

논문 2007-44IE-2-6

지문 영상의 특징 정보 추출을 위한 효율적인 주름선 추출 방법

(An Effective Crease Detection Method for Feature Information
Extraction in Fingerprint Images)

박 성 욱*, 이 병 진**

(Sung-Wook Park and Byung-Jin Lee)

요 약

본 논문에서는 지문 영상 내부에서 특징 정보 추출의 정확성을 향상시킬 수 있는 주름선 검출 방법을 제안한다. 먼저 각 방향별 슬릿의 평균 픽셀 값과 분산에 의하여 픽셀이 주름선 후보 영역에 해당하는지를 결정하고, 그 위치에 해당하는 주름선 방향을 검출한다. 그리고 후보 영역에 해당하는 픽셀의 주름선 방향에 의하여 8개의 영상으로 분해한다. 각 방향별 분해 영상에서 주름선 후보 영역 픽셀들이 형성하는 클러스터의 길이, 주름선 방향과 픽셀 분포 방향의 일치성, 융선 방향과 픽셀 분포 방향의 차, 후보 픽셀들의 평균 픽셀 값을 이용하여 주름선 클러스터를 검출한다. 마지막으로, 각 방향별 분해 영상의 주름선 클러스터들을 합성함으로써 주름선 영역을 검출한다. 제안한 방법을 구현하고 주름선 검출을 수행한 결과, 91.4%의 높은 정확성을 확인하였다.

Abstract

In this paper, the crease extraction method is proposed to improve the accuracy of feature extraction within the fingerprint image. First of all, for each pixel in fingerprint image, it calculates the average grey level and variance to determine if the current pixel composes the crease, and estimates the direction of crease. Secondly, once the direction of every pixel in crease candidate area is estimated, it is decomposed into 8 different images, depending on their direction. The properties of crease consists of the length of the crease candidate area, the correspondence between the crease direction and the pixel distribution direction, the difference between the ridge direction and the pixel distribution direction, and finally the grey level of the candidate pixels. The proposed method finally extracts the crease from the crease clusters estimated from directional images. In conclusion, applying the proposed method improved the accuracy of overall feature extraction by 91.4% by accurately and precisely extracting the crease from fingerprint image.

Keywords : crease detection, fingerprint, fingerprint feature extraction

I. 서 론

지문은 지두(指頭) 내면의 피부가 융기한 선 또는 점으로써 형성된 각종 문형 및 그의 인상을 말하며, 만인부동(萬人不同)과 종생불변(終生不變)의 2대 특성을 갖

고 있다. 지문의 특성 중 만인부동은 사람마다 지문이 모두 다른 모양인 것을 말하고, 종생불변은 사람이 태어날 때 형성된 지문의 모양이 사망할 때 까지 변하지 않는 것을 말한다. 이러한 지문의 특성에 의하여 신원 및 범죄경력 확인, 변사자의 신원확인, 범죄현장 지문에 의한 범인 신원 판명 등에 널리 활용되고 있다^[1]. 지문 인식은 지문을 2차원 영상으로 획득하고, 획득된 지문 영상으로부터 특징 정보를 추출한 다음 데이터베이스에 저장된 특징 정보와 비교하여 유사성을 확인하는 기술이다^[2]. 지문 인식 시스템에서 특징 추출의 정확성

* 정희원, 유한대학 정보통신과
(Dept. of Info. & Communications, Yuhan College)
** 정희원, 인천대학교 전자공학과
(Dept. of Electronic Engineering, Univ. of Incheon)
접수일자: 2007년2월2일, 수정완료일: 2007년6월7일

은 시스템의 인식률에 많은 영향을 미치는 것으로 매우 중요한 과정이다.

지문의 특징 정보 추출을 위해서 많은 연구가 진행되었으며, 이중 지문 영역 검출에 의한 오 추출 제거는 지문 영상을 배경 영역과 지문 영역으로 분리하고 배경 영역에서 추출되는 특징 정보는 무시하는 방법이다^[3]. 이러한 방법은 배경 영역 또는 경계 영역의 오 추출 제거에는 효과적이나, 지문 영역 내부의 오 추출 제거에는 제한성을 지닌다. 그리고 방향 지도에 의한 방법은 지문 영역에서 방향성의 변화가 심한 영역을 특징 추출 과정에서 제외함으로써 오 추출을 제거하는 방법이다^[4]. 이 방법은 지문 영역 내부의 낮은 품질의 영역에서 오 추출을 제거할 수 있으나, 지문 영역에서 제거되는 영역이 증가함에 따라 정 추출의 특징 정보가 감소함으로써 인식의 정확도가 감소할 수 있다.

기존의 주름선 검출 방법으로는 수평 및 수직 방향의 에지 검출에 의한 방법^[5]과 방향성 최적화 필터에 의한 방법^[6]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.

