

# 지문 영상 분류를 위한 특이점 추출 알고리즘에 관한 연구

## A Study On Singular Points Extraction Algorithm for Finger Classification

오창섭 · 최경삼 · 조성원

Changsup Oh · Kyungsam Choi · Seongwon Cho

홍익대학교 공과대학 전자전기공학부(Tel 02-320-1493)

### ABSTRACT

본 논문에서는 지문영상으로부터 제안한 알고리즘을 이용하여 특이점(Core, Delta)을 추출한 후 특이점의 개수와 종류에 따라서 5가지 부류(arch, tented arch, left loop, right loop, whorl)로 지문영상을 분류하였다. 지문영상을 8\*8블록과 16\*16블록으로 분할한 후 3\*3 Sobel 마스크를 씌워서 대표방향을 구하였다. 또한 블록으로 분할한 영상으로부터 분산을 구하여 전경과 배경을 분리(segmentation)시켜 수행속도를 향상시켰다. 전처리 과정으로는 일정한 블록마다 임계값을 다르게 적용시키는 블록 이진화 기법을 사용하였으며 특이점을 추출하기 위해서 서로 크기가 다른 2개의 블록으로 영상을 분할하였다. 우선 8\*8블록으로 영역을 분할한 후 방향 성분을 구하고 특이점들을 추출하였다. 이 경우 잡영 때문에 특이점이 너무 많이 추출되는 문제점이 있으므로 이러한 해결책으로 16\*16블록으로 영역을 분할하여 방향 성분을 구하고 특이점을 추출하였다. 이렇게 다른 두 영역에서 동시에 나타나는 특이점을 후보 특이점으로 잡아서 그 후보 특이점 주변으로 Poincare 지수를 적용하여 확실한 특이점을 선택한 후 5가지의 지문 형태로 분류하였다. 실험결과 대부분의 지문영상에 대하여 강건한 분류 특성을 보이고 있음을 확인하였다.

### I. 서론

현대와 같은 고도 정보화시대에 상대적으로 대두되고 있는 것이 시스템의 안전성 확보가 대단히 중요한 문제로 지적되고 있다. 이러한 안정성 확보 방법들로는 지문, 홍채, 음성, 서명, 얼굴 등 인간의 생물학적인 특징을 이용하고 있다. 하지만 아직까지는 개개인의 특징을 이용하는 방법이 독자적으로 보안이나 안전성 문제를 해결할 수는 없지만 기존의 방법과 병행한

다면 높은 신뢰성을 보장하는 방법으로 이용될 수 있을 것으로 보이며 본 논문에서는 위의 방법 중에서 가장 신뢰할 수 있는 방법중의 하나인 지문의 분류방법에 대한 알고리즘에 대하여 논하기로 한다.

지문은 궁상문(arch), 초궁상문(tented arch), 좌제상문(right loop), 우제상문(left loop), 월(whorl)등 5가지로 분류하였다[1-3]. 이를 분류하는 기준은 특이점의 개수와 위치에 따라 분류하였다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 3\*3

Sobel 마스크를 이용하여 음선의 방향성 정보를 추출하 그 블록의 분산을 이용하여 전경과 배경을 분리시키는 방법을 사용하였다. 특이점은 서로 다른 크기로 분할된 2개의 영역을 이용하여 공통된 특이점을 후보 특이점으로 검출한다. 이러한 특이점 주변으로 Poincare 지수 [그림5]를 적용시킨 후 특이점의 개수와 위치정보에 의해 지문영상을 5가지로 분류하였다.

## II. 본 론

### 2-1 음선의 방향 성분 결정 및 분할

지문영상을 블록단위 영상으로 구하기 위한 기존 연구들로는 첫째, 화소단위방향을 얻은 후 그 화소 단위 방향을 일정 블록으로 나누어 블록내에서 평균 방향 영상을 얻는 방법[4]과 둘째, 사전에 분할한 블록에 방향슬릿이나 마스크를 썬위 방향성분을 블록단위로 얻는방법[5], 셋째, 사전에 블록을 분할한 후 영상변환법의 특성을 이용해 블록단위로 방향성분을 생성하는 방법[6]등이 있다. 본 논문에서는 지문 영상을 8\*8블록과 16\*16블록으로 나눈 후 각 화소에서 x, y 방향으로 3\*3 Sobel 마스크를 이용하여 방향성분을 추출하였고 동시에 방향성분을 구하면 얻어지는 Sobel 연산의 크기와 분산을 이용하여 지문 영상을 전경과 배경으로 분리시켰다. 따라서 Sobel 연산 한번으로 방향성분 및 전경 (foreground)과 배경(background)을 분리하는 segmentation을 동시에 수행하여 처리 속도를 높였다[표2]. 방향성분 추출 및 분할방법 (segmentation)을 요약하면 다음과 같다.

