

레이블링 방법을 이용한 지문 영상의 기준점 검출

정희원 송영철*, 준회원 박철현*, 정희원 박길흠*

Core Point Detection Using Labeling Method in Fingerprint

Young-Chul Song* *Regular Member*, Chul-Hyun Park* *Associated Member*,
Kil-Houm Park* *Regular Member*

요 약

본 논문에서는 방향 패턴 레이블링을 이용하여 지문 영상의 중심점을 검출하는 방법을 제안하였다. 중심점은 지문 영상에서의 특이점들 중의 하나이며 대부분의 지문 인식 시스템에서 기준점으로 사용되고 있다. 중심점의 검출은 지문 인식 시스템에서 반드시 수행되어야 할 중요한 단계로 전체 시스템의 성능에 큰 영향을 준다. 제안된 방법에서는 ridge의 분포로부터 얻어낸 방향 성분에 레이블링 방법과 중심점의 위치를 결정하는 알고리즘을 적용하여 중심점의 위치를 검출할 수 있었다. 모의 실험 결과 제안한 방법이 Poincaré index와 Sine map 방법들에 비해 수행 시간과 검출률 모두에서 좀더 나은 성능을 보임을 확인하였다. 특히 제안한 방법은 arch 형의 중심점 검출에 있어 Poincaré index 방법의 낮은 검출률과 Sine map 방법의 긴 수행 시간이라는 단점들을 모두 극복하였다.

ABSTRACT

In this paper, an efficient core point detection method using orientation pattern labeling is proposed in fingerprint image. The core point, which is one of the singular points in fingerprint image, is used as the reference point in the most fingerprint recognizing system. Therefore, the detection of the core point is the most essential step of the fingerprint recognizing system, it can affect in the whole system performance. The proposed method could detect the position of the core point by applying the labeling method for the directional pattern which is come from the distribution of the ridges in fingerprint image and applying detailed algorithms for the decision of the core point's position. The simulation result of proposed method is better than the result of Poincaré index method and the sine map method in executing time and detecting rate. Especially, the Poincaré index method can't detect the core point in the detection of the arch type and the sine map method takes too much times for executing. But the proposed method can overcome these problems.

Key words : core point detection; labeling method; fingerprint.

I. 서 론

지문 인식 시스템에서의 큰 어려움 중의 하나는

지문 영상에 있어 기준점을 찾기가 어렵다는 것이다. 특징점(minutiae) 기반의 지문 인식 시스템의 경우엔 특징점 간의 상대적 거리 및 위치의 기준점이 필요하며 최근 제안된 Gabor-filter 기반의 지문 인

* 경북대학교 전자공학과 신호처리연구실(songyc03@cc.knu.ac.kr)

논문번호 : 030062-0212, 접수일자 : 2003년 2월 6일

※본 연구는 경북대학교와 Brain Korea 21에 의해 지원되었습니다.

식 시스템처럼 특징점 기반이 아닌 지문 인식 시스템에 있어서도 반드시 매칭의 기준점은 필요하다.^[1,2] 이러한 기준점 검출의 어려움은 지문 영상의 회전이나 상하좌우 이동의 보정, 매칭 시에 나타나는 특징점 간의 정확한 거리 측정에 직접적인 영향을 미치며 기준점 검출에서의 오류는 전체 지문 인식 시스템의 성능에 있어서도 큰 저하 요인이 된다. 그러므로 지문 영상의 기준점으로 이용되는 가장 두드러진 특이점(singular point)인 중심점(core point)을 찾는 것은 지문 인식에 있어 무엇보다 중요한 과제 중의 하나이다.

일반적으로 지문은 그림 1에서와 같이 arch형, tented arch형, left loop형, right loop형, twin loop형과 whorl형의 6개 부류로 나누어질 수 있으며 각 지문의 종류에 따라 중심점의 개수는 arch형이 0개, tented arch형과 left loop형, right loop형이 1개, twin loop형과 whorl형이 2개의 중심점을 갖는다.^[3,4]

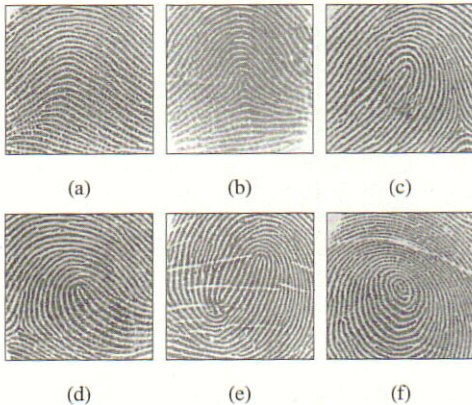


그림 1. 지문의 부류 (a) Arch (b) Tented arch (c) Left loop (d) Right loop (e) Twin loop (f) Whorl
Fig. 1. Classes of fingerprints. (a) Arch. (b) Tented arch. (c) Left loop. (d) Right loop. (e) Twin loop. (f) Whorl.

