

論文 2003-40SP-3-4

## 순차적 레이블링을 이용한 지문 융선 특징 검출 (Ridge Feature Extraction of Fingerprint Using Sequential Labeling)

吳 哉 倫 \*, 嚴 載 元 \*\*, 崔 太 永 \*

(Jae-Yoon Oh, Jae-Won Eom, and Tae-Young Choi)

### 요 약

본 논문에서는 세선화 지문 영상의 순차적 레이블링을 이용하여 위치 이동, 크기 변화 그리고 회전에 무관한 새로운 지문 융선 특징 검출 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 먼저 지문의 중심점을 지나는 수직선을 이용하여 세선화 지문 영상의 융선을 순차적으로 레이블링 한다. 그리고 레이블링한 개개의 융선들로부터 특징을 검출한다. 검출하는 특징은 융선의 종류와 융선에 존재하는 특징점의 융선 각도이다. 이러한 방법을 이용하여 지문 융선의 특징을 검출하면, 지문을 이루고 있는 여러 융선들의 종류를 알 수 있고, 각 융선에 존재하는 특징점의 종류 및 이들의 각도를 알 수 있다. 두 개의 세선화 지문 영상을 이용하여 실험한 결과, 제안하는 알고리즘이 위치 이동, 크기 변화 그리고 회전에 무관한 지문 융선 특징을 검출함을 확인하였다.

### Abstract

A novel fingerprint ridge feature extraction using sequential labeling of thinned fingerprint image is proposed, which is invariant to position translation, scaling, and rotation. The proposed algorithm labels ridges of thinned fingerprint image sequentially using vertical line that goes through fingerprint core point. Then, we extract a feature from each labeled ridge and the extraction process is based on the type of the ridge and a minutiae ridge angle in the ridge. The feature extracted through this process enables us to find out the kind of various minutiae and minutiae angle. As a result of the experiment using two thinned fingerprint images, we finally confirm that proposed algorithm is not related to position translation, scaling, and rotation.

**Keyword** : 순차적 레이블링, 중심점, 융선, 원형 패턴

### I. 서 론

근래 정보화 사회의 발전과 더불어 개인 식별에 대한 관심이 나날이 증가하고 있다. 하지만, 기존의 개인 식별 방법은 일률적으로 부과한 주민등록번호나 마그네틱 카드 등을 사용함으로써 외부에 노출되거나 분실되어서 오용될 가능성이 높다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 영구불변하고 높은 신뢰성을 가진 개인 식별 방법이 필요한데, 지문 인식은 서명, 얼굴, 홍채, 혈관, 음성 등에 기반한 다른 종류의 개인 식별 방법에 비해

\* 正會員, \*\* 學生會員, 亞州大學校 電子工學科  
(School of Electrical and Computer Engineering, Ajou Univ.)

※ 본 연구는 BERK(KOSEF) 지원에 의해서 수행되었습니다.

接受日字:2003年2月24日, 수정완료일:2003年4月13日

고속 처리가 가능하고 사용에 대한 거부감이 없으며 신뢰도가 높아 현재 널리 사용하고 있다<sup>1, 2)</sup>.

지문은 손가락 끝에 있는 융선의 패턴이다<sup>11)</sup>. 사람은 모두 유일한 지문을 가지고 있으며 이러한 지문의 유일성은 융선의 특징과 융선 사이의 상호 관계에 의해서 결정된다. 또 지문에는 특징점으로 불리는 두드러진 두 가지의 특징이 있는데, 각각 단점과 분기점이다. 단점은 융선이 끝나는 점이고 분기점은 융선이 갈라지는 점이다. 이와 같이, 지문은 융선 자체의 고유한 패턴과 융선 위에 존재하는 특징점으로 특징지을 수 있기 때문에, 이러한 특징들을 지문으로부터 검출하여 결합할 수 있는 알고리즘의 개발이 요구된다.

지금까지 지문 융선의 고유한 패턴에 관한 연구는 주로 지문의 분류에 국한되었다<sup>13, 15)</sup>. 이들 연구에서는 지문을 융선의 패턴에 따라 대체로 다섯에서 여섯 가지의 유형으로 분류한다. 이때, 융선의 패턴을 알아내기 위해서 융선의 국부적인 방향을 이용한다. 하지만 이러한 방법으로 알아낸 융선의 패턴은 지문 영상의 전체적인 패턴이기 때문에, 융선 개개의 패턴에 대한 정보는 전혀 알 수 없다.

한편, 지문의 특징점을 이용하여 지문의 특징을 검출하는 여러 방법들이 연구되었다<sup>16, 18)</sup>. 이들 연구에서는 지문의 특징점을 검출하기 위해서 특징점이 위치한 융선을 참고하는 경우가 있기는 하지만, 정작 검출한 특징에는 특징점이 속해있던 융선에 대한 정보는 없고 지문 영상 전체에 존재하는 특징점들 간의 상대적인 위치 정보만 있을 뿐이다. 그러므로 어떤 특징점들이 어떤 융선에 속해있는가에 대한 정보는 전혀 알 수 없다.

[9]에서는 지문의 고유 좌표계를 제안하고 이 좌표계를 이용하여 특징점의 위치를 정의한다. 고유 좌표계의 한 축은 융선과 평행하며 다른 축은 융선에 수직하므로 특징점의 좌표는 단지 특정한 융선에서의 위치 값으로만 나타나게 된다. 그러므로 지문에 위치 이동, 크기 변화 그리고 회전이 있더라도 고유 좌표계에서 특징점들의 좌표는 변화가 없다. 하지만 이런 방법으로 모든 융선을 평행하게 만들어 버리면, 융선 본래의 패턴은 사라져 버리게 된다. 그러므로 융선 본래의 패턴을 유지하면서, 융선에 존재하는 특징점들의 특징을 검출할 수 있는 방법의 개발이 필요하다.

