

논문 2007-44CI-3-13

## 지문 영상의 분해 및 합성에 의한 주름선 검출방법

(Crease detection method using fingerprint image decomposition and composition)

황운주\*, 박성욱\*\*, 박종관\*\*, 박종욱\*

(Woon-Joo Hwang, Sung-Wook Park, Jong-Kwan Park, and Jong-Wook Park)

### 요약

지문인식 시스템이 높은 신뢰도를 가지기 위해서는, 정확한 특징 정보 검출이 이루어져야 한다. 본 논문에서는 지문 영상 내부에서 특징 정보 추출의 정확성을 향상시킬 수 있는 효율적인 주름선 검출 방법을 제안한다. 제안한 방법은 각 화소에 대하여 1차원 방향성 slit을 적용한 다음 slit에 해당하는 화소의 평균 밝기 값과 분산을 이용하여, 화소가 주름선 후보 영역인지를 결정하고 그 위치에 해당하는 주름선 방향을 검출한다. 그리고 후보 영역에 해당하는 화소의 주름선 방향에 의하여 8개의 영상으로 분해한 다음, 각 방향별 분해 영상에서 주름선 영역의 성질을 이용하여 주름선 클러스터를 검출한다. 마지막으로 각 방향별 분해 영상의 주름선 클러스터들을 합성함으로써 주름선 영역을 검출한다. 제안한 방법을 구현하고 실험한 결과 주름선 검출에서 높은 정확성을 나타내었다.

### Abstract

For a highly reliable fingerprint recognition system, the precise and accurate feature extraction is indispensable. In this paper, We propose a highly efficient 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. And then it calculates the average grey level and variance to determine whether the current pixel composes the crease, and estimates the direction of crease. Once the direction of every pixel in crease candidate area is estimated, it is decomposed into 8 different images depending on their direction. From the 8 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. In conclusion, the proposed method highly improved the accuracy of overall feature extraction by accurate and precise extraction of the crease from fingerprint image.

**Keywords :** crease feature extraction, fingerprint recognition

### I. 서론

산업이 급격히 발달하면서 자신이 갖고 있는 정보나 기타 시설물 등에 대한 보안의 중요성이 점점 더 증대되고 있다. 이를 위하여 여러 가지 방법이 사용되고 있으며, 이 가운데 지문은 유일성과 불변성에 의하여 높

은 신뢰도를 갖는 개인 인증 수단으로 평가되어 개인의 신원 확인에 널리 활용되고 있다. 지문 인식은 지문을 2차원 영상으로 획득하고, 획득된 지문 영상으로부터 특징 정보를 추출(feature extraction)한 다음 데이터베이스에 등록된 특징 정보와 비교(match)하여 유사성을 확인하는 기술이다<sup>[1]</sup>. 지문 인식 시스템에서 특징 추출의 정확성은 시스템의 인식률에 많은 영향을 미치는 것으로 매우 중요한 과정이다.

특징 정보 추출의 정확성을 높이기 위하여, 지문 영역 검출과 방향 지도에 의한 오 추출 제거 방법에 대한 많은 연구가 진행되었다. 지문 영역 검출을 위한 오 추출 제거 방법<sup>[2]</sup>은 지문 영상을 배경 영역(background)

\* 정회원, 인천대학교 전자공학과  
(Dept. of Electronic Engineering, Univ. of Incheon)

\*\* 정회원, 유한대학 정보통신과  
(Dept. of Information & Communications, Yuhan College)

※ 이 논문은 인천대학교 2006년도 자체연구비 지원에 의하여 연구되었음.

접수일자: 2006년9월28일, 수정완료일: 2007년5월4일

과 지문 영역(foreground)으로 분리하고 배경 영역에서 추출되는 특징 정보는 무시한다. 이 방법은 배경 영역 또는 경계 영역에서 오 추출 제거에는 효과적이거나, 지문 영역내부에서 오 추출 제거에는 제한적이다. 방향 지도에 의한 방법<sup>[3]</sup>은 지문 영역에서 방향성의 변화가 심한 영역을 다음 과정인 특징 추출에서 제외시킴으로써 오 추출을 제거하게 된다. 이 방법은 지문 영역 내부의 낮은 품질의 영역에서 오 추출을 제거할 수 있으나, 지문 영역에서 제거되는 영역이 증가함에 따라 정 추출에 의한 특징 정보가 감소함에 따라 인식의 정확도 역시 감소할 수 있다. 따라서 지문 인식을 향상시키기 위해서는 더욱 효율적이고 정확한 오 추출 제거 방법이 요구된다. 이를 위해 지문 영역에 포함된 주름선(crease) 영역 및 이로 부터의 오 추출 방지 기법에 대한 연구가 최근 진행되기 시작하였다.