본 논문에서는 일반적으로 매칭 시 기준점이 되는 상위(upper) 중심점의 검출만을 다루기로 한다. 상위 중심점의 경우 지문 영상의 중심부에 위치하기 때문에 주변에 정보량이 많고 arch형을 제외한 모든 지문 유형에서 비교적 정확한 위치의 검출이 가능하다. 하위(lower) 중심점의 경우에는 Twin Loop와 Whorl형을 제외한 지문 유형에서는 존재하지 않을 뿐 아니라 정확한 위치를 정의하기가 상당히 어렵고 지문 영상의 가장자리에 위치하거나 영상의 획득과정에서 누락될 위험이 있다. 그러므로

대부분의 지문 인증 시스템에서는 상위 중심점을 기준점으로 삼는다. 지문 영상에서의 상위 중심점과 하위 중심점의 위치는 그림 2와 같다.

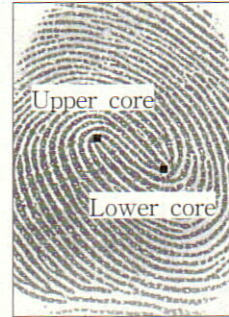


그림 2. 중심점
Fig. 2. Core point.

II. 기존의 중심점 검출 방법

기존의 지문 인증 시스템에서 널리 이용되는 중심점 검출 방법으로는 Poincaré index를 이용한 방법이 있으며 최근에는 저화질의 지문에 유용한 Sine map을 이용한 방법이 제안되었다.^[2,4] 그러나 Poincaré index를 이용한 방법은 arch형의 경우 거의 중심점 검출이 불가능하고 Sine map을 이용한 방법의 경우엔 수행시간이 너무 길다는 단점이 있다.

2. 1 Poincaré index를 이용한 방법

Poincaré index를 이용하여 중심점을 검출하는 과정은 다음과 같다.^[3]

단계 1: 입력 영상을 임의의 부 블록으로 나누어 각각의 블록에 대해 대표방향을 구한다. 세부적인 내용은 3.1절에서 다룬다.

단계 2: 구해진 방향패턴을 평활화(smoothing) 필터를 사용하여 평활화된 대표방향을 구한다. 세부적인 내용은 3.2 절에서 다룬다.

단계 3: 각각의 블록 (x, y)에 대하여 Poincaré index를 구하며 Poincaré index는 식 (1)과 같다. Poincaré index가 1/2면 그 위치가 중심점이 된다.

$$Poincaré(x, y) = \frac{1}{2\pi} \sum_{k=0}^3 \Delta(k), \tag{1}$$

$$\Delta(k) = \begin{cases} \delta(k), & \text{if } |\delta(k)| < \pi/2 \\ \pi + \delta(k), & \text{if } \delta(k) \leq -\pi/2 \\ \pi - \delta(k), & \text{otherwise,} \end{cases}$$

여기서 $\delta(k)$ 는 두 블록의 방향의 차이인데 예를 들어, $\delta(0)$ 는 $\theta'(x+1, y) - \theta'(x, y)$ 과 같이 구해진다. 나머지 값들도 다음 블록과 현재 블록의 방향 차이로 구해되 크기에 따라 적절하게 $\Delta(k)$ 로 변경된다.

단계 4: 만약 두 개보다 많은 수의 core point가 검출되면 단계 2로 돌아간다.

Poincaré index를 이용한 중심점 검출의 경우 상하위 중심점의 검출이 모두 가능하여 중심점의 개수를 이용한 분류 시스템에 유리하다. 그러나 인증 시스템의 기준점으로 사용할 경우에는 arch형에서 중심점을 찾을 수 없다는 단점이 있다.

2. 2 Sine map을 이용한 방법

Sine map을 이용하여 중심점을 검출하는 다음과 같다.