본 논문에서는 세선화 지문 영상의 순차적 레이블링을 이용하여 위치 이동, 크기 변화 그리고 회전에 무관

한 융선 특징 검출 방법을 제안한다. 기존의 지문 특징 검출 알고리즘이 지문 영상 전체에서 특징점을 검출하는 것과 달리, 제안하는 알고리즘은 지문 영상의 순차적 레이블링을 통하여 융선들을 하나하나 분리한 다음, 각 융선들의 패턴을 분석하여 분류하고, 각 융선에 존재하는 특징점들의 융선 각도를 검출한다. 이러한 방법을 이용하여 지문 융선의 특징을 검출하면, 지문을 이루고 있는 여러 융선들의 종류를 알 수 있고, 각 융선에 존재하는 특징점의 종류 및 이들의 각도를 알 수 있다. 또한 지문 융선의 순차적 레이블링은 서로 이웃한 융선들에 대한 정보를 제공하여 준다. 제안하는 알고리즘을 이용하여 검출한 융선의 특징들은 지문 영상의 위치 이동, 크기 변화 그리고 회전에 무관하기 때문에 보다 강인한 지문 인식 알고리즘에 사용할 수 있다.

II장에서는 순차적 레이블링을 이용한 지문 융선 특징 검출 알고리즘을 설명한다. 그리고 III장에서는 두 개의 세선화 지문 영상에 대해 제안하는 알고리즘을 이용하여 두 가지의 실험을 실시하고 그 결과를 분석한다. 마지막으로 IV장에서는 결론 및 향후 연구 과제를 제시한다.

### II. 융선의 순차적 레이블링과 특징 검출

본 논문에서 제안하는 순차적 레이블링을 이용한 위치 이동, 크기 변화 그리고 회전에 무관한 지문 융선 특징 검출 알고리즘의 처리 과정은 <그림 1>과 같다. 융선의 순차적 레이블링 단계에서는 지문의 중심점을 지나는 수직선을 이용하여 세선화 지문 영상의 융선을 순차적으로 레이블링 한다. 이 단계에서 세선화 지문

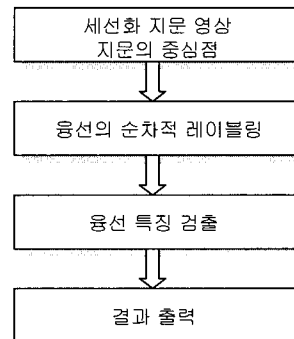


그림 1. 알고리즘의 처리 과정  
Fig. 1. Flow chart of algorithm.

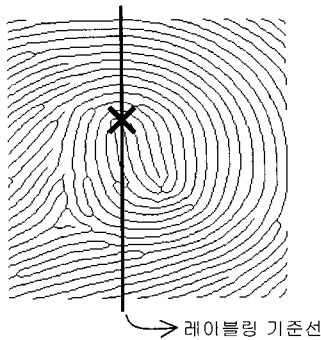


그림 2. 중심점과 레이블링 기준선  
Fig. 2. Core point and labeling reference line.

영상을 여러 개의 용선들로 분리한다. 다음 단계인 용선 특징 검출 단계에서는 앞 단계에서 분리한 개개의 용선들로부터 특징을 검출한다. 검출하는 특징은 두 가지로, 하나는 용선의 종류이고 다른 하나는 용선에 존재하는 특징점의 용선 각도이다. 이러한 방법을 이용하여 지문 용선 마다 특징을 검출하면, 지문을 이루고 있는 여러 용선들의 종류를 알 수 있고 각 용선에 존재하는 특징점의 종류 및 이들의 각도를 알 수 있다.

1. 용선의 순차적 레이블링

용선의 순차적 레이블링 단계의 입력인 세션화 지문 영상을  $T$ 라고 하자. 그리고 세션화 지문 영상  $T$  위에 수직선을 하나 정의하고 이를 레이블링 기준선이라고 하자. 레이블링 기준선은 지문의 중심점을 지나며, 세션화 지문 영상  $T$ 의 한 열에 해당한다. <그림 2>의 X 표시가 지문의 중심점을 나타내고 중심점을 지나는 수직선이 레이블링 기준선이다. 이때, 지문 영상은 보기 편하도록 반전하였다. 레이블링 기준선의 각각의 화소는 지문 용선이 지나갈 경우 1의 값을, 용선이 지나가지 않을 경우 0의 값을 갖는다. 이제 레이블링 기준선을 이용하여 다음과 같은 방법으로 지문의 용선을 순차적으로 레이블링 한다. 먼저 레이블링 기준선을 위에서 아래방향으로 조사하면서 화소값이 1인 부분에 오름차순으로 정수  $n(n=1, 2, \dots, r)$ 을 할당한다. 이 때,  $r$ 은 레이블링 기준선에 존재하는 화소값 1의 개수이다. 다음 단계는 주어진 조건을 만족할 때까지 반복적으로 수행하는 단계이다. 먼저 레이블링 기준선의 화소값을 위에서 아래방향으로 조사하면서 처음으로 정수  $n$ 이 나올 때, 그곳을 지나는 용선을  $R_n$ 으로 정의한다. 그리고 용선  $R_n$ 을 세션화 지문 영상  $T$ 에서 제거한다. 이

과정을 세션화 지문 영상  $T$ 의 용선이 존재하지 않을 때까지 반복한다. 결과적으로, 세션화 지문 영상  $T$ 는 식 (1)과 같이  $m$  개의 순차적인 용선들의 합으로 이루어진다.

$$T = \sum_{n=1}^m R_n (m \leq r). \tag{1}$$

순차적 레이블링 방법으로 분리한 용선들의 개수가  $r$  개가 아니라  $m$  개인 이유는, 레이블링 기준선을 두 번 이상 지나가는 용선  $R_n$ 이 있을 수 있기 때문이다.

