

# 특징점 정보를 이용한 세선화 보정 알고리즘

이건익\*, 김성락\*\*

\*관동대학교 전자계산학과 박사수료

\*\*관동대학교 컴퓨터공학과 교수

e-mail:lki@kwandong.ac.kr

## Thinning Compensation Algorithm Using Feature Point Information

Keon-Ik Lee\*, Sung-Nak Kim\*\*

\*Dept of Computer Science, Kwandong University

\*\*Dept of Computer Engineering, Kwandong University

### 요 약

이 논문에서는 특징점 정보를 이용한 세선화 보정 알고리즘에 대하여 연구하였다. 세선화된 지문에서 교차수를 이용하여 추출된 특징점으로부터 세선화 보정을 수행하였다. 세선화 보정 과정은 특징적인 단점과 분기점을 시작점으로 하여 용선을 추적하면서 불필요한 용선을 제거해 나가는 방법으로 더 이상 제거할 용선이 없을 때까지 반복하여 처리한다. 세선화 보정이 끝나면 CN과 SN을 이용하여 특징점을 재추출하였다. 기존의 세선화된 지문으로부터 추출된 특징점과 제안한 세선화 보정 알고리즘으로부터 추출된 특징점을 비교하였다. 이 비교를 통하여 기존방법보다 세선화 지문이 개선되고 많은 의사 특징점들이 제거되었음을 알 수 있었다.

### 1. 서론

근래에 들어 전자 상거래와 신용 거래가 증가함에 따라 개인의 인증에 대한 요구는 더욱 더 증가하는 추세에 있다. 보안 및 인식 시스템에 사용될 수 있는 생체학적 특징으로는 지문, 장문, 손모양, 망막, 홍채, 얼굴, 혈관 등이 사용되고 이들 특징들 중에서 지문은 가장 보편적으로 사용되는 매우 중요한 특징이다. 지문은 그 고유성과 불변성 때문에 범죄수사 등과 같은 개인의 인증에 오랫동안 이용되어 왔다.

1980년대에 이르러 컴퓨터와 이를 이용한 하드웨어의 급속한 발전이 인간의 작업 영역을 대부분 대체해 감에 따라 자동 지문 인식 시스템에 대한 연구도 활발해졌고, 이에 자동 지문 인식 시스템(AFIS)이라고 불리는 대규모의 컴퓨팅 시스템이 인간 전문가의 작업 영역을 점차 대신하게 되었다.

일반적인 자동지문인식 시스템에서 특징점에 기반을 둔 인식 시스템의 특징추출과정은 다음과 같다. 지문으로부터 잡음 제거를 위한 전처리과정을 거치고 분산 등을 이용하여 배경과 처리할 지문영역을 분할하고 용

선의 분리 및 평활화 과정을 수행하고 분리된 용선에 대하여 세선화 과정을 거치고 특징점을 검출하고 불필요한 특징점을 제거하는 후처리과정을 거쳐서 인식을 위한 최종적인 특징점을 검출하게 된다[6].

이 중 세선화 처리 후 많은 불필요한 용선과 의사 특징점이 발생한다. 이 논문에서는 이런 불필요한 용선과 의사 특징점을 제거하기 위한 세선화 지문을 보정하는 방법에 대하여 제안하고자 한다. 제안된 방법은 모든 특징점을 시작점으로 용선을 추적한다. 첫째로 분기점 주위에서 SN의 값이 3이 아닌 경우 불필요한 픽셀을 삭제하는 단계이고 둘째로 시작 픽셀이 단점인 경우 용선을 탐색하여 불필요한 픽셀을 삭제하는 단계이고 셋째로 시작 픽셀이 분기점인 경우 용선을 탐색하여 불필요한 픽셀을 삭제하는 단계로 나눈다.

### 2. 지문의 특징

지문이란 인간의 손바닥에 존재하는 땀구멍이 융기한 선으로 형성된 문형을 말하는 것으로, 융기되어 나타나는 선을 용선(ridges), 두 용선 사이의 패인

곳을 골(valleys)이라고 한다. 다시 말해 지문은 손가락 끝에 나타나는 융선과 골의 연속이라 할 수 있다. 지문 인식은 이러한 융선의 흐름을 분석해 같은 흐름을 보이는 지문을 찾는 과정이다[4-5].