기존의 주름선 검출 방법으로는 수직 및 수평 방향의 경계(edge) 검출에 의한 방법<sup>[4]</sup>과 방향성 최적화 필터에 의한 방법<sup>[5]</sup>이 있다. 경계 검출에 의한 방법은 주름선 영역에서 수평 또는 수직의 기울기 값이 높게 나타나는 특성을 이용한 것이다. 그러나 이 방법은 사선(diagonal) 방향으로 분포하는 주름선 영역을 정확히 검출하기에는 어려움이 있다. 방향성 최적화 필터에 의한 방법은 다양한 방향에 대하여 비교적 정확히 주름선을 검출할 수 있으나, 영상을 주파수 영역으로 변환한 다음 주름선을 검출하므로 많은 연산량이 요구된다.

본 논문에서는 이러한 기존 방법들의 장점을 활용하면서, 정확하고 최적화된 새로운 주름선 검출 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 크게 세 가지 과정으로 이루어진다. 먼저, 주름선 영역을 구성하는 화소의 특성은 주름선 영역 전체의 특성과 일치하는 것을 이용하여, 주름선 영역을 구성하는 후보 화소를 검출한다. 그리고 후보 화소로 구성된 영상에서 후보 화소가 가지는 주름선 방향을 이용하여 영상을 분해한다. 마지막으로 분해된 영상으로부터 주름선 영역 클러스터(cluster)들을 검출한 다음, 합성함으로써 주름선 영역을 결정한다. 제안된 방법은 주름선의 방향에 무관하고, 통계적 연산만으로 주름선을 검출할 수 있는 장점을 갖는다. 제안한 방법의 타당성을 검증하기 위하여 FVC2002 DB2에 대하여 실험한 결과, 기존의 방법에 비해 지문 영상의 주름선 영역을 보다 정확히 검출함을 확인할 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 지문 영상에 포함된 주름선 영역의 특징과 전처리 방법을 설명한다. III장에서는 지문 영역에서 주름선 영역 검출 방

법에 대하여 기술하고, IV장에서는 제안한 방법에 대한 실험 방법 및 결과를 보인다. 그리고 V장에서 결론을 맺는다.

## II. 주름선 영역의 특징과 전처리 기법

### 2.1 주름선 영역의 특징

주름선이 포함되지 않은 일반적 지문 영상은 융선(ridge)과 골(valley)로 구성되는 결(texture) 형태이며, 융선의 흐름에 의해 방향성을 가진다. 지문 영상에서 융선은 화소의 밝기 값(gray level)이 낮고, 골은 높은 밝기 값을 가진다. 또한, 융선의 방향을 따라 화소의 밝기 값 변화가 매우 작고, 직각 방향에 대해서는 융선과 골의 반복에 의해 밝기 값의 변화가 큰 주기성(periodic)을 보인다<sup>[6,7]</sup>.

그림 1(a)는 주름선이 포함되지 않은 일반적 지문 영상 구조의 이상적 형태를 나타낸다. 여기서  $\theta_R$ 은 융선의 방향이다. 그리고 주름선이 포함된 지문 영상 구조의 형태는 그림 1(b)와 같으며,  $\theta_c$ 는 주름선의 방향을 나타낸다. Pontus<sup>[4]</sup>와 Chenyu<sup>[5]</sup>는 이러한 주름선의 특성을 다음과 같이 정의하였다.

- (1) 주름선 영역 화소는 골 및 배경과 유사한 높은 밝기 값을 갖는다.
- (2)  $\theta_R$ 과  $\theta_c$ 는 일치하지 않는다.
- (3) 주름선 길이는  $\theta_c$ 를 따라 일정 크기 이상이다.
- (4)  $\theta_c$ 를 따라 구성된 1차원 방향성 슬릿(slot)의 밝기 값은 변화량이 매우 작다.

본 논문에서는 이와 같은 주름선의 특성을 복합적으로 이용함으로써, 주름선을 효율적으로 검출할 수 있는 새로운 방법을 제안한다.

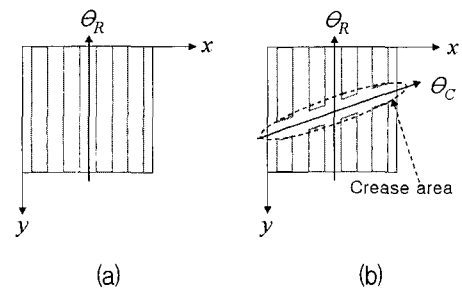


그림 1. 지문 영상을 구성하는 부 영상의 예. (a) 융선과 골로 구성된 영역. (b) 주름선이 포함된 영역  
Fig. 1. Example sub images in fingerprint image. (a) A block having typical ridge and valley. (b) A block containing crease.

2.2 주름선 검출을 위한 전처리 기법

주름선 검출을 위한 전처리 과정은 지문 영상에 대하여 용선의 방향성 지도 검출과 방향성 정보를 기반으로 방향성 필터를 적용하는 영상 개선, 그리고 지문 영상으로부터 배경 영역을 제외하는 지문 영역 검출의 세 과정으로 이루어진다.