2. 용선 특징 검출

1) 본 논문에서 제안하는 특징 검출 방법

세션화 영상의 순차적 레이블링 단계에서 분리한 여러 개의 용선들로부터 용선 특징을 검출한다. 본 논문에서는 두 가지의 용선 특징을 제안하는데 첫째, 용선의 종류이고 둘째, 용선에 존재하는 특징점의 용선 각도이다. 용선의 종류와 용선에 존재하는 특징점의 각도를 알기 위해서는 먼저 용선 특징점을 검출해야 한다. 특징점은 단점과 분기점의 두 종류가 있는데, [1]에서 제안한 방법을 사용하여 검출한다. 세션화 영상의 한 화소를  $(x,y)$ 라 하고  $N_0, N_1, \dots, N_7$ 을 이 화소의 8개 이웃이라고 하자. 만약  $\left(\sum_{i=0}^7 N_i\right) = 1$ 이면 화소  $(x,y)$ 는 용선 끝점이고  $\left(\sum_{i=0}^7 N_i\right) > 2$ 이면 용선 분기점이다.

2) 용선의 분류

세션화 영상의 순차적 레이블링으로 분리한 개개의 용선은 단순 용선, 분기 용선, 복합 용선의 세 가지 종류로 분류할 수 있다. 분류의 기준은 용선에 존재하는 특징점의 종류와 개수이다. 단순 용선은 분기점이 없고 단점의 개수가 두 개 이하인 용선을 말한다. 즉 분기점과 단점이 모두 없는 경우도 단순 용선에 해당한다. 분기 용선은 단점의 개수에 상관없이 분기점이 한 개 존재하는 용선을 말한다. 분기 용선에 존재할 수 있는 단점의 최대 개수는 3개 이다. 복합 용선은 단점의 개수에 상관없이 분기점이 두 개 이상 존재하는 용선을 말한다. <그림 3>은 세 가지종류의 용선을 보여주고 <표 1>은 용선의 분류를 보여준다.

표 1. 융선의 분류  
Tabel 1. Classification of ridge.

융선 종류	특징점 종류	
	단점 개수	분기점 개수
단순 융선	2개 이하	0개
분기 융선	상관없음	1개
복합 융선	상관없음	2개 이상

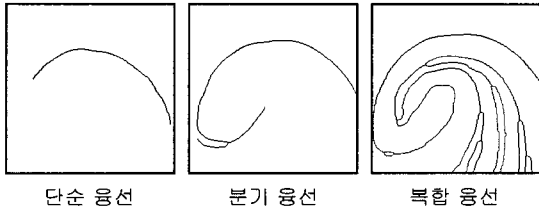


그림 3. 세 가지 종류의 융선  
Fig. 3. Three kinds of ridge.

3) 특징점의 융선 각도 검출  
먼저 단점의 융선 각도 검출 과정을 살펴보자. 단점의 융선 각도를 검출하기 위하여 프리만 코드를 이용한다. 프리만 코드는 <그림 4>와 같이 8개 이웃에서 모든 가능한 움직임들에 대해 0에서 7까지 반시계 방향으로 연속적으로 숫자를 할당한 것이다<sup>[10]</sup>. 프리만 코드 0, 1, ..., 7은 각각 0°, 45°, ..., 315°의 각도에 해당한다. 프리만 코드를 이용하여 단점에서 융선이 뻗어나가는 방향으로 체인 코드  $C$ 를 생성한다.

$$C = \{c_i\}_{i=0,1,\dots,n} (c_i \in \{0, 1, \dots, 7\}). \quad (2)$$

여기서,  $c_i$ 는 집합  $C$ 의 원소이고,  $n$ 은 집합  $C$ 의 원소의 개수이다. 생성한 체인 코드를 식 (3)을 이용하여 단점의 융선 각도  $A_E$ 로 변환한다.

$$A_E = \frac{45}{n} \sum_{i=1}^n c_i. \quad (3)$$

위의 식은 단점의 융선 각도를  $360 \times \frac{n}{45} = 8n$ 개의 각도 값으로 균일양자화 한다. 이 때, 양자화 오차는  $\left(\frac{45}{n}\right)^\circ$ 이다.

분기점의 융선 각도를 검출하기 위하여 먼저 <그림 5>와 같이 융선과 융선의 각도를 정의한다.

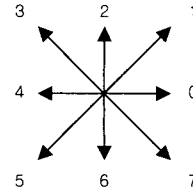


그림 4. 8개 이웃에서의 프리만 코드  
Fig. 4. Freeman's codes in the 8-neighbourhood.

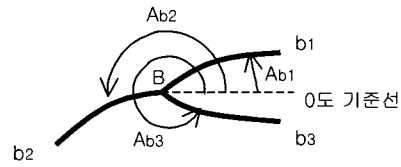


그림 5. 융선과 융선 각도의 정의  
Fig. 5. Definition of ridge and ridge angle.

여기서,  $A_{b1}, A_{b2}, A_{b3}$ 는 각각 분기점  $B$ 를 중심으로 0° 기준선에서 반시계 방향으로 돌아가며 측정된 세 개의 융선  $b_1, b_2, b_3$ 의 각도이다. 분기점  $B$ 에서 뻗어나가는 세 융선에 대해 각각 단점의 융선 각도 검출 방법을 이용하여  $A_{b_i} (i=1, 2, 3)$ 를 검출한다. 검출한 각도로부터 융선간의 각도  $A_{b_i, b_j}$ 를 정의한다.

$$A_{b_i, b_j} = |A_{b_i} - A_{b_j}|. \quad (4)$$

여기서  $(i, j)$ 는 각각  $(1, 2), (2, 3), (3, 1)$ 이다. 이 때, 융선간의 각도 중에서  $A_{b_i, b_j}$ 가 최소값이라면, 분기점의 융선 각도  $A_B$ 는 식 (5)와 같이 정의한다.