단계 1: 입력 영상에서 대표방향을 구하고, 방향패턴을 평활화 하는 과정은 2. 1의 단계 1과 단계 2와 같다.

단계 2: 각 블록의 중심 픽셀 (i, j) 에서의 평활화된 대표방향 O' 에 대한 sine값 ϵ 를 구한다.

$$\epsilon(i, j) = \text{SIN}(O'(i, j)) \quad (2)$$

단계 3: 반원형의 마스크(mask)를 사용하여 R1과 R2 영역에 sine값 ϵ 의 누적된 차 Δ 가 최대인 위치를 찾는다.

$$\Delta(i, j) = \sum_{R1}(\epsilon(i, j)) - \sum_{R2}(\epsilon(i, j)) \quad (3)$$

단계 4: 마스크의 크기를 15, 10 그리고 5 픽셀 씩 작게 하면서 단계 1에서 단계 3까지의 과정을 반복하면서 개략적인 중심점의 위치에서 좀 더 정확한 최종 위치를 검출하는 과정을 수행한다. 마스크의 크기는 입력 영상의 크기에 따라 달라진다.

Sine map을 이용한 중심점 검출의 경우 개략적인 위치를 먼저 찾고 그 다음으로 정확한 위치를 찾는 과정을 반복하므로 잡음이나 변형에 강인하여 저화질의 지문 영상에 유리하다. 그러나 마스크의 크기를 달리하면서 탐색하는 과정을 반복하므로 수행 시간이 길어서 실시간의 지문 인식 시스템에 적용하기 어렵다는 단점이 있다.

III. 제안하는 중심점 검출 방법

지문 영상은 특이점을 제외한 영역에서는 연속적인 융선의 흐름을 가지지만 특이점 영역에서는 급격한 변화를 가진다. 특히 중심점의 상위 영역과 하위 영역의 융선의 방향은 그림 3과 같이 큰 차이를 보인다.

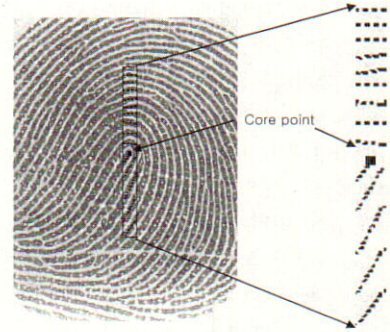


그림 3. 중심점 부근의 융선 분포
Fig. 3. Ridge distribution in neighborhood of core point.

제안하는 방법에서는 이러한 중심점 부근에서의 융선 흐름의 분포 특성을 이용하여 임의의 부 블록으로 나누어진 영상에서 구해진 대표 방향의 방향 패턴으로부터 레이블링 방법을 적용하여 중심점을 검출한다. 그림 4는 제안한 방법에 대한 흐름도이다.

3. 1 방향 패턴

본 논문에서는 다양한 방향 패턴을 구하는 방법들 중에서^[5,6] 다음의 방법을 사용하였다.^[7] 이것은 2. 1의 단계 1과 단계 2와 동일한 과정이다.

단계 1: $M \times N$ 픽셀 크기의 영상을 $w \times w$ 픽셀 크기의 부 블록으로 나눈다. 본 논문에서는 5×5 픽셀 크기의 부 블록으로 나누었다.

단계 2: 각 픽셀 (i, j) 에서의 그래디언트(gradient) G_x, G_y 를 계산한다. 본 논문에서는 3×3 Sobel 연산자를 사용하였다.

단계 3: 각 블록의 중심 픽셀 (i, j) 에서의 대표 방향 $O(i, j)$ 를 계산한다.

$$\alpha(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left[\frac{\sum_{u=-w/2}^{i+w/2} \sum_{v=-w/2}^{i+w/2} 2G_x(i, j)G_y(i, j)}{\sum_{u=-w/2}^{i+w/2} \sum_{v=-w/2}^{i+w/2} (G_x^2(i, j) - G_y^2(i, j))} \right] \quad (4)$$