1. 방향성 지도 검출

방향성은 지문 영상의 전처리에 앞서 추출하는데, 방향성 지도는 영상 전체를 동일한 크기의  $W \times H$ 개 부영상(sub image)으로 분할한 다음, 각 부영상별로 계산한 방향 값들로 구성된  $W \times H$  차원의 행렬로 정의한다<sup>[3]</sup>. 이때 부영상의 크기는 충분한 개수의 용선이 포함될 수 있도록 설정한다. 검출된 방향은 용선의 흐름 정보를 사용하는 영상 개선, 이진화 등의 과정에서 유용하게 활용된다.

방향성 지도를 구성하는 부영상의 방향을 정하기 위하여 많은 방법들이 연구되었으나, 본 논문에서는 Sobel 연산을 이용하는 최적화 함수에 의한 방법<sup>[38]</sup>을 사용하여 부영상의 방향성을 검출한다. 검출된 방향을 그림 2와 같이 22.5도 간격으로 정규화 하여 8방향의 방향 지도를 구성한다.

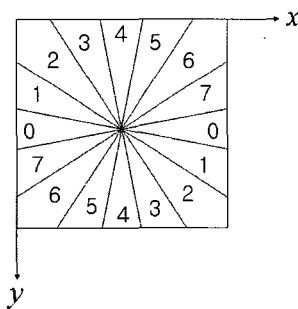


그림 2. 용성 흐름의 8방향 정의.  
Fig. 2. A definition for eight directions of ridge flow.

2. 방향성 필터에 의한 영상 개선

지문 영상은 잡음과 피부 상태 등에 의하여 용선이 끊어지거나 붙는 현상이 발생한다. 일반적으로 지문 영상의 해석 성능을 높이기 위해 잡음 제거와 용선의 연속성의 강조를 위한 방향성 필터(directional filter)를 적용한다<sup>[3]</sup>. 본 논문에서는 잡음 제거를 위해서, 앞서 검출한 용선의 방향성 지도를 이용하는 방향성 평균 필터(directional mean filter)를 적용한다. 방향성 평균 필터는 식(1)과 같이 현재 화소 위치를 기준으로 임의의 방

향 축에 있는 화소들의 밝기 값을 평균하는 방법이다.

$$P'(i) = \frac{1}{L+1} \sum_{j=-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} P_{\theta}(i+j) \tag{1}$$

식(1)에서  $P_{\theta}(i+j)$ 는  $i$  번째 위치에서 용선 방향( $\theta$ )으로 축 위에 있는 화소들 중  $j$ 번째 화소의 밝기 값이며,  $P'(i)$ 는  $i$  번째 위치에서 개선된 화소 밝기 값, 그리고  $L+1$ 은 방향성 필터의 길이를 나타낸다. 여기서  $P(i)$ 는  $i$  위치에서의 화소 밝기 값,  $j$ 는  $-L/2$ 에서  $L/2$ 사이의 값이다. 이와 같은 방법의 방향성 평균 필터를 적용하여, 지문 영상의 왜곡을 최소화 하면서 용선과 골의 연속성을 강화한다.

3. 지문 영역 검출

지문 영상으로부터 지문 영역을 추출하기 위해 배경 영역을 제외시키는 과정은 유효한 특징 검출을 위해 중요하다. 지문 영역 검출을 위하여 많은 연구가 이루어졌으며 평균, 분산, 코히어런스(coherence) 등 여러 가지 영상 특성을 이용한 방법이 시도되었다. 이들 지문 영상의 특성 중에서 분산은 용선 화소의 낮은 밝기 값과 골 화소의 높은 밝기 값에 의하여, 배경 영역에 비하여 상대적으로 높은 값을 보인다. 따라서 분산 특성은 지문 영역 검출을 위한 가장 중요한 정보로 활용되고 있다<sup>[29]</sup>.

본 논문에서는 부영상에 대하여 분산을 계산하고 높은 분산을 나타내는 영역을 지문 영역으로 선정한다. 영상에서  $M \times N$  화소 크기의 부영상에 대하여 분산은 식 (2)와 같이 계산된다.

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

여기서,  $Mean = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M I(i,j)$  이고,  $I(i,j)$ 는  $(i,j)$  위치에서의 화소 밝기 값이다.

III. 영상 분해에 의한 주름선 검출

본 논문에서 제안하는 주름선 검출 방법은 II장에서 기술한 주름선 영역의 특징을 바탕으로 한다. 지문 영상으로부터 주름선 영역의 특징을 갖는 후보 화소를 검출하고, 검출된 화소가 갖는 주름선 방향을 이용하여 영상 분해 및 합성에 의해 주름선 영역을 검출한다.