$$A_B = A_{b(6-i-j)}. \quad (5)$$

예를 들어,  $A_{b3, b1}$ 이 최소값일 경우 분기점의 융선 각도는  $A_{b2}$ 이다. 결과적으로 분기점의 융선 각도 검출 과정은 분기점에서 뻗어나가는 세 개의 융선들 중에서 하나를 선택하여 융선의 각도를 검출하는 과정이다. 다시 말해, 이 과정은 위의 식 (3)과 식 (4)를 이용하여, <그림 5>에서 보듯이 분기점에서 뻗어나가는 세 개의 융선들 중에서 대체로 같은 방향으로 뻗어나가는 두 개의 융선이 아니라, 거의 반대 방향으로 뻗어나가는 한 개의 융선을 선택하고, 선택한 융선의 각도를 검출하는 과정이다.

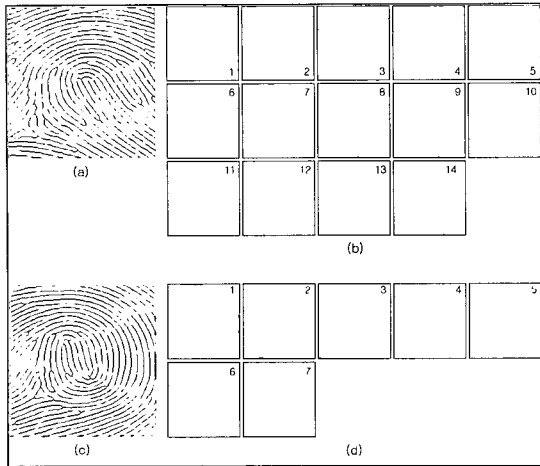


그림 6. 세션화 지문 영상의 순차적 레이블링: (a) 우루프형 지문 영상, (b) (a)의 순차적 레이블링, (c) 소용돌이형 지문 영상, (d) (c)의 순차적 레이블링

Fig. 6. Sequential labeling of thinned fingerprint image: (a) Right loop class fingerprint image, (b) Sequential labeling of (a), (c) Whorl class fingerprint image, (d) Sequential labeling of (c).

III. 실험 결과

본 논문에서는 두 가지 실험을 실시한다. 첫 번째는 두 개의 세션화 지문 영상에 대해 제안하는 알고리즘을 이용하여 융선의 특징을 검출한다. 두 번째는 세션화 지문 영상의 크기 변화, 위치 이동 그리고 회전등에 대해 제안하는 알고리즘을 이용하여 융선의 특징을 검출하고, 첫 번째 단계에서 검출한 특징들과 비교한다. 쉬운 비교를 위하여 검출한 특징들을 원형 패턴으로 나타낸다. 첫 번째와 두 번째 실험에서 검출하는 특징은 융선의 종류와 특징점의 융선 각도이다. 마지막으로, 첫 번째와 두 번째의 실험 결과를 이용하여 제안하는 알고리즘을 분석한다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 두 가지 입력 중 하나인 지문의 중심점은 경험적으로 결정하는데, 이는 중심점 검출 알고리즘과 제안하는 알고리즘간의 독립성을 유지하기 위함이다.

1. 제안하는 알고리즘을 이용한 융선 특징 검출  
 제안하는 알고리즘을 이용하여 융선의 특징을 검출하기 위해 <그림 6(a), (c)>의 두 세션화 지문 영상을 사용한다. 지문의 여러 가지 유형 중에서 <그림 6(a)>는 우루프형 지문이고, <그림 6(c)>는 소용돌이형 지문

이다. 두 세션화 지문 영상의 크기는 256×256이며, 순차적 레이블링 단계에서 분리한 개개의 융선들이 각각 <그림 6(b), (d)>에 나타나 있다. 두 세션화 지문 영상의 순차적 레이블링 결과를 살펴보자. 먼저, <그림 6(b)>를 보면 융선의 개수가 14개 이고 단순 융선, 분기 융선, 복합 융선 등이 모두 존재함을 알 수 있다. 다음 <그림 6(d)>를 보면, 융선의 개수가 7개 이고 <그림 6(b)>의 경우와 마찬가지로 단순 융선, 분기 융선, 복합 융선 등이 모두 존재함을 알 수 있다. 이제, 레이블링 단계에서 분리한 개개의 융선들로부터 단점과 분기점의 융선 각도를 검출하는데, 체인 코드의 길이 n=7을 사용한다. <표 2>와 <표 3>에 각각 <그림 6(b), (d)>의 단점과 분기점의 융선 각도 검출 결과를 정리하였다. 여기서 단순 융선은 S, 분기 융선은 B, 복합 융선은 C로 표시하였고, 단점과 분기점의 융선 각도값은 오름차순으로 정렬하였다. 각도 값은 정수로 반올림하였고, 세션화 지문 영상의 상하좌우 경계에서 10 화소 이내에 있는 특징점은 각도 검출 대상에서 제외하였다. 그리고 <그림 6(d)>의 6번째 융선의 경우처럼, 분기점의 개수가 많고 분포가 조밀하여 각도 검출이 어려운 경우는 체인 코드의 길이를 적절히 조절하여 각도를 검출하였다. √ 표시는 단점이나 중심점이 존재하지 않음을 말한다. <표 2>의 융선 번호 8, 10과 <표 3>의 융선 번호 4, 6에는 같은 각도 값들이 있는데, 이는 어떤 융선에 존재하는 특징점들 중에서 위치는 다

표 2. <그림 6(b)>에 대한 융선 특징 검출 결과

Tabel 2. Ridge feature extraction result for figure 6(b).