본 논문에서는 지문 영상 내부에서 특징 정보 추출의 정확성을 향상시킬 수 있는 효율적인 주름선 검출 방법을 제안한다. 제안한 방법은 먼저 각 방향별 슬릿의 평균 픽셀 값과 분산에 의하여 픽셀이 주름선 후보 영역에 해당하는지를 결정하고, 그 위치에 해당하는 주름선 방향을 검출한다. 그리고 후보 영역에 해당하는 픽셀의 주름선 방향에 의하여 8개의 영상으로 분해한다. 각 방향별 분해 영상에서 주름선 후보 영역 픽셀들이 형성하는 클러스터의 길이, 주름선 방향과 픽셀 분포 방향의 일치성, 융선 방향과 픽셀 분포 방향의 차, 후보 픽셀들의 평균 픽셀 값을 이용하여 주름선 클러스터를 검출한다. 마지막으로, 각 방향별 분해 영상의 주름선 클러스터들을 합성함으로써 주름선 영역을 검출한다.

II. 방향성 정보 및 지문 영역 검출

2.1 방향성 지도 검출

방향성 지도 검출은 지문 영상의 국부 영역별 융선 흐름 방향을 검출하는 것이다. 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^[4]. 이때 부 영상의 크기는 충분한 개수의 융선이 포함될 수 있도록 설정하여야 한다. 검출된 방향 지도는 융선의 흐름 정보를 사용하는 영상 개선, 이진화 등의 과정에서 중요한 정보로 활용된다. 그림 1은 지문 영상을 분할한 부 영상에서 융선 흐름 방향을 표현한 것이며, (x, y) 위치 픽셀을 중심으로 하는 부 영상에서 융선 흐름 방향은 화살표로 표시된 각도 θ 에 해당한다.

방향성 지도를 구성하는 부 영상의 방향을 검출하기 위한 방법으로는 최소 픽셀 값 차에 의한 방법^[7], 히스토그램에 의한 방법^[8], 슬릿 합(sum) 마스크(mask)를 이용하는 방법^[9], 소벨(sobel) 연산을 이용하는 최적화 함수에 의한 방법^[4,10] 등 많은 방법들이 연구되었다. 본 논문에서는 영상의 잡음에 민감하지 않고 방향 검출 성능이 우수한 최적화 함수에 의한 방법을 사용하여, 부 영상의 융선 방향을 검출한다. 최적화 함수에 의하여 국부 영역의 융선 방향을 검출하는 과정은 그림 2로 표

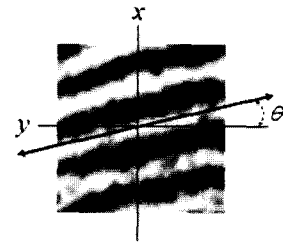


그림 1. 융선 흐름의 방향
Fig. 1. The direction of ridge flow.

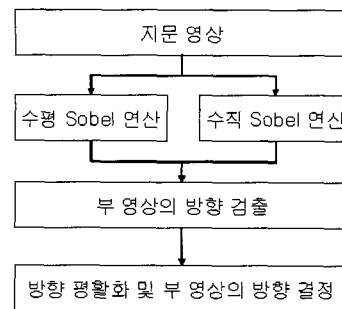


그림 2. 융선 방향 검출 과정
Fig. 2. The flowchart of detect ridge flow.

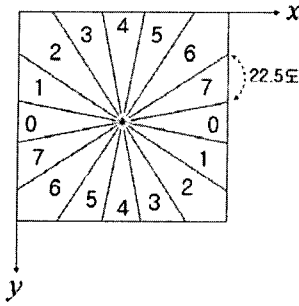


그림 3. 융선 흐름의 8방향 정의

Fig. 3. A definition for eight directions of ridge flow.

현할 수 있다.

그림 2에 의하여 검출된 부 영상의 융선 영상은 그림 3과 같이 22.5도 간격으로 정규화하여 방향 0~7로 표현되는 8방향의 방향 지도를 구성한다.

2.2 최적화 함수에 의한 방향 검출

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

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

여기서,

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

$$V_y(i, j) = \sum_{u=i-\frac{W}{2}}^{i+\frac{W}{2}} \sum_{v=j-\frac{W}{2}}^{j+\frac{W}{2}} G_x^2(u, v)G_y^2(u, v) \quad (3)$$

식 (2), (3)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 융선 방향 $\theta(i, j)$ 는 지문 영상의 입력 과정에서 발생한 잡음 첨가 및 융선 끊어짐 등에 의하여, 인접 부 영상의 방향과 비교할 때 연속적이지 못하다. 따라서 인접 부 영상의 방향을 고려하여 다음과 같이 가우시안 필터에 의한 방향 평활화 과정을 수행한다. 먼저, (i, j) 위치에서의 융선 방향 $\theta(i, j)$ 를 식 (4)과 식 (5)에 의하여, 연속적인 벡터 필드 $\Phi_x(i, j)$ 와 $\Phi_y(i, j)$ 로 변환한다.