인식에 있어 필요한 생체 정보를 특징이라고 하는데 특별히 지문에 나타나는 특징을 Minutiae라고 부른다. Minutiae는 단점(ending)과 분기점(bifurcation)의 두가지 타입으로 나뉘는데, (그림 1)과 같이 단점이란 융선의 흐름이 끊어지는 곳을 말한다. 분기점이란 두 가닥의 융선이 하나의 융선이 되는 곳을 말한다. 하나의 지문은 하나 이상의 단점과 분기점을 가진다.



(그림 1) 지문의 특징점

### 3. 특징점 추출 방법

특징점으로 지문의 단점과 분기점을 이용한다. 특징점을 추출하는 대표적인 방법은 4근방 탐색법과 8근방 탐색법이 있는 마스크를 이용하여 연결성을 판별한다. (그림 2)는 3×3 마스크를 나타낸다.

A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
A <sub>8</sub>	A <sub>0</sub>	A <sub>4</sub>
A <sub>7</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>5</sub>

(그림 2) 3×3 마스크

3×3 마스크에서 주목되는 점인 A<sub>0</sub>는 고립점, 단점, 분기점, 교차점으로 구분되어지고 특징점인지를 판별하기 위해 주변 8화소의 연결성을 이용한다. 특징점 판별은 아래 식(CN:crossing count number)에 의해서 구한다 [1-2].

$$CN = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^8 |A(i) - A(i+1)| \quad (1)$$

A는 마스크를 나타내고 i는 (그림 2)의 순서로 하며 A(9)=A(1)이다. 선을 이루는 화소의 값을 1로 배경화소의 값을 0으로 했을 때 A<sub>0</sub>를 기준으로 마스크를 할 경우 고립점, 단점, 분기점, 교차점은 각각 0, 1, 3, 4의 CN

값을 갖는다[1].

### 4. 제안한 세션화 보정 알고리즘

세션화된 지문에 대하여 교차수를 이용하여 특징점을 구하여 특징점을 시작점으로 하여 융선을 탐색하면서 세션화 보정을 수행해 나간다. 융선 픽셀을 1로 하고 골의 픽셀을 0으로 했을 경우 아래 수식을 이용하여 분기점 주위 융선 픽셀의 합을 구할 수 있다.

$$SN = \sum_{i=1}^8 A(i) \quad (2)$$

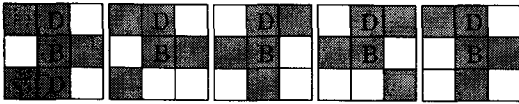
제안한 세션화 보정 알고리즘은 아래와 같다.

첫 번째 단계는 분기점 주위에서 SN의 값이 3이 아닌 경우 불필요한 픽셀을 삭제하는 단계이다. 시작 픽셀에서 SN의 값을 구하고 SN 값이 3이 아닌 경우 (그림 3(a))와 같이 4연결성에 해당하는 픽셀을 삭제하고 SN 값이 3인 경우에는 다음 시작 픽셀을 탐색하고 모든 시작 픽셀을 탐색할 때까지 수행한다.

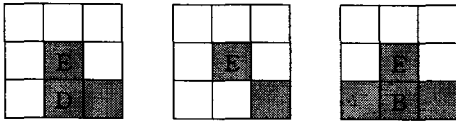
두 번째 단계는 시작 픽셀이 단점인 경우 융선을 탐색하여 불필요한 픽셀을 삭제하는 단계이다. 시작 픽셀에서 8개 이웃 픽셀에 대한 탐색하지 않은 픽셀과 분기점의 수를 구한다. 시작 픽셀에서 첫 번째 탐색에는 8 이웃 픽셀에 분기점이 없으면 탐색하지 않은 픽셀 수에 따라서 처리를 수행한다. (그림 3(b))와 같이 탐색하지 않은 픽셀이 1개일 경우에는 다음 픽셀을 탐색하고 픽셀이 2개인 경우에는 4연결성을 만족하는 픽셀을 삭제하고 시작 픽셀에서 두 번째 탐색부터는 8 이웃 픽셀에 분기점이 없으면 탐색하지 않은 픽셀 수에 따라서 처리를 수행한다. (그림 3(c))와 같이 탐색하지 않은 픽셀이 1개일 경우에는 다음 픽셀을 탐색하고 픽셀이 2개인 경우에는 4-연결성을 만족하는 픽셀을 삭제하고 8개 이웃 픽셀에 특징점이 있을 때까지 탐색을 하고 모든 시작 픽셀을 탐색할 때까지 수행한다.