### 3.1 주름선 후보 화소 검출

그림 1(b)에서 나타낸 바와 같이, 지문 영상에서 주름선은 융선 방향과 일치하지 않는 방향성을 가진다. 따라서 본 논문에서는 각 화소에 대하여, 융선 방향을 바탕으로 주름선 특성을 갖는 방향을 검출한 다음, 중심 화소와 주변 화소의 주름선 방향 관계에 의하여 중심 화소를 주름선 영역 후보 화소로 선정한다.

화소가 갖는 주름선 방향 검출을 위하여 현재 화소를 기준으로 그림 3과 같이 8방향에 대한 1차원 형태의 밝기 값 슬릿을 구성한다. 이때 슬릿의 길이는 충분한 개수의 융선이 포함될 수 있도록 설정한다.

주름선 영역의 화소는 배경과 유사한 높은 밝기 값을 갖는 특성에 착안하여, 슬릿의 평균 밝기 값이 가장 높은 방향 슬릿을 선정한다. 선정된 슬릿의 방향은 중심 화소의 주름선 방향이 된다. 이때, 주름선의 방향은 융선 방향과 일치하지 않으므로, 융선 방향의 슬릿은 주름선 후보 화소 검출에서 제외한다.

그리고 각 슬릿위의 평균 밝기 값들의 분산이 기준 값 보다 작거나, 주름선 방향으로 선정된 슬릿위의 평균 밝기 값이 기준 밝기 값 보다 작으면, 후보 화소가 될 수 없다. 또한 주름선 방향 슬릿을 구성하는 화소의 밝기 값 변화가 크면 역시 주름선 후보 화소가 될 수 없다.

식(3)은 검출된 방향에 해당하는 슬릿의 평균 밝기 값이 기준 밝기 값( $Th_{Graylevel}$ ) 보다 커야하고, 식(4)는 길이  $L$ 을 갖는 검출된 방향 슬릿의 밝기 값 변화가 기준 변화 값( $Th_{Gradient}$ ) 보다 작아야하는 것을 의미한다.

$$M_C > Th_{Graylevel} \tag{3}$$

$$\sum_{i=1}^L \nabla S_C(i) < Th_{Gradient} \tag{4}$$

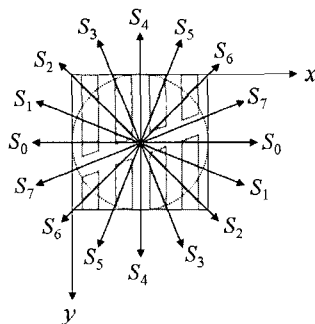


그림 3. 주름선 방향 검출 슬릿.  
Fig. 3. The slit to detect crease direction.

여기서  $\nabla S_C$ 는 검출된 주름선 방향 슬릿의 화소 밝기 값의 변화,  $M_C$ 는 주름선 방향 슬릿위의 평균 밝기 값을 의미한다.

이와 같은 방법으로 검출된 주름선 영역 후보 화소들은 클러스터 형태로 분포하는 특성을 보인다. 이때 하나의 클러스터를 형성하는 후보 화소들의 주름선 방향은 서로 유사하므로, 클러스터 내부에서 주변 후보 화소와 주름선 방향의 차가 큰 화소는 주름선 영역 화소가 될 수 없으므로 제외한다.

### 3.2 영상 분해 및 합성에 의한 주름선 영역 검출

검출된 주름선 영역 후보 화소들로 이루어진 영상은 여러 개의 주름선 클러스터가 혼재되어 있을 뿐만 아니라 잡음이 포함되어 있으므로, 이로부터 주름선 영역을 바로 검출하기는 어렵다. 그리고 하나의 주름선 클러스터는 동일한 주름선 방향을 갖는 후보 화소로 구성되므로 후보 화소 영상을 각 방향별 영상으로 분해하였을 때, 하나의 주름선을 형성하는 클러스터는 각 방향별 분해 영상에서 유지된다. 또한 분해된 임의의 방향 영상에서 다른 여러 방향의 주름선 클러스터에 해당하는 후보 화소와 잡음에 의해 검출된 후보 화소는 억제된다.

본 논문에서는 이러한 주름선 영역의 특성에 착안하여, 후보 화소 영상을 각 방향별로 분해하여 주름선 특성을 보이는 영역을 검출하고 그 결과를 합성함으로써, 주름선 영역을 정확하게 추출하게 된다. 주름선 검출을 위한 8방향 영상 분해 및 합성 과정을 도시하면 그림 4와 같다.

먼저, 주름선 영역 후보 화소들로 구성된 영상을 그림 4와 같이 8방향으로 분해한다. 그리고 각 분해된 방향성 영상에 존재하는 후보 화소 클러스터가 주름선 특성 조건을 만족하는지를 검증하여 주름선 영역을 검출한다. 이때, 분해된 각 방향성 영상에는 다수의 클러스

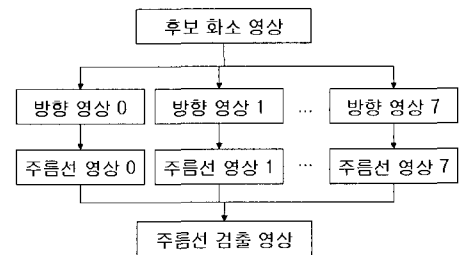


그림 4. 주름선 방향에 의한 영상 분해 및 합성 흐름도.  
Fig. 4. The flowchart of image decomposition and composition using crease direction.

