

손가락 마디지문 패턴을 이용한 개인식별 알고리즘 구현을 위한 경계 추적 알고리즘에 관한 연구

정희철, 신창호, 이현열, 최환수  
 명지대학교 전기공학과

A Study on A Boundary Tracking Algorithm for Finger Crease Pattern Identification Algorithm

Hee-Cheol Jung, Chango-Ho Shin, Hyun-Youl Lee, Hwan-Soo Choi  
 Department of electrical engineering, Myongji Univeristy

**Abstract** - In this paper, a new boundary tracking algorithm for extracting finger area, which may be utilized by a finger crease pattern recognition algorithm, is proposed. Due to noise and irregular illumination, conventional algorithms for boundary tracking such as skeleton-based tracking methods were not suitable for typical boundary image of hand. So we propose a new finger boundary tracking algorithm utilizing a boundary-point-detection mask. We have observed that the proposed method provides stable and optimised boundary tracking.

명한 흰색 아크릴 판을 설치해 균일한 조명이 되도록 했으며, 640×480 크기의 8-bit gray scale 영상을 입력 영상으로 사용했다. 손가락의 지나친 이동과 회전을 막기 위해 그림과 같이 guide를 설치하였다. 그림 1, 2는 원영상과 입력 장치의 예이다.

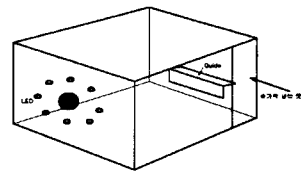


그림 1. 영상 입력 장치



그림 2. 원영상

1. 서 론

최근들어 인간의 신체적 특징이나 행동 특징을 이용해 개인을 식별하는 생체인식(biometrics)[1]에 대한 관심이 높아지고 있다. 생체인식을 출입제어(access control)에 이용할 경우 열쇠나 마그네틱 카드등과 비교하여 개인의 신체적 특징을 이용하므로 분실, 복사 등에 의한 부정사용이 거의 불가능한 특징이 있다. 현재 홍채, 지문, 손등의 정맥 패턴 등을 이용한 제품들이 상용화 돼 실제 사용되고 있다[2-4]. 위의 시스템들은 각각 사용자 편의성, 인식 성능 등에서 장, 단점이 있다.

본 논문은 새로운 생체인식의 한 방법으로 손가락 마디지문(finger crease pattern)을 이용한 개인 식별 시스템[5]을 위한 손가락 경계 추출 알고리즘을 제안한다. 우선 손가락 마디지문 추출과정을 간단히 설명하면, 원시 영상에 저대역 필터와 고대역 필터 처리를 하여 검지, 중지, 약지의 경계와 마디지문을 강화한 영상을 얻는다. 이 영상들을 이치화한 후 손가락 경계 강화 영상에서 각 손가락 경계를 추출하고 이를 바탕으로 마디지문 강화 영상에서 손가락 마디지문을 추출한다. 이렇게 추출된 손가락별 마디지문의 1차원 투영값을 정합하여 개인 식별을 수행하게 된다. 위에서 보듯이 마디지문 추출을 위해서는 정확한 손가락 경계 추출이 필수적이다. 손가락 경계 강화 영상에 세선화를 적용해 경계 추출을 할 수도 있으나 이럴 경우 다시 이차적인 처리를 해야 하고 잡영에 의해 끊어진 경계선 등의 많은 문제점도 있으므로, 본 논문에서는 마스크를 이용한 경계 추적 알고리즘을 제안한다.

2.2 전처리

입력 영상의 노이즈 성분을 줄이기 위한 저대역 필터로는 식 (1)과 같은 11×11 Gaussian convolution을 이용하여 그림  $f_1(x, y)$ 를 우선 얻었다.