$$\Phi_x(i, j) = \cos(2\theta(i, j)) \quad (4)$$

$$\Phi_y(i, j) = \sin(2\theta(i, j)) \quad (5)$$

그리고 연속적인 벡터 필드는 식 (6)과 식 (7)에 의하여 가우시안 평활화 과정을 수행한다. 여기서, G 는 $w_\phi \times w_\phi$ 크기의 2차원 가우시안 저역 통과 필터(low pass filter)이다.

$$\Phi'_x(i, j) = \sum_{u=-\frac{w_\phi}{2}}^{\frac{w_\phi}{2}} \sum_{v=-\frac{w_\phi}{2}}^{\frac{w_\phi}{2}} G(u, v)\Phi_x(i-uw, j-vw) \quad (6)$$

$$\Phi'_y(i, j) = \sum_{u=-\frac{w_\phi}{2}}^{\frac{w_\phi}{2}} \sum_{v=-\frac{w_\phi}{2}}^{\frac{w_\phi}{2}} G(u, v)\Phi_y(i-uw, j-vw) \quad (7)$$

마지막으로, 식 (8)에 의하여 (i, j) 위치의 융선 방향 $\theta(i, j)$ 는 평활화 방향 $O(i, j)$ 로 변환되어, 부 영상의 융선 방향으로 결정된다.

$$O(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\Phi'_y(i, j)}{\Phi'_x(i, j)} \quad (8)$$

2.3 지문 영역 검출 및 후처리

지문 영역 검출은 지문 영상으로부터 지문 영역과 배경 영역을 분리하는 과정이다. 지문 영역 검출을 위하여 많은 연구가 이루어 졌으며 평균, 분산, 연접(coherence) 등 여러 가지 영상 특성을 이용한 방법이 시도되었다. 이들 중에서 지문 영역의 분산 특성은, 융선 픽셀의 낮은 픽셀 값과 골 픽셀의 높은 픽셀 값에 의하여 배경 영역과 비교할 때 상대적으로 높은 값을 보인다. 따라서 분산 특성은 지문 영상으로부터 지문 영역을 검출하는데 있어서 가장 중요한 정보로 활용되고 있다^[3,11,12].

그러나 지문 영상은 잡음의 첨가와 피부 상태 등에 의하여 융선이 끊어지거나 붙는 현상이 발생한다. 일반적으로 지문 영상 해석의 성능을 높이기 위해서, 지문 영역 검출에 앞서 먼저 잡음 제거와 융선의 연속성을 강화할 수 있는 방향성 필터를 지문 영상에 적용한다^[4,13,14].

그리고 지문 영상에서 부 영상에 대한 분산을 계산하여 높은 분산 값을 가지는 영역을 지문영역으로 선정한다. 지문 영역 검출 과정을 도시하면 그림 4와 같다. 먼

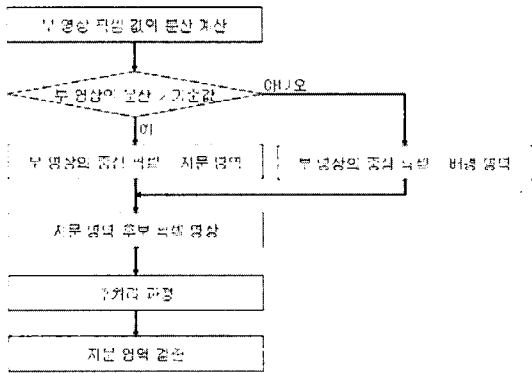


그림 4. 지문 영역 검출 과정
Fig. 4. The flowchart of segmentation method.

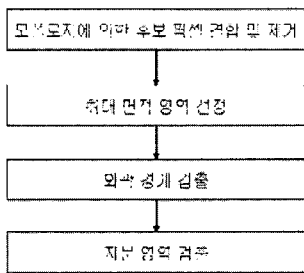


그림 5. 지문 영역 검출의 후처리 과정
Fig. 5. The flowchart of postprocessing for segmentation.

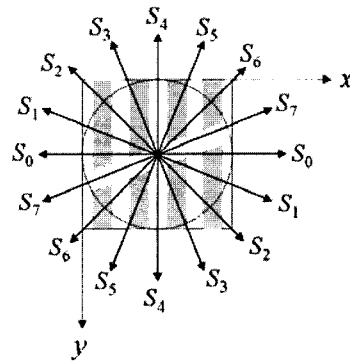
저 지문 영상을 일정 크기의 부 영상으로 분할하고 픽셀 값의 분산을 계산한다. 이때 지문 영역은 높은 분산 특성을 가지므로, 부 영상의 분산이 기준 값 이상인 부 영상의 중심 픽셀을 지문 영역 픽셀로 선정한다. 이러한 과정을 중심 픽셀을 이동하면서 지문 영상 전체 픽셀에 대하여 수행함으로써, 지문 영역 특성을 가지는 후보 픽셀 영상을 생성할 수 있다.