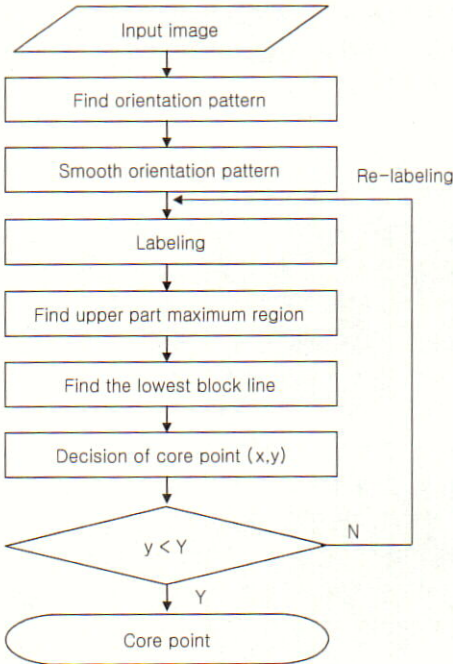


그림 4. 제안하는 알고리즘의 흐름도
Fig. 4. Flowchart of the proposed algorithm.

여기서 추정된 방향 패턴은 그림 7(b)와 동일하다.

3. 2 평활화

3. 1에서 구해진 방향 패턴은 그림 7(b)에서 보인 것처럼 연속적인 용선의 흐름을 갖지 않는다. 잡음의 영향을 보정하고 용선의 연속적인 흐름을 유지하기 위해서 다음의 방향 패턴에 대한 평활화 과정을 수행해야 한다.^{[1][2]}

단계 1: 구해진 방향 패턴을 벡터 형태인 ϕ_x , ϕ_y 로 변환한다.

$$\phi_x(i, j) = \cos(2O(i, j)) \quad (5)$$

$$\phi_y(i, j) = \sin(O(i, j)) \quad (6)$$

단계 2: 각각의 성분 별로 mean 필터를 이용하여 블록 단위로 평활화된 ϕ'_x , ϕ'_y 를 구한다. 본 논문에서는 5×5 블록 크기의 mean 필터를 사용하였다.

단계 3: 평활화된 벡터 값을 다시 방향 값 O' 로 변환한다.

$$O'(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{\phi'_y(i, j)}{\phi'_x(i, j)} \right) \quad (7)$$

여기서 평활화된 방향 패턴은 그림 7(c)와 동일하다.

3. 3 레이블링

제한한 방법에서는 입력 영상의 대표방향을 3. 1을 통해 발견한 후 3. 2와 같은 평활화 과정을 거쳐 8 방향 즉 $0^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ, 90^\circ, 112.5^\circ, 135^\circ, 157.5^\circ$ 으로 양자화하는 과정을 수행한다. 그 이후의 레이블링 방법과 레이블링된 영역에서의 중심점 위치를 찾는 과정은 다음과 같다.
단계 1: 8개의 방향들 중 대표 방향이 0° 인 블록에 대해 이진화를 수행한다.

단계 2: 이진화 영상에 대해 레이블링을 수행한다. 이때 영상 전체에서 서로 다른 면적을 가진 여러 개의 레이블들이 발생된다.

단계 3: 발생된 레이블들 중에서 영상의 상반부에서 가장 큰 면적을 가진 레이블을 최대 레이블 영역으로 정의하고 추출한다.

단계 4: 추출된 최대 레이블 영역의 최하위 블록열의 위치를 찾고 중심점을 결정한다. 중심점의 위치는 그림 5에서와 같이 최하위 블록열의 중간 블록의 바로 아래 블록이 된다.

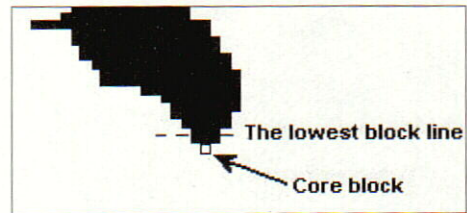


그림 5. 중심 블록의 위치
Fig. 5. Location of core block.

그림 6은 레이블링을 이용한 중심점 검출 과정을 보인 것이다. 우선 그림 6(a)의 원영상을 그림 6(b)와 같이 대표 방향이 0° 인 경우만을 이진화 한 후 그림 6(c)에 나타난 것처럼 이진화 영상에 대한 레이블링을 수행한다. 이 후 상반부에 존재하는 가장 큰 레이블링 영역을 그림 6(d)와 같이 찾아내어 중심점을 찾으면 최종 그림 6(e) 결과 영상을 얻을 수 있다.