1	5	15	30	45	51	45	30	15	5	1
5	25	75	150	225	255	225	150	75	25	5
15	75	225	450	675	765	675	450	225	75	15
30	150	450	900	1350	1530	1350	900	450	150	30
45	225	675	1350	2025	2295	2025	1350	675	225	45
51	255	765	1530	2295	2601	2295	1530	765	255	51
45	225	675	1350	2025	2295	2025	1350	675	225	45
30	150	450	900	1350	1530	1350	900	450	150	30
15	75	225	450	675	765	675	450	225	75	15
5	25	75	150	225	255	225	150	75	25	5
1	5	15	30	45	51	45	30	15	5	1

$$\times \frac{1}{59049} \tag{1}$$

다음은 손가락 경계 강화 영상  $f_3(x, y)$  을 얻기 위해서는 식 (2)를 적용한다

1	1	...	1
1	1	...	1
...	...	...	...
1	1	...	1

$$f_2(x, y) = f_1(x, y) * \frac{1}{(11 \times 11)}$$

2. 영상 입력 및 전처리

2.1 영상의 입력

CCD 카메라 주위에 LED를 설치하고, LED 앞에 불투

$$f_3(x, y) = f_1(x, y) - f_2(x, y) + 127 \quad (2)$$

마지막으로 마디지문 강화 영상  $f_4(x, y)$  을 위해서 식 (3)을 사용하여 고대역 필터링을 수행한다.

$$f_2'(x, y) = f_1(x, y) * \begin{matrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{matrix} * \frac{1}{(11 \times 3)}$$

$$f_4(x, y) = f_1(x, y) - f_2'(x, y) + 127 \quad (3)$$

식(3)에서 더해진 상수는 화소값은 양수로 유지하기 위해 더한 임의의 값이다. 그림 3, 4는 손가락 경계 강화 영상과 마디 지문 강화영상을 이치화한 한 예이다.

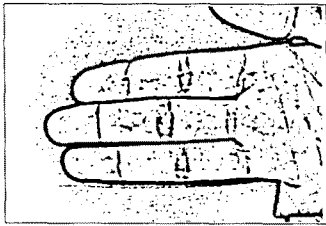


그림 3. 외곽선 강화 영상

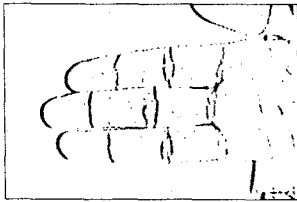


그림 4. 세로경계 강화 영상

### 3. 손가락 경계추적

#### 3.1 세선화의 문제점

그림 5에서 보듯이 손의 경계부분은 잡영등에 영향을 많이 받는다. 세선화를 이용하여 경계추적을 시도하여 보면 가지 제거와 경계 점들을 재설정 해야 하는 등의 부가적인 처리를 해야함을 관찰 하였다. 또 경계 두께가 5~10화소로 세선화 자체에도 시간이 많이 걸린다. 이에 비해 마스크를 이용한 경계 추적은 추적 과정에서 최적의 경계점을 설정하도록 해서 세선화로 인한 2차적인 처리과정이 불필요하다.

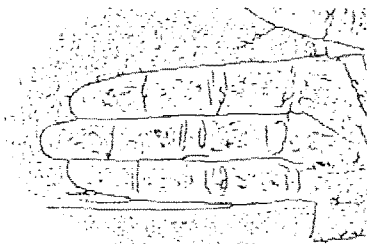


그림 5. 세선화 결과

#### 3.2 마스크를 이용한 경계추적

경계 시작점을 설정하기 위해서 검은 화소가 수직으로 일정 개수(10개)이상 이어진 경우를 찾아서 중심점의 y좌표를 구한다. 중심점에서 7x7 마스크내의 흑화소(경계영역)의 합을 구해 일정값 이상이면 마스크를 좌우로 수평 이동하며 마스크 합이 최대이면서 x좌표 값이 최대인 점을 손가락 시작 후보점으로 설정한다. 시작점의 x좌표를 최대로 설정한 경우가 원영상의 손가락 끝부분과 거의 일치했다.

