선 방향과 일치하지 않아야 한다.
- (4) 주름선 화소의 밝기값 : 주름선 영역 화소의 밝기 값은 골 및 배경 영상에서의 화소 밝기 값과 유사하여, 전체적으로 높은 밝기 값을 갖는다. 따라서 주름선 영역 클러스터를 구성하는 주름선 후보 화소 전체의 평균 밝기 값이 기준 밝기 값 이하이면, 부 영상에 해당하는 클러스터는 주름선 영역에서 제외된다.

방향성 분해 영상 각각에 대하여 앞에서 기술한 모든 조건을 만족하는 클러스터를 주름선 영역 클러스터로 선정한다. 마지막으로, 선정된 주름선 영역 클러스터를 포함하는 각 방향성 분해 영상들을

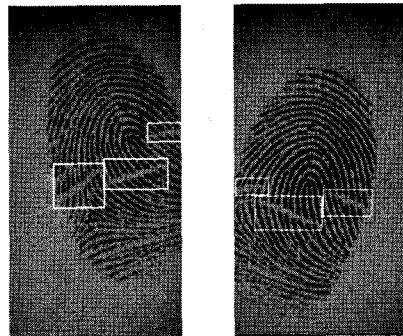
모두 합성함으로써, 입력 영상에 대하여 주름선 영역으로 구성된 주름선 검출 영상이 완성된다.

#### 4. 실험 및 결과

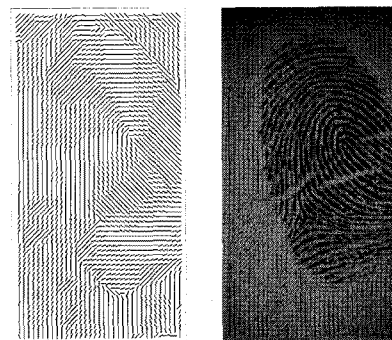
제안된 방법을 검증하기 위해 본 논문에서는 FVC2002 DB2, DB4 지문 데이터를 사용하여 기존의 방향성 평균 필터를 전처리 기법으로 사용한 알고리즘<sup>[10]</sup>과 Chenyu의 방향성 최적화 필터에 의한 전처리 방법<sup>[4]</sup>과 비교하여 성능을 분석하였다. 실험에 사용한 FVC2002 DB2 지문 데이터는 296×560 픽셀 크기와 569dpi 해상도의 8비트 256 그레이 스케일 영상이며, DB4 지문 데이터는 500dpi 해상도의 288×384 크기의 지문 영상이다.

<그림 9>는 검출 대상의 주름선을 포함하는 지문 영상의 예를 보여주고 있으며, 흰색의 사각 영역은 검출되어야 하는 주름선을 표시한 것이다.

<그림 9>의 입력 지문에 대한 용선 방향 검출 결과와 실제 지문 영상에 합성한 결과를 <그림 10>에 나타내었다.

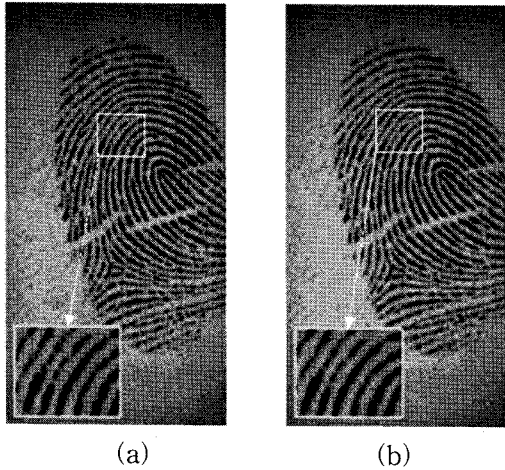


<그림 9> 주름선을 포함하는 지문 영상들



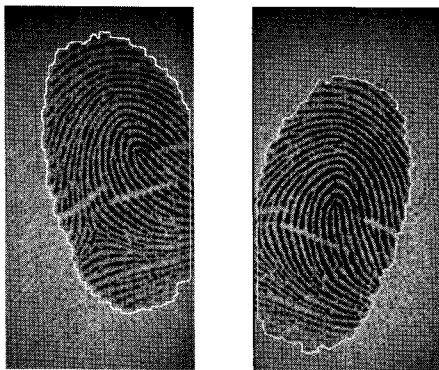
<그림 10> 검출된 용선 방향

<그림 11>은 <그림 10>의 방향성 지도를 이용하는 방향성 필터를 입력 영상에 적용하여 영상을 개선한 것을 보여주고 있다. <그림 11>의 (a)는 개선 전 영상을 나타내며, <그림 11>의 (b)는 개선 후 영상을 나타낸다. 그림에서와 같이 방향성 필터에 의한 영상 개선은 끊어진 융선을 부분적으로 복원한다는 것을 알 수 있다.



<그림 11> 방향성 필터에 의한 영상 개선

<그림 12>는 <그림 11>의 개선된 지문 영상에 화소 밝기 값의 분산 특성에 의하여 지문 영역을 검출한 결과를 보여주고 있으며, 흰색의 페 루프 내부가 지문 영역에 해당한다.