3. 4. 리레이블링

그림 7(f) 처럼 일부 지문 영상의 경우 대표 방향이 0° 인 블록에 대해 레이블링했을 때, 영상의 상반부에서부터 하반부까지 레이블된 영역이 이어져 중심점을 검출할 수가 없다. 이러한 오류를 보정해

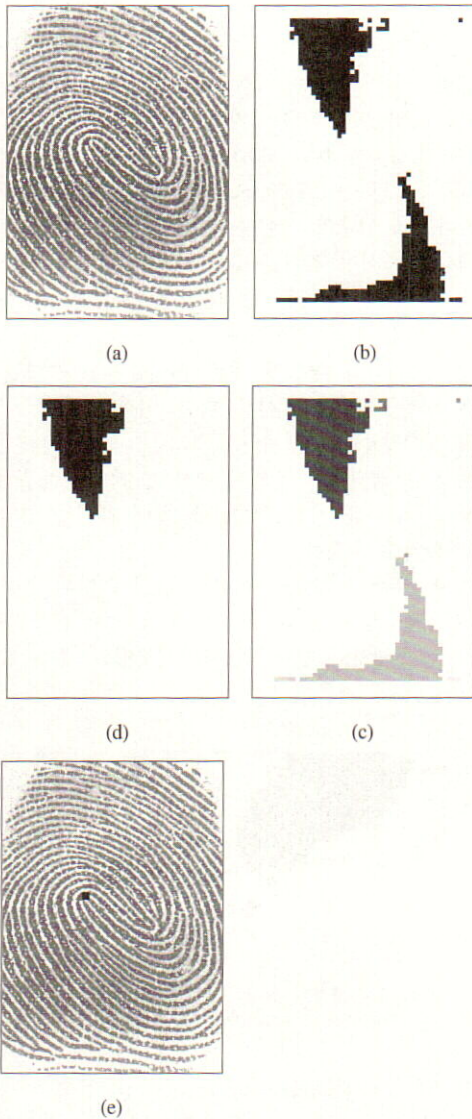


그림 6. 레이블링을 이용한 중심점 검출 (a) 원영상 (b) 대표 방향이 0° 인 블록 이진화 (c) 이진화 영상에 대한 레이블링 (d) 상반부 최대 레이블링 영역 (e) 원 영상에 검출된 중심점
 Fig. 6. Core point detection using labeling. (a) Original image (b) Binary image of block with orientation = 0° (c) labeling for binary image (d) Maximum labeling region of upper part (e) Core point overlapped on original image.

주기 위해 방향 패턴의 양자화 기준점을 일정 각도 만큼 회전하여 레이블링 과정을 다시 수행한다. 즉 양자화 기준점을 임의의 각도로 이동시켜 3. 2의 평활화 과정을 다시 거치고 새로이 8 방향으로 양자화시키면 그림 7(k) 처럼 상반부와 하반부의 연결부분이 새로운 양자화된 방향으로 편입되면서 서로 분리되는 것이다. 이때 이동 각도의 크기는 모의 실

험을 통해 임의로 결정하였으며 본 논문에서는 $\pm 3^\circ$ 간격으로 이동된 양자화 기준점을 사용하였다. 전체적인 과정은 다음과 같다.

단계 1: 상반부 최대 레이블 영역의 최하위 블록열의 위치가 전체 영상의 최 하단에 위치하여 지문의 중심점을 제대로 검출하지 못하는 경우(그림 7(f))에는 단계 2로 가서 리레이블링 과정을 수행하게 된다. 그러나 지문의 중심점의 위치를 정확히 검출할 수 있는 경우(그림 6(d))에는 추출된 최대 레이블 영역의 최하위 블록열의 위치를 찾고 중심점을 결정하게 된다. 물론 이 경우에서도 최대 레이블 영역은 가장 큰 면적을 가진 레이블이 된다.

단계 2: 이전 양자화 기준점의 이동이 0° 혹은 $+3^\circ$ 이면 양자화 기준점을 -3° 이동하고 이전 양자화 기준점의 이동이 -3° 이면 양자화 기준점을 $+3^\circ$ 이동한다. 이동된 양자화 기준점에 대해 3. 3의 레이블링 과정을 거친 후 다시 단계 1을 수행한다.

실제 시스템에서의 레이블링과 리레이블링 과정은 그림 4에서 보인 것처럼 일괄적으로 수행된다. 그림 7은 앞서 기술한 리레이블링에 의한 중심점 검출 과정을 나타낸 것이다.