융선 번호	융선 종류	특정점의 융선 각도	
		단점	분기점
1	S	√	√
2	B	√	26
3	S	√	√
4	B	√	45
5	S	√	√
6	C	√	64,154
7	C	√	77,84
8	C	167,167	71,77,199,321,334,334
9	B	174	122
10	C	√	39,154,180,315,315
11	C	√	26,315
12	S	6	√
13	S	309	√
14	S	283	√

표 3. <그림 6(d)>에 대한 융선 특징 검출 결과

Tabel 3. Ridge feature extraction result for figure 6(d).

융선 번호	융선 종류	특징점의 융선 각도	
		단점	분기점
1	B	✓	72
2	S	✓	✓
3	S	✓	✓
4	C	✓	13,13,354
5	C	✓	63,81,90,207,342
6	C	✓	25,25,58,90,90,96,116,167,270,283,315,328
7	S	231	✓

르지만 같은 각도 값을 갖는 특징점들이 존재함을 뜻한다.

2. 위치 이동, 크기 변화, 회전에 대한 융선 특징 검출 및 비교

본 절에서는 1 절에서 사용한 두 개의 세션화 지문 영상의 위치 이동, 크기 변화, 회전에 대해 융선의 특징을 검출하고 1 절의 결과와 비교한다. <그림 7(a), (c)>는 각각 <그림 6(a), (c)>를 반시계 방향으로 30도 회전하여 크기를 1.2배 크게 하고 임의의 값만큼 위치 이동한 결과이다. 이 두 세션화 영상의 순차적 레이블링 결과를 살펴보자. 먼저 <그림 7(b)>를 보면 융선의 개수가 10개 이고 단순 융선, 분기 융선, 복합 융선 등이 모두 존재함을 알 수 있다. 그리고 <그림 6(b)>의 1, 2, 3, 4, 5번 융선이 <그림 7(b)>에는 나타나지 않음을 알 수 있다. 이는 <그림 6(a)>의 세션화 지문 영상이 위치 이동, 크기 변화, 회전에 의해 <그림 7(a)>가 되는 과정에서 영상의 일부가 잘려나가기 때문이다. <그림 6(b)>의 8번 융선은 <그림 7(b)>에서는 3번 융선에 해당하지만 일부가 잘려나가 있고, <그림 6(b)>의 10번 복합융선은 <그림 7(b)>에서는 두 개로 나뉘어 5번 분기 융선과 6번 복합 융선으로 나타난다. 다음 <그림 7(d)>를 보면 융선의 개수가 5개 이고 위의 경우와 마찬가지로 단순 융선, 분기 융선, 복합 융선 등이 모두 존재함을 알 수 있다. <그림 6(d)>의 1, 7번 융선은 <그림 7(d)>에는 나타나지 않음을 알 수 있고, <그림 6(d)>의 4번 복합 융선이 <그림 7(d)>에서는 두 개로 나뉘어 2, 3번의 단순 융선으로 나타난다. 이제, <그림 7(b), (d)>의 각각의 융선들로부터 1 절에서와 같은 방

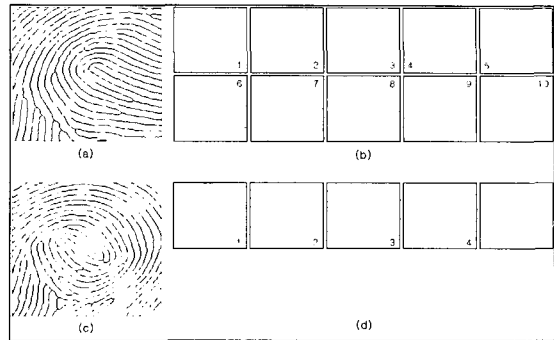


그림 7. 세션화 지문 영상의 순차적 레이블링 : (a) 변형된 우루프형 지문 영상, (b) (a)의 순차적 레이블링, (c) 변형된 소용돌이형 지문 영상, (d) (c)의 순차적 레이블링

Fig. 7. Sequential labeling of thinned fingerprint image: (a) Changed right loop class fingerprint image, (b) Sequential labeling of (a), (c) Changed whorl class fingerprint image, (d) Sequential labeling of (c).

표 4. 그림 7(b)에 대한 융선 특징 검출 결과  
Tabel 4. Ridge feature extraction result for figure 7(d).

융선 번호	융선 종류	특징점의 융선 각도	
		단점	분기점
1	B	✓	103
2	C	✓	109, 109, 161
3	C	✓	109, 109
4	B	✓	148
5	C	✓	84, 180, 347
6	B	✓	219
7	C	✓	71, 347
8	S	32	✓
9	S	341	✓
10	S	328	✓

표 5. 그림 7(d)에 대한 융선 특징 검출 결과  
Tabel 5. Ridge feature extraction result for figure 7(d).

융선 번호	융선 종류	특징점의 융선 각도	
		단점	분기점
1	B	✓	✓
2	S	✓	39
3	S	✓	19
4	C	198,293	9,113,117,126,234
5	C	✓	58,116,122,122,147,199,304,321,341,347

식으로 단점과 분기점의 용선 각도를 검출한다. 검출한 결과를 각각 <표 4, 5>에 정리하였다.

그러면 지금부터 <표 2, 3>과 <표 4, 5>와의 결과를 비교해 보자. <표 4, 5>의 결과는 각각 <그림 7(a)>와 <그림 7(c)>로부터 나온 것이고, <그림 7(a), (c)>는 각각 <그림 6(a), (c)>의 영상을 반시계 방향으로 30도 회전, 1.2배 확대, 그리고 임의의 값만큼 이동시킨 결과이다. 본 논문에서는 지문 영상의 위치 이동, 크기 변화 그리고 회전에 무관한 용선 특징 검출 알고리즘을 제안하므로, <표 4, 5>는 각각 <표 2, 3>에 대해 위치 이동, 크기 변화 그리고 회전에 무관한 용선 특징 검출 결과를 보여야 한다. 이를 확인하기 위해 <표 2, 3, 4,

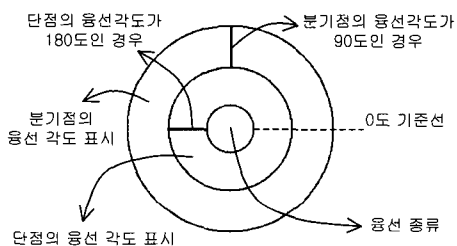


그림 8. 원형 패턴  
Fig. 8. Circular pattern.