세 번째 단계는 시작 픽셀이 분기점인 경우 융선을 탐색하여 불필요한 픽셀을 삭제하는 단계이다. 시작 픽셀에서 8개 이웃 픽셀에 대한 탐색하지 않은 픽셀과 분기점의 수를 구한다. 시작 픽셀에서 첫 번째 탐색에는 8 이웃 픽셀에 분기점이 없으면 탐색하지 않은 픽셀 수에 따라서 처리를 수행한다. (그림 3(d))와 같이 탐색하지 않은 픽셀이 1개일 경우에는 다음 픽셀을 탐색하고 픽셀이 2개인 경우에는 2개 픽셀 중에 한 개를 선택하여 탐색한다. 시작 픽셀에서 두 번째 탐색부터는 8 이웃 픽셀에 분기점이 없으면 탐색하지 않은 픽셀 수에 따라서

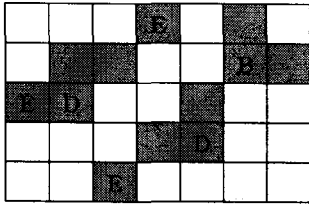
처리를 수행한다. (그림 3(d))와 같이 탐색하지 않은 픽셀이 1개일 경우에는 다음 픽셀을 탐색하고 픽셀이 2개인 경우에는 4-연결성을 만족하는 픽셀을 삭제하고 8개 이웃 픽셀에 분기점이 있을 때까지 탐색을 하고 모든 시작픽셀을 탐색할 때까지 수행한다.



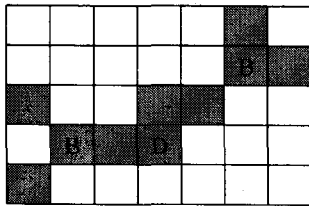
(a) 분기점 주위의 삭제할 픽셀



(b) 단점 주위의 삭제할 픽셀



(c) 단점을 시작으로 추적 및 삭제 픽셀들



(d) 분기점을 시작으로 추적 및 삭제 픽셀들  
(그림 3) 특징점 주위에서 삭제할 픽셀들의 유형

(그림 3)에서 흰색은 골을 나타내고 회색은峪선을 나타내며 B, D, E는 각각 분기점, 삭제할 픽셀, 단점을 나타낸다. (그림 3(a))에 나타난 패턴은 44가지 패턴 중에서 회전을 제외한 가장 많이 나타나는 5가지 패턴만을 표시하였다.

### 5. 실험 및 결론

지문은 직접 프리즘에 지문을 대고 CCD 카메라로 읽어들이는 방법과 지문을 잉크에 묻혀 종이에 찍은 후 이를 카메라나 스캐너로 읽어들이는 방법이 있다. 실험에 사용된 지문은 지문을 잉크에 묻혀 종이

에 찍는 방식으로 회전 압날이 아닌 평면 압날의 방법으로 채취하였다. 스캐너를 이용하여 해상도 500DPI로 획득된 256 그레이 레벨을 갖는 128×128 화소 크기의 오른손 엄지손가락 지문을 실험에 사용하였다.

실험에서 사용된 지문은 아래와 같다.