그림 6은 그림 3의 중지의 끝부분을 확대한 것으로 흰 점이 위의 과정을 거쳐 설정된 손가락 경계 추적 시작점이다. 수직, 수평 회색선은 수직으로 연속인 점의 중심을 찾은 후 수평으로 마스크를 이동하는 경로를 나타낸다.

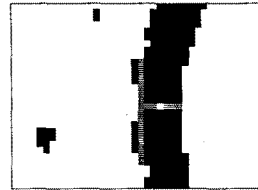


그림 6. 시작점의 설정

손가락의 시작후보 좌표가 설정되면 우측으로 한 화소씩 이동하며 시작점을 중심으로 위, 아래 외곽선을 따로 추적한다. 경계 추적은 곡선 구간과 평행 구간에 대해 마스크 이동폭을 달리해 경계점을 설정한다. 손가락의 평행 구간은 현재 점에서 좌측으로 5개 점들의 기울기를 조사해 그 기울기가 일정 값 이하이면 평행 구간으로 본다.

곡선 구간에서는 손가락 시작후보 좌표에서 우측으로 한 화소 이동한 후 상하로 10화소씩 7x7마스크를 이동하며 마스크 합이 최대이면서, y좌표가 최소인 점을 손가락 경계점으로 설정한다. 이 때 y좌표가 손가락 시작점의 y좌표보다 작으면 아래쪽 경계점이 시작점보다 위쪽에 위치하므로 손가락 시작점의 y좌표보다 큰 점을 손가락 경계점으로 설정한다.

평행 구간인 경우는 현재 점에서 좌측으로 5개 점의 평균 이동폭을 계산해 상하로 마스크를 이동하며 경계점을 설정한다. 이 이동폭이 경계 후보 영역이 된다.

위쪽으로 추적할 경우에는 y좌표 설정 부분만 반대로 적용하면 된다.

#### 3.3 마스크를 이용한 경계추적

경계 추적시 손가락 경계와 마디 지문이 만나는 곳, 경계에서 수직으로 약간 튀어나온 곳, 손가락을 모을 때 주름진 살에 의해 완만한 가지모양이 된 곳 등을 노이즈 성분으로 볼 수 있다. 이러한 노이즈 성분은 손가락 앞부분의 곡선 구간에서는 나타나지 않고 평행한 구간에서 나타난다. 그림 7은 마디 지문과 만나거나 주름에 의한 노이즈의 예이다.

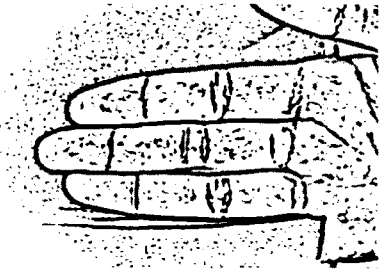


그림 7. 노이즈 성분이 포함된 경우

잡영에 의한 잘못된 경계 추적 방식을 위해 본 알고리즘은 일정 개수의 후보 경계점을 설정하고 현재 화소의 노이즈 여부를 판단해 최적의 경계점을 설정하도록 했다. 노이즈 성분 검출 과정은 다음과 같다.

손가락 경계에 수직으로 튀어나온 경우는 우선 현재 점의 y좌표를 한 화소 좌측 경계점의 y좌표로 설정하고 x좌표만 증가시키며 아직 경계점이 설정되지 않은 우측으로 일정 영역을 수평 이동하면서 연속된 검은 화소들의 높이가 일정 값(마스크 높이×2)이상인 경우가 생기면 수직으로 올라온 영역인 것으로 추정한다.

중지의 가지는 일정 높이(마스크 높이×1/2)이상인 영역이 수평으로 일정구간 계속되면 가지 영역임을 알 수 있다. 이러한 노이즈 영역을 만나게 되면 좌측 5개 경계점의 평균 y좌표(y')를 구하고 y'이 후보 경계점들 중에 있으면 현재 경계점의 y좌표를 y'으로 정한다. 그렇지 않으면 후보 경계점들에 마스크를 적용해 그 결과 값이 최대이면서 y좌표 값이 최대인 점을 경계점으로 설정한다.