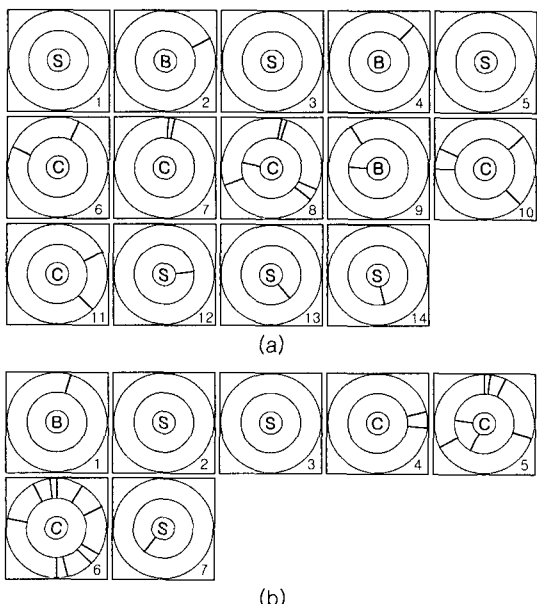


그림 9. (a)표 2에 대한 원형 패턴, (b)표 3에 대한 원형 패턴  
Fig. 9. (a) Circular pattern for table 2, (b) Circular pattern for table 3.

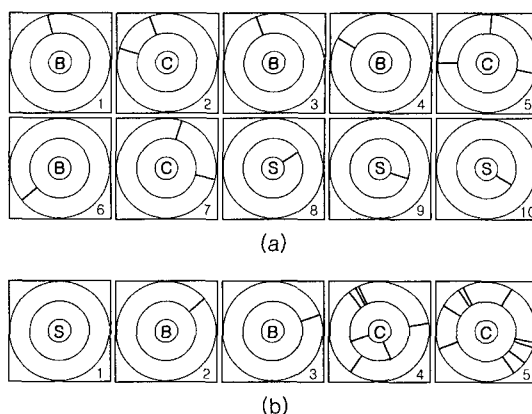


그림 10. (a)표 4에 대한 원형 패턴, (b)표 5에 대한 원형 패턴  
Fig. 10. (a) Circular pattern for table 4, (b) Circular pattern for table 5.

5>에서 검출한 용선의 특징을 <그림 8>과 같은 원형 패턴으로 나타낸다. <그림 8>의 원형 패턴을 살펴보면, 먼저 가장 안쪽의 원에는 용선의 종류를 표시하고, 중간 원에는 단점의 용선 각도를 표시한다. 그리고 가장 바깥 원에는 분기점의 용선 각도를 표시한다. 각도 표시의 기준은 원의 중심으로부터 오른쪽 방향의 수평선이며, 이 수평선이 0도 이고 반시계 방향으로 돌아가며 각도를 표시한다. 이러한 방법으로 <표 2, 3, 4, 5>의 용선 특징 검출 결과를 원형 패턴으로 나타낸 것이 <그림 9(a), (b)>와 <그림 10(a), (b)>이다. 각 원형 패턴의 오른쪽 아래에 용선 번호를 표시하였다.

이제 <그림 9>와 <그림 10>의 결과를 살펴보자. 먼저 <그림 9(a)>의 10번 원형 패턴과, <그림 10(a)>의 5, 6번 원형 패턴을 살펴보자. 이들 원형 패턴은 각각 <그림 6(b)>의 10번 용선과 <그림 7(b)>의 5, 6번 용선의 특징 검출 결과에 해당한다. 그리고 <그림 6(b)>의 10번 용선은 세선화 지문 영상의 위치 이동, 크기 변화, 회전 때문에 둘로 나뉘어 <그림 7(b)>의 5, 6번 용선으로 나타나므로 <그림 10(a)>의 5번 원형 패턴과 6번 원형 패턴을 합하여 한 개의 원형 패턴으로 나타낸 후, <그림 9(a)>의 10번 원형 패턴을 반시계 방향으로 30도 회전시킨 결과와 비교하여 보자. 이 과정이 <그림 11>에 나타나 있다. 이때, 원형 패턴을 반시계 방향으로 30도 회전시킨 이유는 본 논문에서 사용한 세선화 지문 영상의 회전 각도가 반시계 방향으로 30도이기 때문이다.

<그림 11>의 두 원형 패턴을 비교해 보면 상당히 유

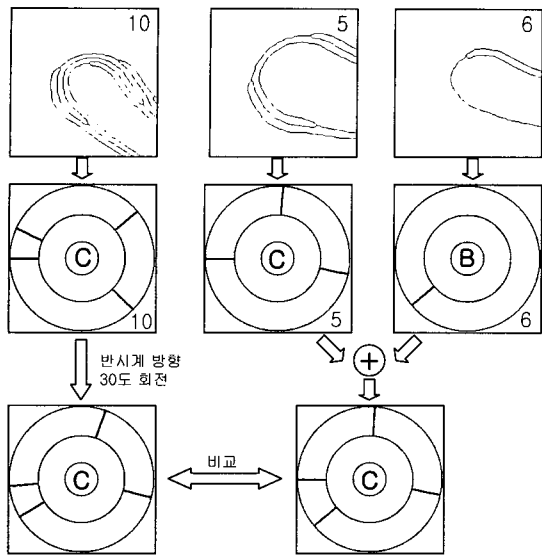


그림 11. 그림 9(a)의 10번 원형 패턴과 그림 10(a)의 5, 6번 원형 패턴과의 비교

Fig. 11. Comparison of number 10 circular pattern in figure 9(a) and number 5, 6 circular pattern in figure 10(a).