(a) 지문1 (b) 지문2 (c) 지문3



(d) 지문4 (e) 지문5 (f) 지문6

(그림 4) 실험에서 사용된 지문



(그림 5) 병렬 세선화 결과 지문



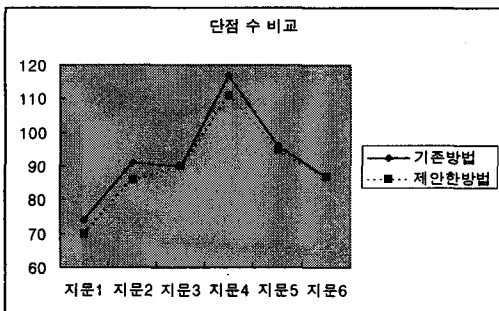
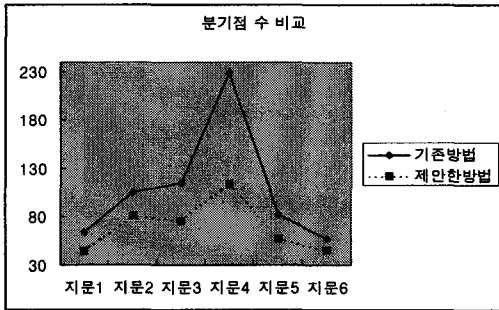
(그림 6) 세선화 보정 결과 지문

(그림 5)과 (그림 6)는 각각 병렬 세션화 지문과 세션화 보정 지문을 나타낸다.

<표 1>은 각각 세션화 지문과 세션화 보정 지문에서의 단점과 분기점 수를 나타낸다.

<표 1> 실험 지문에서 단점과 분기점의 수

특징 지문	분기점수	단점수	분기점수	단점수
지문1	64	74	44	70
지문2	105	91	81	86
지문3	114	90	76	90
지문4	229	117	113	111
지문5	82	96	57	95
지문6	57	87	45	87
방법	기존 알고리즘		제한한 알고리즘	



(그림 7) 기존 방법과 제한한 방법에서의 특징점수

(그림 7)은 각각 기존방법과 제한한 방법에서의 단점과 분기점 수를 나타낸다.

세션화 지문에서 교차수를 이용하여 추출된 특징점으로부터 세션화 보정을 수행하였다. 세션화 보정 수행 과정은 특징점인 단점과 분기점을 시작점으로 하여 용선을 추적하면서 필요없는 용선을 제거해 나가는 방법

으로 수행하였다. 더 이상 제거할 용선이 없을 때까지 반복하여 처리한다. 세션화 보정이 끝나면 CN과 SN을 이용하여 특징점을 재추출하였다. (그림 7)에서와 같이 기존의 세션화 지문으로부터 추출된 특징점과 제안한 세션화 보정 지문을 통하여 추출된 특징점을 비교하였다. 이 비교를 통하여 기존방법보다 세션화 지문이 개선되고 많은 의사 특징점들이 제거되었음을 알 수 있었다.

향후 끊어진 용선과 의사 특징점을 포함한 용선에 대한 보정까지 추가하면 인식 및 검증에 유용하게 사용되어지리라 기대된다.

### 참고문헌

- [1] Liu, Wenxing; Wang, Zhaoqi; Mu, "Guoguang, Thinned fingerprint image postprocessing using ridge tracing", Proceedings of SPIE Image Matching and Analysis, 224-229, 2001.
- [2] Marius Tico, Pauli Kuosmanen, "An Algorithm for Fingerprint Image Postprocessing", Proceedings of the Conference record of The Thirty-Fourth Asilomar Conference on Signals, Systems & Computers - Volume 2, 1735-1739, 2000.
- [3] Espinosa-Duro, V, "Mathematical morphology approaches for fingerprints thinning", Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers 36th Annual 2002 International Carnahan Conference on Security Technology, 43-45, 2002.
- [4] 송명철, "지문의 방향정보를 이용한 Reference Point 검출 방법 및 지문 인증 시스템", 고려대 대학원 석사학위 논문, 2002.
- [5] 장동혁, "디지털 영상처리의 구현, 정보게이트, 2002.
- [6] 반성범, "지문 인식 기술 동향", 전자통신동향분석, 제16권 5호, 2001.
- [7] 조성원, 김재민, "적용 이진화를 이용한 지문인식 전처리에 관한 연구", 한국 퍼지 및 지능 시스템 학회, Vol. 12, No. 3, pp. 227-230, 2002.