IV. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서는 제안한 레이블링을 이용한 방법과 기존의 Poincaré index를 이용하는 방법 및 Sine map을 이용하는 방법을 적용하여 상위 중심점을 검출하였으며 각각의 방법에 대한 수행시간과 검출률을 비교하였다. 실험은 Pentium III 700MHz의 CPU 속도를 가지는 IBM 호환 PC에서 Visual C++ 6.0 언어를 사용하여 구현하였으며 지문 영상의 획득은 휴노 테크놀로지사의 지문 입력기 (MagicSecure 2000)를 이용하였으며 한 지문에 대해서 5장의 영상을 획득하였다. 5장의 영상은 각각 회전되지 않은 영상과 좌우로 회전 정도가 다른 2장씩의 영상으로 구성되었으며 364×256 픽셀 크기와 256 gray scale을 갖는 총 700장($140 \text{ finger} \times 5 \text{ image/finger} = 700 \text{ image}$)의 영상을 사용하였다. 실험에 사용된 지문의 분포는 표 1과 같다. 검출률의 측정에 있어서는 상위 중심점을 찾을 수 없는 미검출의 경우와 현저하게 중심점의 위치가 잘못된 것으로 판명되는 오검출의 경우를 모두 에러

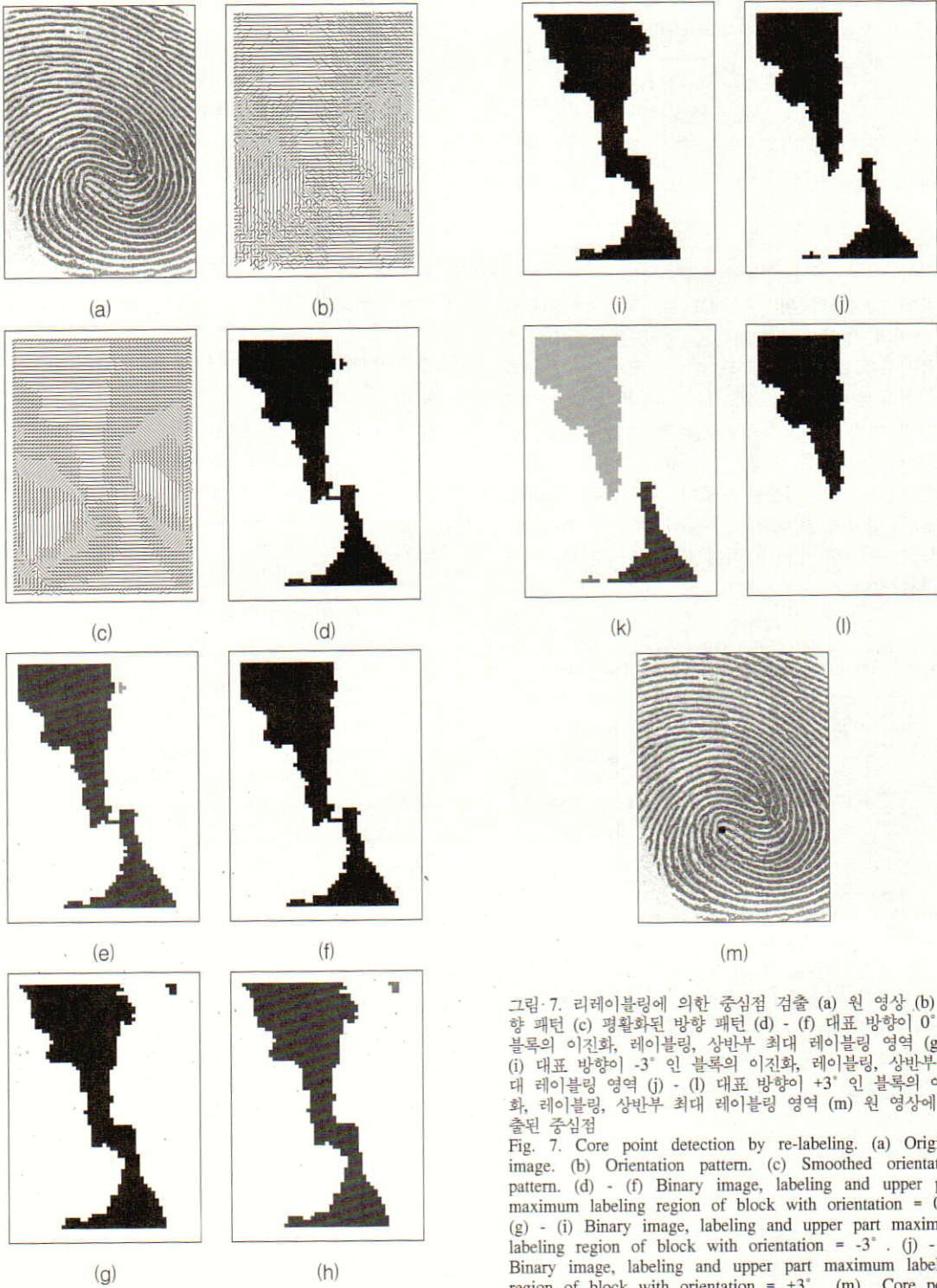


그림 7. 리레이블링에 의한 중심점 검출 (a) 원 영상 (b) 방향 패턴 (c) 평활화된 방향 패턴 (d) - (f) 대표 방향이 0° 인 블록의 이진화, 레이블링, 상반부 최대 레이블링 영역 (g) - (i) 대표 방향이 -3° 인 블록의 이진화, 레이블링, 상반부 최대 레이블링 영역 (j) - (l) 대표 방향이 $+3^\circ$ 인 블록의 이진화, 레이블링, 상반부 최대 레이블링 영역 (m) 원 영상에 검출된 중심점

Fig. 7. Core point detection by re-labeling. (a) Original image. (b) Orientation pattern. (c) Smoothed orientation pattern. (d) - (f) Binary image, labeling and upper part maximum labeling region of block with orientation = 0° . (g) - (i) Binary image, labeling and upper part maximum labeling region of block with orientation = -3° . (j) - (l) Binary image, labeling and upper part maximum labeling region of block with orientation = $+3^\circ$. (m) Core point overlapped on original image.