사한 패턴을 가지고 있음을 알 수 있다. 이제 <그림 11>과 같은 과정을 이용하여 다른 원형 패턴들을 비교해 보자. <그림 12>는 <그림 9(b)>의 5번 원형 패턴과 <그림 10(b)>의 4번 원형 패턴과의 비교 결과, <그림 13>은 <그림 9(b)>의 6번 원형 패턴과 <그림 10(b)>의 5번 원형 패턴과의 비교 결과를 보여준다. 여기서도 <그림 11>의 경우와 마찬가지로 두 원형 패턴을 비교해 보면 상당히 유사한 패턴을 가지고 있음을 알 수 있다.

3. 제안하는 알고리즘의 분석 및 문제점

<그림 11, 12, 13>에서와 같이 융선에서 검출한 특징들로부터 생성한 원형 패턴간의 비교가 가능한 것은 바로 세선화 지문 영상의 순차적 레이블링 때문이다. 만약 지문의 융선이 레이블링 되어있지 않다면, 융선간의 비교 자체가 불가능하다. 그리고 순차적 레이블링은 바로 인접한 융선에 대한 정보를 알려주기 때문에, 예를 들어 <그림 6(b)>의 10번 융선이 두개로 분리되어 <그림 7(b)>의 5, 6번 융선이 된 경우에 두 융선을 더하여 <그림 6(b)>의 10번 융선과 비교할 수 있는 실마리를 제공한다.

또 <그림 11, 12, 13>에서와 같이 두 원형 패턴을 서로 비교해 보았을 때, 거의 유사한 패턴을 나타내는

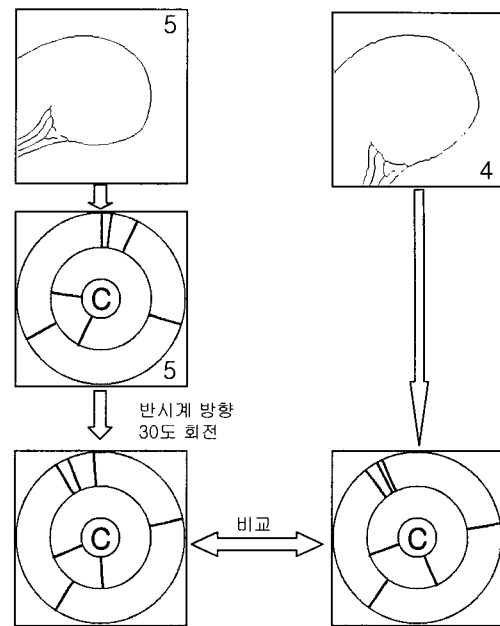


그림 12. 그림 9(b)의 5번 원형 패턴과 그림 10(b)의 4번 원형 패턴과의 비교

Fig. 12. Comparison of number 5 circular pattern in figure 9(b) and number 4 circular pattern in figure 10(b).

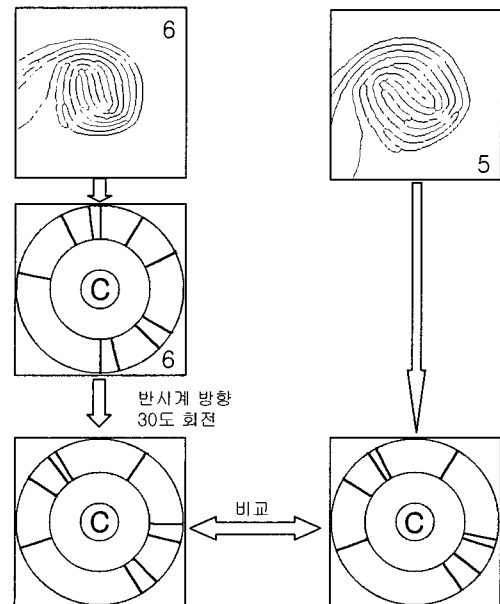


그림 13. 그림 9(b)의 6번 원형 패턴과 그림 10(b)의 5번 원형 패턴과의 비교

Fig. 13. Comparison of number 6 circular pattern in figure 9(b) and number 5 circular pattern in figure 10(b).



것은 제안하는 용선 특징 검출 결과가 지문 영상의 위치 이동, 크기 변화, 회전에 무관함을 보여준다. 지문 영상의 크기나 위치가 변할 경우, 용선의 모양 자체는 변하지 않으므로 특징점의 용선 각도도 변하지 않아서 지문 영상의 크기 변화나 위치 이동에 무관한 용선 특징 검출이 가능하다. 만약 지문 영상이 회전할 경우, 특징점의 용선 각도는 지문 영상이 회전한 각도만큼 변하지만, 용선 자체의 모양은 변하지 않는다. 그러므로 특징점의 용선 각도 값을 원형 패턴으로 나타내어 적절히 회전시키면, 지문 영상의 회전에 무관한 용선 특징 검출이 가능하다.

결과적으로 본 논문에서 제안하는 순차적 레이블링을 이용한 용선 특징 검출 방법은 지문 영상의 위치 이동, 크기 변화 그리고 회전에 무관한 용선 특징을 검출함을 확인할 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 세션화 지문 영상의 순차적 레이블링을 이용하여 위치 이동, 크기 변화 그리고 회전에 무관한 용선 특징 검출 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘에서는 이를 위해 두 단계의 처리과정을 거쳤다. 첫 번째 단계는 세션화 지문 영상의 순차적 레이블링 단계로써 지문의 중심점을 기준으로 레이블링 기준선을 정의하고 이를 이용하여 세션화 지문 영상을 위에서 아래로 순차적으로 레이블링 하였다. 두 번째 단계는 레이블링된 개개의 용선들로부터 특징을 검출하는 단계로써 용선의 종류와 특징점의 용선 각도를 검출하였다.

