

# 개선된 병렬적 처리 방식의 세션화 알고리즘

이건익\*, 차승윤\*\*, 김성락\*\*\*

\*관동대학교 전자계산공학과

\*\*강릉영동대학 전자계산학과

\*\*\*관동대학교 컴퓨터공학과

e-mail:lki@kwandong.ac.kr

## A Modified Thinning Algorithm Using Parallel Processing Method

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

\*Dept of Computer Science, Kwandong University

\*\*Dept of Computer Science, Gangneung Yeongdong College

\*\*\*Dept of Computer Engineering, Kwandong University

### 요 약

이 논문에서는 특징점 정보를 이용하여 기존의 병렬 세션화 알고리즘을 개선하는 방법을 제안하였다. 자동 지문 인식 시스템에서 특징점을 정확히 검출하기 위해서 지문영상의 세션화는 매우 중요한 부분을 차지한다. 이 논문에서는 기존 병렬 세션화 알고리즘에 픽셀의 연결성을 이용한 알고리즘을 추가하여 세션화를 수행하였다. 제안 방법의 성능평가를 위하여 이진 지문 영상을 사용하여 기존 방법과 비교하였으며 실험결과 세션화 정도가 우수함을 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 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[1]. 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 시스템이라고 불리는 대규모의 컴퓨터 시스템이 인간 전문가의 작업 영역을 점차 대신하게 되었다. 일반적인 자동 지문 인식 시스템에서 특징점에 기반을 둔 인식 시스템의 특징추출방법은 다음과 같다. 지문으로부터 잡음 제거를 위한 전처리과정을 거치고 분산 등을 이용하여 배경과 처리할 지문영역을

분할하고 용선의 분리 및 평활화 과정을 수행하고 분리된 용선에 대하여 세션화 과정을 거치고 특징점을 검출하고 불필요한 특징점을 제거하는 후처리과정을 거쳐서 인식을 위한 최종적인 특징점을 검출한다.

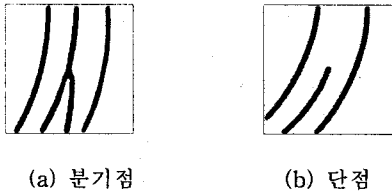
일반적으로 위의 과정중 세션화 과정에서 많은 의사 특징점들이 발생하는데 이러한 문제를 최소화하기 위하여 병렬 세션화 알고리즘을 수정하였다.

이 논문에서는 지문 이진화를 수행한 후 개선된 병렬 세션화 알고리즘을 수행하여 나타난 결과가 세션화 척도면에서 기존 방법보다 우수함을 알 수 있었다.

### 2. 지문의 특징

지문은 손가락 끝단의 손바닥쪽에 표피가 융기되어 생긴 선에 의해 형성된 줄무늬로 땀구멍이 융기되어 만들어진 것이다. 이 지문은 피부 계층 중 표피 밑층인 진피 계층에서 만들어진 것으로 진피 부분이 손상되지 않으면 평생동안 변하지 않는 특성을

갖는다. 이러한 특성을 불변성이라고 하는데 이 불변성에 기초하여 지문 인식의 연구가 시작되었다[2]. 인식에 있어 필요한 생체 정보를 특징이라고 하는데 특별히 지문에 나타나는 특징을 Minutia라고 부른다. Minutia는 단점(ending)과 분기점(bifurcation)의 두 가지 형태로 분류하는데, (그림 1)과 같이 단점이란 용선의 흐름이 끊어지는 곳을 말한다. 분기점이란 두 가닥의 용선이 하나의 용선이 되는 곳을 말한다. 하나의 지문은 하나 이상의 단점과 분기점을 가진다[1].