표 1. 지문 부류별 분포 비율
Table 1. Percentage of each class of fingerprint.

	Arch	Tented arch	Left loop	Right loop	Twin loop	Whorl	Total
Image	30	5	140	105	185	235	700

로 처리하여 전체 검출률에서 각각을 제외하였다. 검출된 중심점의 위치에 대해서는 동일 지문에 대한 5장의 영상을 비교하여 검출된 중심점의 위치 변동여부를 조사하였다. 즉, 5장의 동일지문에 대한 중심점의 위치를 상호 비교하여 4블록 이상 벗어난 영상에 대해서도 오검출로 정의했다. 실험 결과 각각의 방법에 따른 수행시간은 표 2-4와 같으며 제안한 레이블링을 이용한 방법이 기존의 sine map을 이용한 방법에 비해서는 월등히 빠르며 Poincaré index를 이용한 방법에 비해서도 약간 앞서는 것으로 나타났다.

표 2. Poincaré index 방법에 대한 수행 시간
Table 2. The executing time for Poincaré index method.

	Arch	Tented arch	Left loop	Right loop	Twin loop	Whorl	Total
executing time(ms)	6.17	6.6	6.71	11	10.4	6.85	8.53

표 3. Sine map 방법에 대한 수행 시간
Table 3. The executing time for Sine map method.

	Arch	Tented arch	Left loop	Right loop	Twin loop	Whorl	Total
executing time(ms)	141.87	146	143.98	154.35	140.23	145.15	146

표 4. 레이블링 방법에 대한 수행 시간
Table 4. The executing time for labeling method.

	Arch	Tented arch	Left loop	Right loop	Twin loop	Whorl	Total
executing time(ms)	5.93	5.4	5.74	6.65	6.23	6.56	6.25

각각의 방법에 대한 검출률은 표 5-7과 같으며 제안한 방법이 Poincaré Index를 이용한 방법 및 Sine Map을 이용한 방법에 비해 상대적으로 우수한 것으로 나타났다. Arch형을 제외한 모든 유형에 대해 제안한 레이블링을 이용한 방법이 가장 우수하며 arch 형의 경우에도 Poincaré Index를 이용한 방법의 경우 거의 중심점을 찾지 못하는 반면 제안한 레이블링을 이용한 방법의 경우 Sine Map을 이용한 방법보다는 조금 낮지만 약 47% 정도의 검출률을 나타내었다.