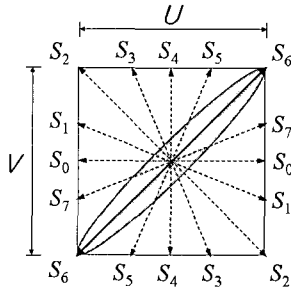


그림 5. 주름선 영역을 포함하는 부 영상.

Fig. 5. The sub image containing crease region.

터가 존재하므로, labeling 알고리즘을 적용하여 각각의 클러스터를 분리한 다음, 주름선의 형태적 특성을 이용하여 클러스터들 중에서 주름선 영역을 검출한다.

그림 5는 방향성 영상에서 labeling한 하나의 클러스터를 포함하는  $U \times V$  크기 부 영상이며, 이때 타원형은 주름선 클러스터를 나타낸다. 부 영상에 대하여 다음과 같은 주름선의 형태적 특성들과 일치하는지를 검사함으로써, 주름선 영역을 결정한다.

#### 1. 주름선의 길이

주름선은 일정 크기 이상의 길이를 가진다. 이때 주름선의 길이는 그림 5에 표현된 부 영상의 대각선 길이에 해당한다. 따라서 식(5)에서와 같이 대각선 길이를 계산한 다음 기준 길이와 비교하여 일정 길이 ( $Th_{Length}$ ) 이하이면, 부 영상에 해당하는 클러스터는 주름선 후보에서 제외한다.

$$\sqrt{U^2 + V^2} > Th_{Length} \quad (5)$$

#### 2. 주름선 화소의 분포 방향과 최빈 주름선 방향 비교

주름선을 구성하는 화소는 주름선 영역의 부분으로서, 주름선 영역의 방향 특성과 같은 방향 특성을 가진다. 따라서 부 영상에서 주름선 후보 화소가 주름선 영역에 해당하기 위해서는, 그 위치에서의 방향성이 부 영상내 주름선 후보 화소의 최대 빈도 주름선 방향과 유사하여야 한다.

주름선 후보 화소의 분포 방향은, 부 영상의 중심 화소를 기준으로 그림 5와 같이 방향성 슬릿을 구성하였을 때, 후보 화소가 가장 많이 포함되는 슬릿의 방향이다. 그림 5에서 실선 슬릿(S6)은 후보 화소의 분포방향에 해당하며, 식(6)과 같이  $\theta_{ClusterPixels}$ 로 나타낸다.

$$\theta_{ClusterPixels} = \text{Max}(S_i), i = 0 \dots 7 \quad (6)$$

주름선 후보 화소의 최대 빈도 주름선 방향은 후보 화소가 갖는 주름선 방향의 빈도 히스토그램을 구성하였을 때, 최대 빈도를 갖는 방향으로서 식(7)과 식(8)에 의하여 계산된다. 이때,  $\theta_C(i, j)$ 는  $(i, j)$  위치에서의 화소가 갖는 주름선 방향이고,  $\theta_{CMax}$ 는 최대 빈도 주름선 방향이다.

$$H(\theta_C) = \sum_{i=1}^U \sum_{j=1}^V \theta_C(i, j) \quad (7)$$

$$\theta_{CMax} = \theta_C|_{\text{Max}(H(\theta_C))}, \theta_C = 0 \dots 7 \quad (8)$$

따라서 후보 화소가 주름선 영역에 해당하기 위해서는 식(9)와 같이 화소의 분포 방향과 최대 빈도 주름선 방향이 유사해야 한다.

$$\theta_{ClusterPixels} \approx \theta_{CMax} \quad (9)$$

#### 3. 주름선 화소의 분포 방향과 최빈 주름선 방향 비교

주름선의 방향은 용선 방향과 일치하지 않으므로, 그림 1(b)에 표현한 바와 같이 주름선 후보 화소가 분포하는 방향은 부 영상의 최대 빈도 용선 방향과 일치하지 않아야 한다.