제안한 알고리즘의 용선 특징 검출 성능을 알아보기 위해 두 개의 세션화 지문 영상을 이용하여 실험하였다. 먼저 두 세션화 지문 영상으로부터 제안하는 알고리즘을 이용하여 용선 특징을 검출하였다. 그리고 두 세션화 지문 영상에 크기 변화, 위치 이동, 회전을 가한 다음 제안하는 알고리즘을 이용하여 용선 특징을 검출하여, 앞서 검출한 용선 특징과 비교하였다.

검출한 용선 특징을 쉽게 비교하기 위해 용선의 종류 및 단점과 분기점의 용선 각도를 동시에 나타내는 원형 패턴을 생성하였다. 이러한 원형 패턴을 이용하여 원래의 용선 특징과 위치 이동, 크기 변화, 회전이 가해진 용선 특징을 비교한 결과, 제안된 알고리즘이 지문 영상의 위치 이동, 크기 변화, 회전에 무관한 용선 특징

을 검출함을 확인할 수 있었다.

하지만, 제안된 알고리즘에는 다음과 같은 문제점들도 존재한다. 첫째, 순차적 레이블링 과정에서 지문 영상의 중심점을 이용하는데, 중심점이 제대로 찾아지지 않을 경우 레이블링 결과가 달라질 수 있다. 둘째, 지문의 용선이 레이블링 기준선을 지나가지 않을 경우 레이블링 대상에서 제외되어 용선의 정보가 손실될 수 있다. 셋째, 지문 영상에 존재하는 의사 특징점으로 인하여 레이블링 결과가 달라짐은 물론 용선 특징 검출 결과도 달라질 수 있다. 위와 같은 문제점들을 해결하기 위해서는 첫째, 지문의 중심점에 의존하지 않는 용선 레이블링 방법의 개발이 필요하다. 둘째, 지문 영상에 존재하는 모든 용선을 빠짐없이 레이블링하여 특징을 검출하는 방법의 개발이 필요하다. 셋째, 지문 영상의 의사 특징점을 제거하는 방법의 개발이 필요하다.

본 논문에서 제안한 방법은 지문의 용선을 순차적으로 레이블링하여 각 용선들로부터 단점과 분기점의 용선 각도를 검출하는 알고리즘으로, 향후 특징점간의 연결 구조를 파악하고 용선의 분류 기준을 세분화하여 지문 영상의 위치 이동, 크기 변화 그리고 회전등에 무관한 다양한 종류의 용선 특징을 검출하는 방법의 개발이 필요하다.

#### 참 고 문 헌

- [1] A.K. Jain, L. Hong, R. Bolle, "On-Line Fingerprint Verification," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 19, no. 4, pp. 302~313, April, 1997.
- [2] D. Maio, and D. Maltoni, "Direct Gray-Scale Minutiae Detection in Fingerprints," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 19, no. 1, pp. 27~39, Jan., 1997.
- [3] K. Karu, A.K. Jain, "Fingerprint Classification," Pattern Recognition, vol. 29, no. 3, pp. 389~404, 1996.
- [4] L.C. Ern, G. Sulong, "Fingerprint Classification Approaches: An Overview," International Symposium on Signal Processing and its Application, pp. 347~350, Aug., 2001.
- [5] A.K. Jain, S. Prabhakar, and L. Hong, "A Multichannel Approach to Fingerprint

- Classification," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 21, no. 4, pp. 348~359, April, 1999.
- [6] V.E. Duro, "Minutiae Detection Algorithm for Fingerprint Recognition," IEEE AESS Systems Magazine, pp. 7~10, March, 2002.
- [7] J.C. Amengual, A. Juan, J.C. Perez, F. Prat, S. Saez and J.M. Vilar, "Real-Time Minutiae Extraction in Fingerprint Images," IEE IPA97, no. 443, pp. 871~875, July, 1997.
- [8] A. Wahab, S.H. Chin, E.C. Tan, "Novel Approach to Automated Fingerprint Recognition," IEE Proc.-Vis. Image Signal Process., vol. 145, no. 145, pp. 160~166, June, 1998.
- [9] A.M. Bazen, S.H. Gerez, "An Intrinsic Coordinate System for Fingerprint Matching," 3rd International Conference on AUDIO- and VIDEO-BASED BIOMET-RIC PERSON AUTHENTICATION, pp. 198~204, June, 2001.
- [10] S. Marchand-Maillet, Y.M. Sharaiha, Binary Digital Image Processing, Academic Press, pp. 38, 2000.

## 저 자 소 개



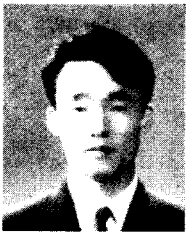
吳 哉 俞(正會員)

2001년 : 아주대학교 전자공학부 졸업(공학사). 2001년~현재 : 아주대학교 전자공학과 석·박사 통합과정. <주관심분야 : 워터마킹, 웨이블릿, 영상신호처리>



崔 太 永(正會員)

1974년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1978년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업(공학석사). 1982년 12월 : L'Univ. d'Aix-marseille III, France(박사과정). 1982년~현재 : 아주대학교 전자공학부 교수. <주관심분야 : 영상신호처리, 컴퓨터 비전, 패턴인식>



嚴 載 元(學生會員)

1996년 : 아주대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1999년 : 아주대학교 전자공학과 졸업(학사). 2001년 : 아주대학교 전자공학과 박사과정 졸업. 2001년~현재 : (주) 바른기술. <주관심분야 : 컬러 형태학, 패턴인식, 컴퓨터 비전>

턴인식, 컴퓨터 비전>