M(1)	M(2)	M(3)
M(4)	M(5)	M(6)
M(7)	M(8)	M(9)

표 1 3\*3 Sobel mask

1) 8\*8블록과 16\*16블록으로 나눈 후 각 블록에 대하여 Sobel 연산자를 통과시켜  $G_x, G_y$ 를 구한다.

$$G_x = (M(3) + 2M(6) + M(9)) - (M(1) + 2M(4) + M(7))$$

$$G_y = (M(7) + 2M(8) + M(9)) - (M(1) + 2M(2) + M(3))$$

2)  $G_x(i, j), G_y(i, j)$ 를 이용하여 방향성분을 구한다.

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left( \frac{\sum_{j=0}^{Y-1} \sum_{i=0}^{X-1} 2(G_x(i, j)G_y(i, j))}{\sum_{j=0}^{Y-1} \sum_{i=0}^{X-1} (G_x(i, j)^2 - G_y(i, j)^2)} \right)$$

단  $G_x \neq 0, G_y \neq 0$

※  $G_x, G_y$ 가 0이면 방향은  $0^\circ$ 가 된다.

3) 8\*8블록에서 분산을 구한다.

$$V(m, n) = \frac{1}{XY} \sum_{i=0}^{Y-1} \sum_{j=0}^{X-1} [I(kY + i, lX + j) - \mu]^2$$

X: 블록의 넓이 Y: 블록의 높이 I: 지문영상  $\mu$ : 평균

균일한 명암도를 갖는 영역의 블록에 대해서 분산은 0에 접근하므로 적당한 threshold값 ( $V_{th}$ )을 설정하여 분산이  $V_{th}$ 보다 적은 영역의 영상이 분할될 수 있다.

일반적으로 배경이나 명암이 균일한 영역에서는 분산이 매우 낮고 전경은 분산이 매우 높다. 따라서 분산이 정의된 threshold보다 높으면 전경으로 낮으면 배경으로 분할한다[그림1]. 단 영상의 대비가 높은 곳이나 균일한 명암도를 가진 영상에서 잘 동작한다.



그림 1 Segmented Image

본 논문에서는 특이점의 수가 2쌍 이하가 될 때까지 평활화를 반복적으로 수행하여 시간이 많이 걸리거나 특이점이 없어지는 경우가 발생할 수 있는 단점을 보완하였다. 8\*8블록으로 분할된 영상[그림2]은 후보 특이점이 너무 많이 생겨서 Poincare지수로 특이점을 찾는데 너무 많이 시간이 걸리므로 16\*16블록으로 분할된 영상[그림3]에서 구한 특이점과 공통된 특이점

을 후보 특이점으로 잡았다.



그림 2 8\*8 Directional Image      그림 3 16\*16 Directional Image

## 2-2 전처리과정(Preprocessing)

전처리과정은 특이점을 추출하기 위한 중요한 단계로써 본 논문에서는 지문영상을 블록이진화 시키는 방법을 사용하였다. 화질이 좋은 영상은 명암값이 고르게 분포되어있어 이진화 시 손상이 많이 없지만 명암 값의 분포가 불규칙하면 하나의 임계값으로는 영상 최적의 이진화를 얻을 수가 없기 때문에 블록 이진화 기법을 적용하여 일정한 블록마다 임계값을 다르게 적용하여 특정부분의 임계값을 적당히 정해 주도록 하였다[그림4]. 블록 이진화 순서는 다음과 같다[7].

1. 영역을 일정한 크기로 분할
2. 각각의 블록에 대하여 명도값을 계산
3. 계산된 평균값을 그 블록의 임계값으로 지정
4. 해당 블록만 이진화를 수행
5. 다음 블록을 step1~4까지 반복
6. 전체적인 이진화된 결과 값을 출력



그림 4 Block Binary Image

## 2-3 Poincare 지수에 의한 특이점 검출

영상을 분류하기 위해서는 먼저 8\*8블록으로 분할 한 영상에서 구한 특이점과 16\*16블록으로 추출한 특이점 중 공통된 후보 특이점(core, delta)을 찾은 후 그 수와 위치에 따라 분류한다. 특이점은 작은 폐곡선을 따라 Poincare지수 [8]를 계산함으로써 보통점, 코아점, 델타점을 추출한다. Poincare지수는 폐곡선을 따라 방향성 각도의 변화를 더함으로써 계산된다[그림5].

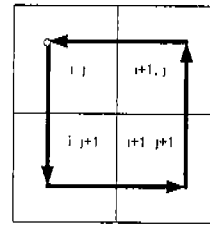


그림 5 Poincare 지수

$$(i, j) \rightarrow (i+1, j) \rightarrow (i+1, j+1) \rightarrow (i, j+1) \rightarrow (i, j)$$

방향성분 영상에서 폐곡선을 따라 시계 반대 방향으로 돌면서 방향각이  $0^\circ$  라면 보통점,  $180^\circ$  라면 코아점,  $-180^\circ$  라면 델타점이다[그림 6,7,8]. 모든 core와 delta 점을 검출한 후 이 점들의 수와 위치에 따라 지문 영상을 분류한다. 궁상문은 core와 delta 점이 없으며, 제상문과 돌기궁상문은 1개의 core와 delta를 포함하고, 와상문은 두 개의 core와 delta를 포함한다. 좌제상문과 우제상문은 core와 delta의 위치로 판단하였다. 좌제상문에서 delta는 core의 오른쪽에 위치하며 우제상문에서 delta는 core의 왼쪽에 위치한다. 또한 돌기궁상문에서 직선의 방향은 지역 방향 성분을 따라가지만 제상문은 직선이 방향성분을 가로질러 가는 특성을 이용하여 지문영상을 분류하였다[그림9].