주름선 후보 화소의 분포 방향은 앞의 식(6)의  $\theta_{ClusterPixels}$ 와 동일하고, 최대 빈도 용선 방향은 용선 방향의 빈도 히스토그램을 구성하였을 때, 최대 빈도를 갖는 방향으로서, 식(10, 11)에 의하여 계산된다. 이때,  $\theta_R(i, j)$ 는  $(i, j)$  위치에서의 화소가 갖는 용선 방향이고,  $\theta_{RMax}$ 는 최대 빈도 용선 방향이다.

$$H(\theta_R) = \sum_{i=1}^U \sum_{j=1}^V \theta_R(i, j) \quad (10)$$

$$\theta_{RMax} = \theta_R|_{\text{Max}(H(\theta_R))}, \theta_R = 0 \dots 7 \quad (11)$$

따라서 후보 화소가 주름선 영역에 해당하기 위해서는 식(12)와 같이 화소의 분포 방향과 최대 빈도 용선 방향이 유사하지 않아야 한다.

$$\theta_{ClusterPixels} \neq \theta_{RMax} \quad (12)$$

#### 4. 주름선 화소의 밝기 값

주름선 영역 화소의 밝기 값은 골 및 배경 영상에서의 화소 밝기 값과 유사하여, 높은 값을 갖는다. 따라서

부 영상의 주름선 후보 화소 전체의 평균 밝기 값이 기준 밝기 값 이하이면, 부 영상에 해당하는 클러스터는 주름선 영역에서 제외된다.

$U \times V$  크기 부 영상에 포함된 주름선 영역 클러스터의 평균 밝기 값은 식(13)과 같이 계산되며, 주름선 영역에 포함되기 위해서는 식(14)와 같이 평균 밝기 값이 기준 밝기 값  $Th_{Graylevel}$  보다 커야 한다.

$$Mean = \frac{1}{UV} \sum_{i=1}^U \sum_{j=1}^V I_{Cluster}(i, j) \quad (13)$$

$$Mean > Th_{Graylevel} \quad (14)$$

여기서,  $I_{Cluster}(i, j)$ 는 주름선 영역 클러스터에서  $(i, j)$  위치 화소의 밝기 값이다.

방향성 분해 영상 각각에 대하여 앞에서 기술한 모든 조건을 만족하는 클러스터를 주름선 영역 클러스터로 선정한다. 마지막으로, 각 방향성 분해 영상을 모두 합성함으로써 입력 영상에 대하여 주름선 영역으로 구성된 주름선 검출 영상이 완성된다.

#### IV. 실험 결과 및 고찰

제안한 방향성 영상 분해 기반의 주름선 검출 방법에 대한 성능을 확인하기 위하여 실험을 수행한다. 본 논문에서는 제안한 방법을 Visual C++로 구현하고, Pentium-4 CPU 2.66GHz의 PC에서 실험을 수행하였다. 실험의 입력 데이터는 표 1과 같이 FVC2002 DB2에서 주름선을 포함하는 지문 영상을 대상으로 하였다. FVC2002 DB2 지문 영상은 해상도 569dpi이며 296×560 화소 크기를 가지는 256 그레이 스케일 영상이다<sup>[10]</sup>.

입력 영상으로부터 주름선 영역을 검출하는 과정을 그림 6, 7, 8에 단계별로 나타내었다. 그림 6은 입력 영상과 전처리 과정의 방향 지도 검출과 영상 개선, 그리고 지문 영역 검출 결과를 보여준다.

그림 7은 주름선 영역을 검출하는 과정으로서, 영상

표 1. FVC2002 DB2에서 주름선을 포함하는 지문 영상.

Table 1. Crease contained fingerprint images of FVC2002 DB2.

Title	Not contained	Contained	Total
The number of images	608 (76%)	192 (24%)	800 (100%)

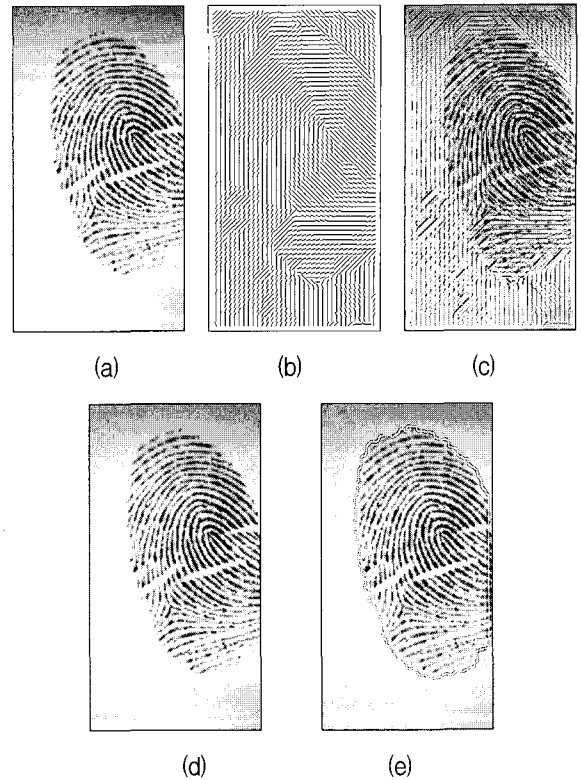


그림 6. 입력 영상과 전처리 과정. (a) 입력 지문 영상. (b) 방향성 지도. (c) 원 영상 영역에 대한 방향 성분. (d) 개선 영상. (e) 지문 영역 검출.