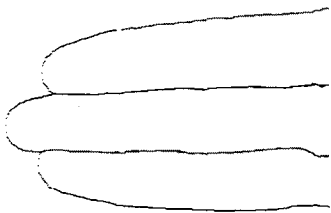


그림 8. 경계 추적 결과

그림 8은 위의 알고리즘을 그림 7에 적용해 경계를 추적한 결과이다.

### 3.4 끊어진 경계 복원

잡영에 의해 그림 9의 예와 같이 곡선 구간의 끝 지점에서 끊어지는 현상이 생길 수 있다.

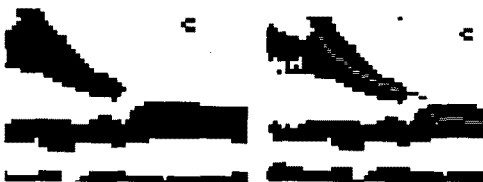


그림 9. 끊어진 경계 복원

끊어진 경계 점의 거리는 일반적으로 마스크 폭보다 작으므로 위와 같이 끊어진 부분을 만나게 되면 끊어진 마지막 경계점에서 우측으로 7×7 영역에 대해 마스크 합이 일정 개수 이상인 점이 있는지 탐색한다. 조건에 맞는 점을 찾으면 그 점에서부터 경계 추적을 하고 지정된 길이 이상이면 끊어진 마지막 경계점의 좌측 10개 화소와 직선회귀를 이용해 끊어진 구간의 경계점을 채워 넣는다. 직선회귀에 이용한 식은 다음과 같다.

$$f(x) = c_1 + c_2x$$

$$C_1 = \frac{\left| \frac{\sum x_i}{\sum x_i^2} \right|}{\left| \frac{\sum x_i f_i}{\sum x_i^2} \right|} \quad C_2 = \frac{\left| \frac{\sum f_i}{\sum x_i} \right|}{\left| \frac{\sum x_i f_i}{\sum x_i^2} \right|} \quad (4)$$

## 4. 실험결과

실험에는 203명에게서 5개씩의 영상을 취해 모두 1015개의 영상에 대해 실험하였다. 실험 결과 1015개의 영상 중 1013개의 경계는 제대로 추출하여 99.8%의 성공률을 보였는데, 기존의 세선화를 이용한 방법으로는 70%미만의 성공률을 관찰하였다.

## 5. 결론

본 논문에서는 커널을 이용한 경계 추적알고리즘을 제안하였다. 제시한 알고리즘은 노이즈 영역(마디 지문과의 교차점, 가지 영역)에서도 최적의 경계점을 찾았고, 끊어진 경계영역의 복원에서도 만족할 만한 결과를 얻었다. 위의 실험에서 경계를 찾지 못한 경우는 입력 장치의 개선과 경계 추적 알고리즘에 재귀알고리즘 등을 적용한다면 더 나은 성능 개선을 기대할 수 있으리라 판단된다.

### {참 고 문 헌}

- [1] Bill Zalud, "Biometrics brings human sense to electronic access control", *Security* 26, pp. 62-68, January 1989.
- [2] 김학일, 안도성, "지문 분류 및 인식을 위한 고속알고리즘", 제7회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표논문집, pp. 311-315, 1995.
- [3] 박기태, 임상균, 정동철, 장석모, 정창경, 최환수, "손의 형상을 이용한 개인식별 알고리즘의 개발", 1997년도 하계학술대회 논문집, G, pp. 2347-2349, 1997.
- [4] Richard P. Wildes, "Iris Recognition : An Emerging Biometric Technology", *Proceeding of the IEEE*, Vol.85, No9, pp1348-1363, 1997.
- [5] 장석원, 정희철, 최환수, "손가락 마디지문 패턴을 이용한 개인식별 알고리즘", 1999년도 대한전기학회하계학술대회 논문집, G, pp. 2891-2894, 1999.