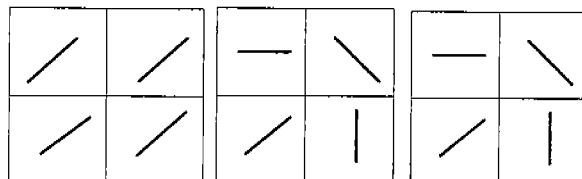


그림 6 보통점  
 $0^\circ$

그림 7 Core  
 $180^\circ$

그림 8 Core  
 $180^\circ$

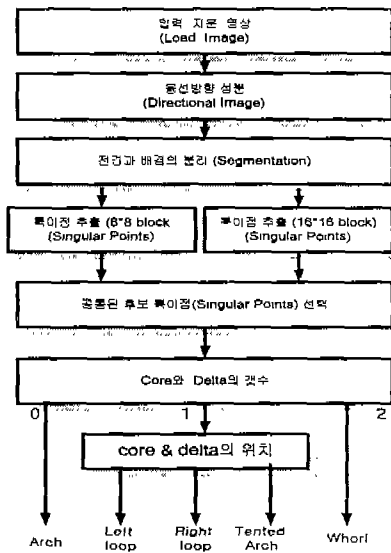


그림 9 지문분류의 흐름도

### III. 결론

본 논문에서는 512\*512인 지문영상을 사용하였고 특이점을 찾기 위해 방향성 영상의 평활화를 무한히 반복적으로 수행하는 문제점을 서로 다른 2개의 방향성 정보를 이용하여 후보 특이점을 추출하고 Poincare 지수를 이용하여 특이점을 찾을 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 또한 Sobel 연산자를 이용하여 응선의 방향성분과 분할을 수행하여 특이점을 찾는 속도를 높였다[표2].

지문분류의 전반적인 오류는 영상 획득 시 지문 상태가 나쁘거나 심하게 회전하여 압착 날인된 지문 영상으로부터 나타났으며 좌제 상문과 우제상문의 경우, delta점이 core와 매우 가까운 경우에 돌기공상문으로 분류하는 오류를 나타내었으나 대부분의 영상에 대해서는 강건한 분류 특성을 보이고 있다.

단계	Segmentation 한 경우	Segmentation 안한 경우
방향성분	1.90	1.90
전경과 배경의 분리	0.03	미사용
블록의 방향성분	0.02	0.08
이진화과정	0.01	0.05
Singular Points	0.25	1.75
총 처리시간	2.01	3.68

표 2 Segmentation 한 경우와 안한 경우의 처리시간 비교

지문 분류	Arch	Tented Arch	Left loop	Right loop	Whorl
Arch	4/4	0/4	0/4	0/4	0/4
Tented Arch	0/10	10/10	0/10	0/10	0/10
Left loop	0/25	1/25	24/25	0/25	0/25
Right loop	0/28	1/28	0/28	27/28	0/28
Whorl	0/15	0/15	0/15	0/15	15/15

표 3 지문 5분류 결과

### IV. 참고 문헌

- [1] C. L. Wilson, G. T. Candela, C. I. Watson, "Neural-network fingerprint classification," I(2) 203-228, 1994.
- [2] U. Halici and G. Ongun, "Fingerprint classification through self-organism feature Maps modified to treat uncertainties," Proc. of The IEEE, vol. 84, No. 10, October 1996.
- [3] K. Karu and A.K. Jain, "Fingerprint classification," Pattern Recognition, Vol. 29, No.3, pp.389-404, 1996.
- [4] Babu M. Mehre and Anil K. Jain, "Automatic Classification of Fingerprint Images", IAPR Workshop, pp.28-30, 1990.
- [5] Satoshi Hashimoto, Yutaka Hata, Kyoichi Nakashima and Kazuharu Yamato, "Automatic Fingerprint Classifier and Its Application to Access Control", Trans. IEICE, Vol. E 73, No. 7, pp.1120-1126, 1990.
- [6] 김대원, 이규동, 정동석, "지문영상의 개선과 인식에 관한 연구" 제 7회 신호처리합동학술대회 논문집 제7권 1호, pp.464-468, 1994
- [7] 장동혁, "디지털 영상 처리의 구현" pp.258-265, 1999년.
- [8] K. Karu and A. K. Jain, "Fingerprint classification," Pattern Recognition, Vol. 29, No. 3, pp.389-404, 1996.