Fig. 6. Original fingerprint image and preprocessing. (a) Original fingerprint image. (b) Directional field. (c) Marked directional field on fingerprint image. (d) Enhanced fingerprint image. (e) Segmented image.

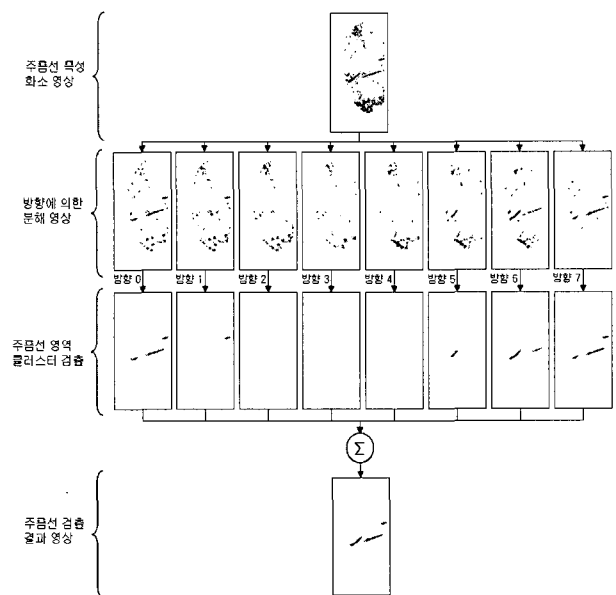


그림 7. 영상 분해 및 합성에 의한 주름선 검출.  
Fig. 7. Crease detection using Image decomposition and composition.

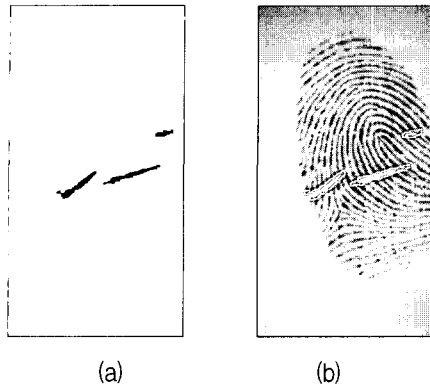


그림 8. 주름선 검출 결과  
(a)주름선 영상 (b)입력 영상에서 주름선 영역.  
Fig. 8. Result of crease detection.  
(a) The crease image  
(b) Marked crease region on fingerprint image

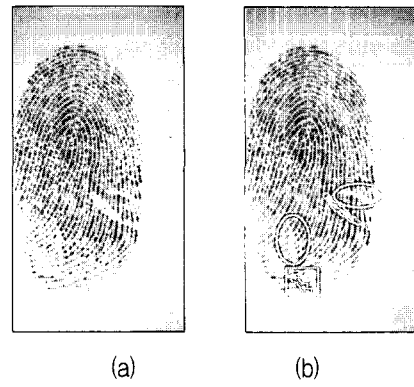


그림 10. 주름선 영역에 대한 오 추출 및 미 추출  
(a) 입력 영상 (b) 오 추출, 미 추출 결과  
Fig. 10. Crease detection of crease region.  
(a) Original fingerprint images  
(b) Results of false alarm and missing extraction



그림 9. 다양한 영상에 대한 주름선 검출 결과  
(a, b, c) 입력 지문 영상  
(d, e, f) 주름선 영역 검출 결과 영상  
Fig. 9. Crease detection of several fingerprint images.  
(a, b, c) Original fingerprint images  
(d, e, f) Results of crease detection

분해와 주름선 영역 검출 및 합성 과정을 보여준다. 먼저, 주름선 영역 특성을 갖는 화소로 구성된 영상을 화소의 주름선 방향에 의하여 8방향으로 분해한다. 이때 주름선 영역에 해당하는 화소의 클러스터는 분해 영상에서도 화소가 구성하는 클러스터가 유지되는 것을 확

표 2. 주름선 검출 결과.

Table 2. A comparison of crease detect result.

Title	False alarm rate	Missing rate	Success rate
Proposed method	1.8%	8%	90.2%
Chenyu's method	2.5%	10%	87.5%

인할 수 있다. 그리고 분해 영상들로부터 주름선 특성 클러스터를 검출한 후, 전체 방향의 분해 영상들을 합성함으로써 주름선 영역을 결정하게 된다.

그림 8에서 주름선 영역 검출 결과 영상과 입력 영상에 주름선 영역을 표시한 영상을 나타낸다. 그림 8(b)에서 흰색의 폐 루프는 주름선 영역에 해당한다.