지문 영역 검출의 후처리 과정은 지문 영역 후보 픽셀로 구성된 영상에 대하여, 지문 영역으로 오 검출된 후보 픽셀을 제거하고 배경 영역으로 제거된 픽셀을 지문 영역 픽셀로 복원하는 과정이다. 본 논문에서 후처리 과정은 모폴로지(morphology) 연산, 최대 면적 영역 선정, 외곽 경계 검출의 세 단계로 이루어지며, 그림 5의 흐름도와 같다.

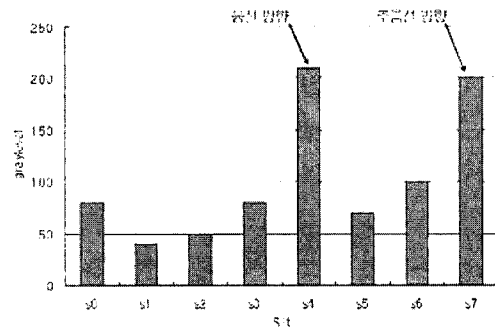
III. 지문 영역에서 주름선 추출

3.1 방향성 지도 검출

지문 영상에서 주름선은 융선 방향과 일치하지 않는 방향성을 가진다. 따라서 본 논문에서는 각 픽셀 위치에서 융선 방향을 고려하여 주름선 특성을 갖는 방향을 검출한다. 그리고 중심 픽셀과 주변 픽셀의 주름선 방



(a) Directional slit



(b) Histogram of gray level per slit

그림 6. 주름선 방향 검출을 위한 슬릿
Fig. 6. The slit to detect crease direction.

향 관계에 의하여 중심 픽셀을 주름선 영역 후보 픽셀로 선정한다.

각 픽셀에 대하여 주름선 특성 검출을 위한 방향성 슬릿 구성과 주름선 방향 검출 방법을 도시하면 그림 6과 같다. 먼저, 픽셀 위치에서의 주름선 방향 검출을 위하여 현재 픽셀을 기준으로 그림 6(a)와 같이 8방향에 대한 1차원의 방향성 픽셀 값 슬릿 S0~S7을 구성한다. 이때 슬릿의 길이는 충분한 개수의 융선이 포함되도록 설정하여야 하고, 각 슬릿은 동일한 개수의 픽셀을 포함하여야 한다. 그림 6(a)에서 점선의 원으로 표시한 것과 같이, 각 방향성 슬릿이 중심 픽셀로부터 동일한 크기의 슬릿에 분포하는 픽셀들의 픽셀 값을 누적하여 히스토그램으로 나타내면 그림 6(b)와 같이 표현된다.

주름선 영역의 픽셀은 배경과 유사한 높은 픽셀 값을 갖는 특성에 착안하여, 슬릿의 평균 픽셀 값이 가장 높은 방향 슬릿을 선정한다. 선정된 슬릿의 방향은 중심 픽셀의 주름선 방향이 된다. 이때, 주름선의 방향은 융선 방향과 일치하지 않으므로 융선 방향의 슬릿은 주름선 후보 픽셀 검출에서 제외되어야 한다. 그림 6(b)의 히스토그램에서 슬릿 S4와 S7이 높은 픽셀 값을 보이고 있으나, 슬릿 S4는 융선 방향과 일치하므로

주름선 방향이 될 수 없고, 슬릿 S7이 주름선 방향이 될 수 있다.

이와 같은 방법으로 검출된 주름선 영역 후보 픽셀들은 클러스터 형태로 분포하는 특성을 보인다. 이때 동일한 클러스터를 형성하는 후보 픽셀들은 주름선 방향이 서로 유사한 특성을 가지므로, 주변 후보 픽셀과 주름선 방향의 차가 큰 픽셀은 주름선 영역 픽셀이 될 수 없으므로 제거한다.

3.2 주름선 검출

주름선 후보 영역으로 검출된 영상은 여러 개의 주름선 클러스터가 혼재되어 있을 뿐만 아니라 그 방향이 서로 다를 수 있고, 잡음이 포함되어 있다. 그림 7은 다수의 클러스터가 혼재하고 클러스터들이 서로 다른 방향을 가지는 구조의 예를 나타내었다. 클러스터1 과 클러스터2는 각각 θ_1 과 θ_2 방향으로 분포되어 있으며, 정확한 주름선 검출을 위해서 이들은 서로 독립적으로 검출되는 것이 바람직하다.