표 5. Poincaré index 방법에 대한 중심점 검출률
Table 5. Core point detection rate for Poincaré index method.

	Arch	Tented arch	Left loop	Right loop	Twin loop	Whorl	Total
detection rate(%)	16.7	100	92.4	92.4	98.8	95.2	91.84

표 6. Sine map 방법에 대한 중심점 검출률
Table 6. Core point detection rate of Sine map method.

	Arch	Tented arch	Left loop	Right loop	Twin loop	Whorl	Total
detection rate(%)	53.3	100	90.5	93.3	98.8	94.3	92.86

표 7. 레이블링 방법에 의한 중심점 검출률
Table 7. Core point detection rate for labeling method.

	Arch	Tented arch	Left loop	Right loop	Twin loop	Whorl	Total
detection rate(%)	46.7	100	95.2	96.2	98.8	95.2	94.26

V. 결 론

본 논문에서는 기존의 중심점 검출에 널리 사용되고 있는 방향 패턴에 대해 레이블링 기법을 적용

하여 비교적 간단하게 중심점을 검출할 수 있는 새로운 방법을 제안하였다. 제안한 레이블링을 이용한 중심점 검출방법은 기존의 방법을 이용하여 방향 패턴을 평활화하고 평활화된 방향 패턴에 대해 레이블링을 수행한 후에 레이블링된 영역에서 중심점의 위치를 찾는 과정과 오검출을 보정하기 위한 리레이블링 과정을 수행한다.

제안한 방법은 수행시간과 검출률 모두에서 기존의 sine map을 이용한 방법 및 Pincaré index를 이용한 방법보다 우수했으며, 특히 sine map을 이용한 방법에서의 긴 수행시간과 Poincaré index를 이용한 방법에서의 arch형의 낮은 중심점 검출률이라는 단점들을 동시에 해결하였다.

향후 연구로는 본 논문에서 제시한 양자화 기준점의 회전 각도에 대한 명확한 설정 기준을 마련하는 것이며 또한 잡음이 많은 지문 영상에 대한 성능 비교 실험과 전체 지문 시스템에서의 적용에 대한 연구가 필요할 것이며 특히 arch형 지문에 좀더 강건한 중심점 검출 알고리즘의 개발에 역점을 둘 것이다.

참 고 문 헌

[1] A. K. Jain, L. Hong and R. Bolle, "On-Line Fingerprint Verification," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 19, no. 4, pp. 302-314, Apr. 1997.

[2] Anil K. Jain, Salil Prabhakar, Lin Hong, and Sharath Pankanti, "Filterbank-based fingerprint matching," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 9, no. 5, pp. 849-859, May 2000.

[3] K. Karu and A. K. Jain, "Fingerprint Classification," *Pattern Recognition*, vol. 29, no. 3, pp. 389-404, 1996.

[4] 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, Apr. 1999.

[5] M. Kass and A. Witkin, "Analyzing oriented patterns," *Comput. vis. Graph. Image Processing*, vol. 37, no. 12, pp. 362-385, 1987.

[6] A. R. Rao, *A Taxonomy for Texture*

Description and Identification, New York, Springer-Verlag, 1990.

[7] L. Hong, Y. Wan, and A. K. Jain, "Fingerprint image enhancement: Algorithm and performance evaluation," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. 20, pp. 777-789, Aug. 1998.

송 영 철(Young-Chul Song)

정회원



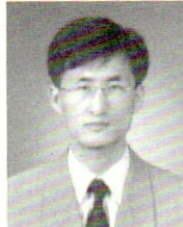
1994년 2월 : 광운대학교 전기 공학과 졸업
1997년 2월 : 광운대학교 전기 공학과 석사
2001년 8월 : 광운대학교 전기 공학과 박사
현재 : 경북대학교 전자전기컴

퓨터공학부 조교수

<주관심분야> 영상 처리, 생체신호처리, 패턴 인식,

박 철 현(Chul-Hyun Park)

준회원



1996년 2월 : 경북대학교 전자 공학과 졸업
1999년 2월 : 경북대학교 전자 공학과 석사
1999년 3월~현재 : 경북대학교 전자공학과 박사과정

<주관심분야> 영상 처리, 영상 인식, Biometrics

박 길 흠(Kil-Houm Park)

정회원

한국통신학회 논문지 제24권 제9B호 참조
현재 : 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수