<그림 12> 검출된 지문 영역

주름선 검출은 <그림 11>의 개선된 지문 영상에 대한 영상 해석을 통하여 주름선 영역을 검출한다. 그리고 앞의 전처리 과정에서 검출된 융선 방향 지도와 지문 영역 정보를 주름선 영역 검출

에 이용한다. <그림 13>은 주름선 영역 검출 결과 영상과 입력 지문 영상에 검출한 주름선 영역을 표시한 영상을 보여준다.



<그림 13> 주름선 검출 결과

제안한 방법과 기존 방법의 성능 비교 결과를 표 1에 나타내었다. 제안한 방법은 오 추출 1.5%와 미 추출 6.5%이고 정 추출 92%를 나타내었다. 결과와 같이 본 논문에서 제안한 방법은 기존 방법에 의한 주름선 검출 결과와 비교하여, 오 추출과 미 추출 비율은 감소하고 정 추출은 향상된 결과를 보였다.

<표 1> 주름선 검출 성능 비교

	False alarm	Missing	Success
제안한 방법	1.5%	6.5%	92%
기존의 방법	1.6%	7%	91.4%
Chenyu	2.5%	10%	87.5%

## 5. 결 론

본 논문에서는 지문인식의 인식을 향상을 위하여, 지문 영상 내부에서 특징 정보 추출의 정확성을 향상시킬 수 있는 중간값 필터를 적용한 주름선 검출 방법을 제안하였다.

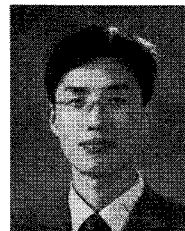
먼저, 주름선 영역을 구성하는 화소의 특성은 주름선 영역 전체의 특성과 일치한다는 특징을 이용하여 주름선 영역 후보 화소를 검출한다. 그리고 그 위치에 해당하는 주름선 방향을 검출한다. 주름선 검출의 성능 향상을 위한 전처리 과정으로 후보 영역에 대한 방향성 중간값 필터를 적용하여 지문 영상을 향상시킨 다음, 후보 화소로 구성된

영상에서 후보 화소가 가지는 주름선 방향을 이용하여 영상을 분해하여 주름선 영역 클러스터들을 검출하여 합성함으로써 주름선 영역을 결정한다. 제안한 방법은 주름선의 형태적 특성만을 이용하여 적은 연산량으로 주름선을 검출할 수 있으며, 실험한 결과 높은 정확성을 확인하였다.

따라서 본 논문에서 제안한 방법을 지문 인식 시스템에 적용하면, 지문 영상 내부의 주름선 영역에서 오 추출을 최소화하고 정 추출을 보존하므로 지문 인식 성능 향상에 기여할 수 있을 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] Lin Hong, Yifei Wan, and Anil Jain, "Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, No. 8, pp. 777-789, August 1998.
- [2] B. G. Sherlock, D. M. Monro, and K. Millard, "Fingerprint enhancement by directional Fourier filtering," Proc. Inst. Elect. Eng. Visual Image Signal Processing, Vol.141, No.2, pp.87-94, 1994.
- [3] Pontus Hyme'r, Extraction and Application of Secondary Crease Information in Fingerprint Recognition Systems, Linkoping University, Germany, March 2005.
- [4] Chenyu Wu, Jie Zhou, Zhao-qi Bian, Gang Rong, "Robust Crease Detection in Fingerprint Images", Proceedings of the 2003 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'03), Vol. 2, pp. 505-512, June 2003.
- [5] Raymond Thai, Fingerprint Image Enhancement and Minutiae Extraction, The University of Western Australia, 2003.
- [6] Asker M. Bazen and Sabih H. Gerez, "Systematic Methods for the Computation of the Directional Fields and Singular Points of Fingerprints", IEEE Trans. on Pattern Analysis Machine Intelligence, Vol. 24, no. 7, pp. 905-919, July 2002.
- [7] Lin Hong, Yifei Wan, and Anil Jain, "Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, No. 8, pp. 777-789, August 1998.
- [8] A. K. Jain, L. Hong and R. Bolle, "On-Line Fingerprint Verification," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, No. 4, pp. 302-314, 1997.
- [9] C. Wu, Z. Shi, and V. Govindaraju, "Fingerprint Image Enhancement Method Using Directional Median Filter," in Proceedings of the SPIE, 2004, vol. 5404, pp. 66 - 75.
- [10] 황운주, 박성욱, 박종관, 박종욱, "지문 영상의 분해 및 합성에 의한 주름선 검출 방법", 대한 전자공학회 논문지, Vol.44, No. 3, pp.90-97, 2007.



**박 성 욱** (Sung-Wook Park)

- 정회원
- 1999년 8월 : 인천대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2003년 2월 : 인천대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2001년 2월 ~ 현재 : 인천대학교 전자공학과 강사
- 관심분야 : 컴퓨터비전



**박 종 욱** (Jong-Wook Park)

- 1978년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1985년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (공학박사)
- 1992년 2월 ~ 현재 : 인천대학교 전자공학과 교수
- 관심분야 : 3D 영상해석

논문접수일 : 2009년 10월 3일  
 논문수정일 : 2009년 11월 1일  
 게재확정일 : 2009년 11월 1일