또한 동일한 주름선 클러스터를 구성하는 후보 픽셀들은 동일한 주름선 방향을 갖는다. 이러한 특성은 후보 픽셀 영상을 주름선 방향에 의하여 각 방향별로 영상을 분해하였을 때, 주름선을 형성하는 클러스터는 분해된 방향 영상에서도 클러스터가 유지된다. 게다가, 분해된 임의의 방향 영상에서 다른 여러 방향의 주름선 클러스터에 해당하는 후보 픽셀과 잡음에 의해 검출된 후보 픽셀은 억제된다^[15].

본 논문에서는 후보 픽셀 영상을 각 방향별로 분해하여 주름선 특성을 보이는 영역을 검출하고, 그 결과를 다시 합성함으로써 주름선 영역을 정확하게 검출한다. 주름선 검출을 위한 과정을 표현하면 그림 8과 같다.

그림 8에서와 같이 먼저 주름선 영역 후보 픽셀들로

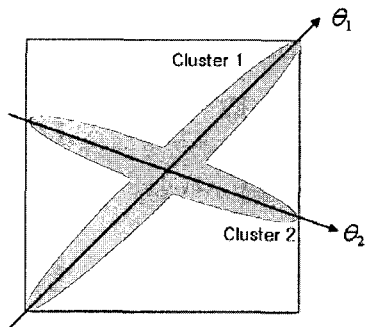


그림 7. 다른 방향의 주름선이 혼합된 구조
Fig. 7. Structure that crease of different direction are combined.

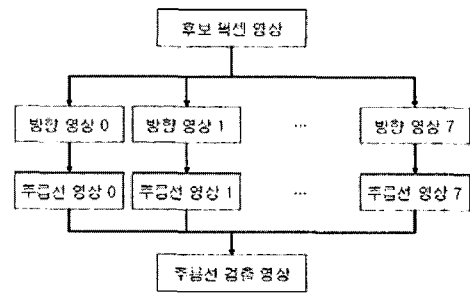


그림 8. 주름선 검출을 위한 흐름도
Fig. 8. The flowchart for crease direction.

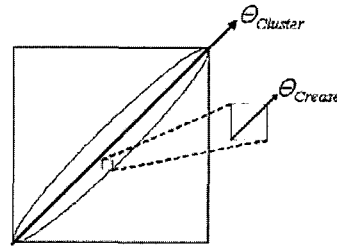


그림 9. 클러스터 방향과 픽셀의 주름선 방향
Fig. 9. Cluster direction and crease direction of pixel.

구성된 영상을 그림 6(a)와 유사하게 픽셀의 주름선 방향에 의하여 8방향으로 분해한다. 그리고 각 분해된 방향성 영상에 존재하는 후보 픽셀 클러스터가 주름선 특성들을 만족하는지를 검증함으로써 주름선 영역을 검출한다. 이때, 분해된 각 방향성 영상에는 다수의 클러스터가 존재하므로, 레이블링 알고리즘을 적용하여 각각의 클러스터를 분리한 다음, 주름선 길이, 주름선 픽셀 방향과 최빈 주름선 방향의 관계, 주름선 픽셀 방향과 최빈 용선 방향의 관계, 주름선 픽셀 방향과 최빈 용선 방향의 관계, 주름선 픽셀의 특성과 같은 주름선의 형태적 특성에 의하여 클러스터들 중에서 주름선 영역을 검출한다.

먼저 주름선은 일정 크기 이상의 길이를 가지며, 주름선의 길이는 부 영상의 대각선 길이에 해당한다. 따라서 주름선 후보 영역의 대각선 길이를 계산한 다음 기준 길이와 비교하여, 대각선의 길이가 크면 부 영상의 클러스터는 주름선 영역이 될 수 있다.

또한 주름선을 구성하는 픽셀은 주름선 영역의 일부 분이므로, 주름선 영역의 방향 특성과 같은 방향 특성을 가진다. 따라서 클러스터의 방향과 최빈 주름선 방향이 서로 유사한 경우 부 영상의 클러스터는 주름선 영역이 될 수 있다. 그림 9는 주름선 영역에 해당하는 클러스터의 방향 $\theta_{cluster}$ 와 픽셀의 주름선 방향 θ_{crease} 가 동일하다는 것을 나타내고 있다.

주름선 후보 픽셀의 분포 방향은 부 영상의 중심 픽

셀을 기준으로 그림 6(a)와 같이 S0~S7의 방향성 슬릿을 구성하였을 때, 후보 픽셀을 가장 많이 포함하는 슬릿의 방향이 픽셀 분포 방향이 된다. 또한 최대 빈도 주름선 방향은 클러스터를 구성하는 주름선 영역 후보 픽셀 위치에서의 주름선 방향들을 누적 히스토그램을 구성하였을 때, 최대 빈도 값을 보이는 방향이 클러스터를 대표하는 주름선의 방향에 해당한다. 따라서 주름선 후보 픽셀로 구성된 클러스터가 주름선 영역에 해당하기 위해서는, 픽셀의 분포 방향과 최대 빈도 주름선 방향이 서로 유사해야 한다.