다양한 지문 영상에 대한 입력 영상과 주름선 영역 검출 결과는 그림 9와 같다. 실험에서 검출하는 주름선은 '골-융선-골'의 결 주기 크기보다, 큰 폭을 갖는 주름선을 대상으로 한다. 이러한 크기 정도의 융선 끊어짐 현상은 융선 방향을 이용하여 연결을 시도할 경우, 오류가 발생할 가능성이 높은 크기이다.

그림 9(a), (d)는 그림 6(a)의 지문이 회전되어 입력된 지문 영상 및 이에 대한 주름선 검출 결과이다. 그림 9(b), (e)는 수직과 수평 방향의 주름선을 모두 포함하는 지문 영상으로부터 주름선을 검출한 결과이다. 그리고 그림 9(c), (f)는 건조한 지문 영상과 이에 대한 주름선 검출 결과를 보여준다.

그림 10은 주름선 영역에 대한 오 추출 및 미 추출이 발생한 경우의 입력 영상과 주름선 검출 결과이다. 그림 10(b)에서 사각형은 오 추출된 결과이고, 타원은 미 추출된 주름선 영역을 표시하였다.

FVC2002 DB2에서 주름선을 포함하는 지문 영상으로부터 주름선을 추출한 결과를 표 2에 Chenyu의 방향성 최적화 필터에 의한 방법과 비교하여 나타내었다. 제안한 방법이 오 추출 1.8%와 미 추출 8%를 나타내었으며, Chenyu의 방법과 비교하여, 오 추출 0.7%와 미 추출 2% 향상된 결과를 보였다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 화소가 가지는 주름선 방향에 의한 영상 분해를 이용하는 새로운 주름선 검출 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 '주름선 영역을 구성하는 화소의 특성은 주름선 영역 전체의 특성과 일치 한다'는 특징을 이용하여 주름선 영역 후보 화소를 검출한다. 그리고 후보 화소가 가지는 주름선 방향에 의해 영상을 분해한 다음, 분해 영상에 대하여 주름선 영역 클러스터를 검출하고 이들을 합성하여 주름선 영역을 검출하는 방법이다. 제안한 방법은 주파수 변환 없이 연산 량이 적은 통계적 연산을 수행하여 주름선을 검출할 수 있으며, 실험한 결과 높은 정확성을 확인하였다.

따라서 본 논문에서 제안한 방법을 지문 인식 시스템에 적용하면, 지문 영상의 주름선 영역에서 오 추출을 최소화하고 정 추출을 보존하므로 지문 인식 성능 향상을 기대할 수 있다. 향후 주름선 추출의 정확도 향상과 함께, 추출된 주름선 영역을 이용한 지문인식 시스템에 대한 연구가 지속적으로 진행되어야 한다.

#### 참 고 문 헌

[1] 김재희, "생체인식 심화학습-지문인식" 시큐리티 월드, pp. 58-63, February 2001.  
 [2] Asker M. Bazen and Sabih H. Gerez, "Segmentation of Fingerprint Images", ProRISC 2001 Workshop on Circuits, Systems and Signal Processing, pp. 475-479, November 2001.  
 [3] Raymond Thai, Fingerprint Image Enhancement and Minutiae Extraction, The University of Western Australia, 2003.  
 [4] Pontus Hyme'r, Extraction and Application of Secondary Crease Information in Fingerprint Recognition Systems, Linkoping University, Germany, March 2005.  
 [5] 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.  
 [6] Marios S. Pattichis, George Panayi, Alan C. Bovik, and Shun-Pin Hsu, "Fingerprint Classification Using an AM-FM Model", IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 10, no. 6, pp. 951-954, June 2001.  
 [7] Davide Maltoni, Dario Maio, Anil K. Jain, Salil Prabhakar, Handbook of Fingerprint Recognition, pp. 91-94, Springer, 2003.  
 [8] 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.  
 [9] Xinjian Chen, Jie Tian, Jiangang Cheng, Xin Yang, "Segmentation of Fingerprint Images Using Linear Classifier", EURASIP Journal on Applied Signal Processing, pp. 480-494, 2004.  
 [10] <http://bias.csr.unibo.it/fvc2002/>, 2002.

#### 저 자 소 개

황 운 주(정회원)

대한전자공학회 논문지 제36권 C편 1호 참조

박 성 욱(정회원)

대한전자공학회 논문지 제43권 IE편 2호 참조



박 종 관(정회원)

1987년 인하대학교 전기공학과 학사

1989년 동 대학원 전기공학과 석사

1995년 동 대학원 전기공학과 박사

2006년 UCSC Visiting Scholar

현재 유한대학 정보통신과 부교수

<주관심분야 : 광통신소자, 반도체소자, 디스플레이 소자>



박 종 욱(평생회원)

1973년 인하대학교 전자공학과 학사

1978년 동 대학원 전자공학과 석사

1985년 동 대학원 전자공학과 박사

2003년 CSUS Visiting Scholar

현재 인천대학교 전자공학과 교수

<주관심분야 : 컴퓨터비전, 3D영상해석, 인공지능>