그리고 지문 영상의 국부 영역에서 주름선의 방향과 융선의 방향은 일치하지 않는다. 따라서 부 영상에서 주름선 후보 픽셀이 주름선 영역에 해당하기 위해서는, 주름선 후보 픽셀들이 분포하는 클러스터의 방향과 주름선 후보 픽셀의 최대 빈도 융선 방향은 일치하지 않아야 한다. 이와 같이 클러스터의 방향과 최빈 융선 방향이 서로 일치하지 않는 경우 부 영상의 클러스터는 주름선 영역이 될 수 있다. 그림 10은 주름선 영역에 해당하는 클러스터의 방향 $\theta_{cluster}$ 와 클러스터를 구성하는 픽셀의 융선 방향 θ_{ridge} 는 일치하지 않고 직교 관계에 근사함을 나타낸다.

마지막으로 주름선 영역의 픽셀 값은 골 및 배경 영역의 픽셀 값과 유사하여 전체적으로 높은 픽셀 값 특성을 갖는다. 따라서 주름선 영역 클러스터를 구성하는 주름선 후보 픽셀 전체의 평균 픽셀 값이 기준 픽셀 값보다 높은 픽셀 값을 보이면, 클러스터는 주름선 영역이 될 수 있다.

이와 같이 방향성 분해 영상에 포함된 각각의 클러스터들은 기술한 주름선 영역 특성을 모두 만족할 때, 주름선 영역 클러스터로 선정될 수 있다. 각 방향성 분해 영상에서 선정된 주름선 영역 클러스터들을 모두 합성함으로써, 입력 지문 영상으로부터 주름선 영역으로 구성된 주름선 검출 영상을 생성할 수 있다.

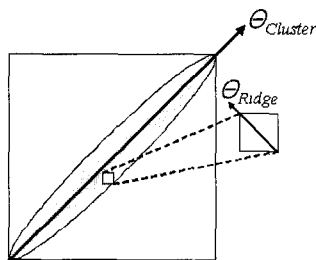


그림 10. 클러스터 방향과 픽셀의 융선 방향
Fig. 10. Cluster direction and ridge direction of pixel.

IV. 실험 및 고찰

제안한 방법을 Visual C++로 구현하고, Pentium-4 개인용 컴퓨터에서 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 입력 데이터는 해상도 569dpi이며 296×560 픽셀 크기를 가지는 8비트 256 그레이 스케일의 FVC2002 DB2와 500dpi 해상도의 288×384 크기의 DB4 지문 영상 1600 여개를 대상으로 하였다.

그림 11은 검출 대상의 주름선을 포함하는 지문 영상의 예를 보여주고 있으며, 흰색의 사각 영역은 검출되어야 하는 주름선을 표시한 것이다. 그리고 FVC2002 DB2, DB4 지문 영상 데이터베이스에서 검출 대상 크기의 주름선을 포함하는 지문 영상을 육안 분류한 결과, 전체 1600개의 영상 중 22%인 352개가 분류되었다.

먼저 방향 정보 검출과 지문 영역 검출에 대한 실험 결과를 그림 12에 나타내었다.

그림 12 (a)는 그림 10의 입력 영상을 동일한 크기의 부 영상으로 분할하고 융선 방향을 검출한 결과이며, 검



그림 11. 주름선을 포함하는 지문 영상들
Fig. 11. Original fingerprint images.

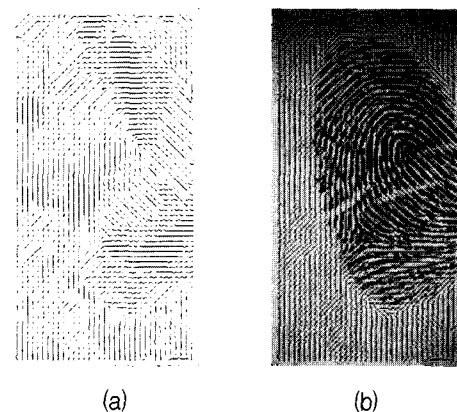


그림 12. (a) 융선방향 검출, (b) 원 영상에 합성
Fig. 12. (a) Directional field, (b) Marked directional field on fingerprint image.

출된 융선 방향을 부 영상 영역 위치에 선분으로 표현하였다. 그림 12 (b)는 그림 12 (a)의 입력 지문 영상과 검출된 융선 방향을 겹쳐서 표현한 것이며, 검출된 융선 방향이 지문 영상의 실제 융선 흐름과 일치하는 정확성을 확인할 수 있다.

그림 13은 그림 12 (a)의 방향 지도를 이용하는 방향성 필터를 입력 영상에 적용하여 영상을 개선한 것을 보여주고 있다. 그림 13 (b)의 개선 후 영상은 그림 13 (a)의 개선 전 영상과 비교할 때, 융선 흐름 방향으로 픽셀 값의 변화는 임펄스 형태의 잡음이 감소되어 융선 방향으로 픽셀 값의 변화가 완만한 형태로 연속성이 강화된 것을 확인할 수 있다. 개선 전 영상과 개선 후 영상에 대한 차분 영상을 그림 13 (c)에 나타내었으며, 이것은 영상 개선 과정에서 픽셀 값의 변화가 많이 발생하였다는 것을 알 수 있다.

그림 14는 그림 13 (b)의 개선된 지문 영상에 픽셀 값의 분산 특성에 의하여 지문 영역을 검출한 결과를 보여주고 있다.

그림 15는 그림 13 (b)의 개선된 지문 영상으로부터

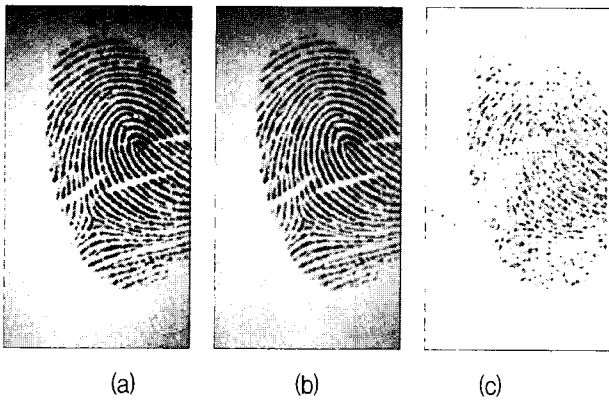


그림 13. (a) 원 영상, (b) 개선된 영상 (c) 차분 영상
Fig. 13. (a) Original fingerprint image, (b) Enhanced fingerprint image, (c) Difference image



그림 14. 지문 영역 검출 결과
Fig. 14. Result of fingerprint image segmentation.

주름선 영역 특성을 가지는 픽셀을 검출한 영상을 보여준다. 그림 15 (a)는 개선된 지문 영상이며, 그림 15 (b)는 지문 영상에서 주름선 영역 특성을 가지는 픽셀들을 검출한 결과 영상을 보여준다.

그러나 그림 15 (b)는 여러 개의 주름선 클러스터와 다수의 잡음 픽셀이 혼재되어 있으므로 주름선 검출이 용이하지 않다. 이에 대하여 본 논문에서 제안한 주름선 특성 픽셀의 주름선 방향에 의하여 영상을 분해하고 주름선 영역을 검출한 다음 분해 영상들의 합성에 의하여 주름선 영역을 검출할 수 있다.

그림 16은 주름선 영역 검출 결과 영상과 검출된 주름선 영역을 입력 지문 영상에 표시한 영상을 보여준다. 그림 16(a)는 주름선 방향에 대한 영상 분해 및 합성의 결과를 나타내며, 그림 16 (b)에서 흰색의 폐 루프는 검출한 주름선 영역을 원 영상에 표시한 것이다. 제안한 방법에 의하여 지문 영상에 포함된 주름선 영역을 정확히 검출한 것을 확인할 수 있다.

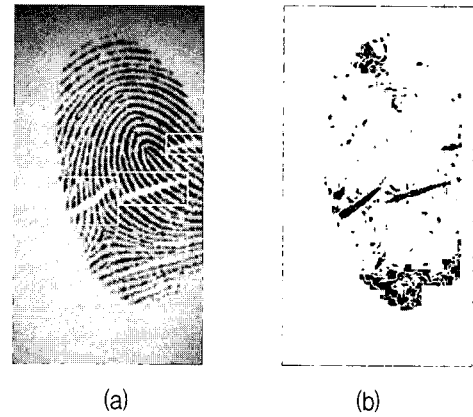


그림 15. (a) 원 영상, (b) 주름선 후보 영상
Fig. 15. (a) Original fingerprint image
(b) Candidate pixels of crease area.

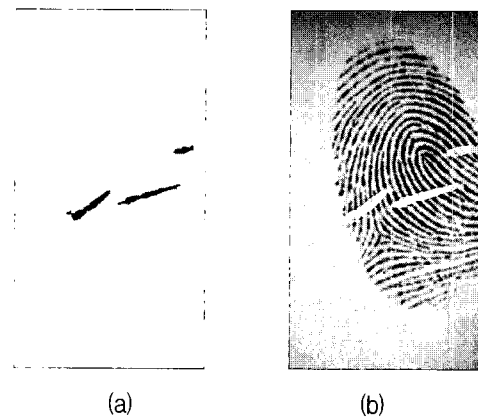


그림 16. (a) 주름선 영상, (b) 원 영상에 표시
Fig. 16. (a) The crease image
(b) Marked crease area on fingerprint image.



(a)



(b)

그림 17. (a) 지문 영상, (b) 주름선 검출 결과

Fig. 17. (a) Original fingerprint image
(b) Results of crease detection.

표 1. 주름선 검출 성능 비교

Table 1. A comparison of crease detect result.

	False alarm	Missing	Success
Proposed method	1.6%	7%	91.4%
Chenyu's method	2.5%	10%	87.5%
Improved	0.9%	3%	3.9%

다양한 지문 영상에 대한 입력 영상과 주름선 영역 검출 결과를 그림 17에 나타내었다. 그림 17의 (a)는 입력 지문 영상이고 (b)는 입력 지문 영상 각각에 대한 주름선 검출 결과 영상이다.

FVC2002 DB2, DB4의 주름선을 포함하는 지문 영상으로부터 주름선을 추출한 결과, 오 추출 1.6%와 미 추출 7%이고 정 추출 91.4%를 나타내었다. 그리고 제안한 방법과 기존 방법의 성능 비교를 위하여, Chenyu의 방법^[6]과의 비교 결과를 표 1에 나타내었다. 결과와 같이 본 논문에서 제안한 방법은 기존 방법에 의한 주름선 검출 결과와 비교하여, 오 추출 0.9%와 미 추출 3% 감소하고 정 추출 3.9%의 향상된 결과를 보였다.

V. 결 론

본 논문에서는 지문인식 시스템의 인식율 향상을 위하여 픽셀이 가지는 주름선 방향에 의해 영상을 분해하고, 주름선 영역의 특성에 해당하는 영역을 검출하여 지문 영상 내부에서 특징 정보 추출의 정확성을 향상시킬 수 있는 새로운 주름선 검출 방법을 제안하고, 실험을 실시하였다.

제안된 방법은 방향성 영상 분해에 의하여 다양한 방향의 주름선을 정확히 검출할 수 있고, 기존의 방향성 필터에 의한 방법은 방향성 영상 슬릿을 주파수 공간으로 변환하는 과정에서 많은 연산량이 요구되었으나, 본 방법은 주름선의 형태적 특성에 의한 통계적 방법으로 적은 연산량으로 주름선을 검출할 수 있다. 이러한 장점에 의하여 다양한 지문 영상에 대하여 실험한 결과 90.2%의 높은 정확성을 확인하였다. 따라서 본 논문에서 제안한 방법을 지문 인식 시스템에 적용하면, 지문 영상 내부에서 오 추출을 최소화하고 정 추출을 보존하므로 지문 인식을 향상이 기대된다.

향후 주름선 추출의 정확도 향상과 함께, 추출된 주름선 영역 정보를 지문인식 시스템에 적용하는 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] L. C. Jain, U. Halici, I. Hayashi, S. B. Lee, and S. Tsutsui, Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition, CRC Press, 1999.
- [2] 김재희, "생체인식 심화학습-지문인식", 시큐리티월드, pp.58-63, February 2001.
- [3] 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.
- [4] Raymond Thai, Fingerprint Image Enhancement and Minutiae Extraction, The University of Western Australia, 2003.
- [5] Pontus Hyme'r, Extraction and Application of Secondary Crease Information in Fingerprint Recognition Systems, Linkoping University, Germany, March 2005.
- [6] 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.
- [7] Anil K. Jain, Lin Hong, Yifei Wan, "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] 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.
 - [9] C. L. Wilson, G. T. Candela, C. I. Watson, "Neural-network fingerprint classification", Journal. of Artificial Neural Networks, Vol.1, No.2, pp.203-228, 1994.
 - [10] 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.
 - [11] 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.
 - [12] David D. Zhang, Biometric Solutions for Authentication in An E-World, Kluwer Academic Publishers, 2002.
 - [13] R. H. Bamberger and M. J. T. Smith, "A filter bank for the directional dcomposition of image: Theory and design", IEEE Trans. Signal Processing, Vol.40, No.4, pp.882-893, 1992.
 - [14] Jie Zhou, Jinwei Gu, "A Model-Based Method for the Computation of Fingerprints' Orientation Field", IEEE Trans. on Image Processing, Vol.13, No.6, pp.821-835, June 2004.
 - [15] S. Park, M. J. T. Smith, and R. M. Mersereau, "A new directional filter bank for image analysis and classification", in Proc. ICASSP 1999, Vol.3, pp.1417-1420, 1999.

 저 자 소 개

박 성 욱(정회원)
대한전자공학회 논문지
제43권 IE편 2호 참조

이 병 진(정회원)
대한전자공학회 논문지
제42권 SD편 2호 참조