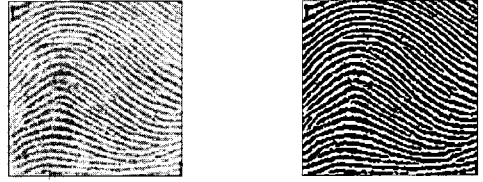


(그림 1) 지문의 특징점

### 3. 동적 이진화

이진화는 원영상을 용선과 골로 구분하는 과정이며, 이진화에는 일반적으로 정적 이진화 기법과 동적 이진화 기법이 있다. 정적 이진화 기법은 손상이 있거나 잡음이 많고 명암값의 분포가 불규칙하면 최적의 이진화 지문을 얻을 수 없기 때문에 단점을 보완할 수 있는 동적 이진화 기법을 사용하였다. 동적 이진화 기법은 부분적인 특징이 강한 지문을 각 부분마다의 임계값을 설정함으로써 이진화를 높일 수 있으며, 지문을 일정한 블록 단위로 나누어 블록의 평균값을 구하여 평균값을 임계값으로 결정함으로써 블록마다의 임계값을 다르게 사용하여 전체 지문의 향상을 가져온다[3]. 동적 이진화 기법의 방법은 아래와 같다.

- 단계1 : 원 지문을 일정한 크기로 나눈다.
- 단계2 : 나누어진 블록들 중 하나의 블록에 대한 정도의 평균값을 구한다.
- 단계3 : 계산되어진 평균값을 그 블록의 임계값으로 정한다.
- 단계4 : 그 블록만 이진화를 수행한다.
- 단계5 : 다음 블록에 대하여 단계 2 ~ 단계 4까지의 과정을 반복 수행한다.
- 단계6 : 전체적인 이진화된 결과 값을 출력한다.



(a) 원본 지문 (b) 이진화 지문

(그림 2) 원 지문과 이진화 지문

### 4. 개선된 병렬 세선화 알고리즘

세선화는 지문에서 특징점을 추출하기 쉽게 하기 위해 용선을 1화소인 선으로 바꾸는 알고리즘으로 세선화의 필요조건은 다음과 같다. 첫째, 세선화된 결과 골격선의 폭이 1이어야 한다. 둘째, 골격선의 위치는 선도형의 중심에 위치하여야 한다. 셋째, 골격선은 원래의 도형에 있어서의 연결성을 유지해야 한다. 넷째, 세선화 과정에서 골격선의 길이가 계속 해서 줄어서는 안된다. 다섯째, 패턴 윤곽선의 작은 요철로 인해 잔가지 모양의 브리지 패턴이 첨가되지 않아야 한다[7]. 세선화는 지문 인식 과정 중 가장 많은 시간을 차지하는 알고리즘으로 이 세선화 속도로 인하여 세선화를 거치지 않고 인식할 수 있는 많은 방법들이 연구되어 왔다[3]. 하지만 인식률에 있어서 특징점을 이용하는 방법이 효과적이기 때문에 많은 곳에서 이 방법을 사용하고 있다.

세선화 방법은 여러 가지가 있지만, 기본적으로 순차적 처리와 병렬적 처리 방법으로 구분되며 이 논문에서는 픽셀의 연결성과 교차수를 이용한 개선된 병렬 세선화 방법을 사용하였다.

교차수( $C_n$  : Crossing Count Number)는 용선을 1로 골을 0으로 했을 때, 그림 3과 같이 임의의 화소(P)를 중심으로 수평, 수직, 대각선의 8방향( $P_1 \sim P_8$ )으로 인접하는 화소의 차를 나타내며 제안한 방법의 단계 3에서 교차수를 적용하였으며, 수식으로 표현하면 식(1)과 같다.

개선된 병렬 세선화 방법의 기본 알고리즘은 아래와 같다.

단계 1 : 처리 대상인 픽셀 I(a, b)에 대하여 아래 조건을 모두 만족하면 픽셀을 삭제한다.

- 1) 픽셀 I(a, b)에 대하여 그 주위의 픽셀들의 연결수가 1.

- 2) 픽셀 I(a, b)에 대하여 그 주위의 픽셀들 중 검은 픽셀이 2개에서 6개 사이에 있다.
- 3) 픽셀 I(i, j+1), I(i-1, j), I(i, j-1)중의 하나는 배경 픽셀이다.
- 4) 픽셀 I(i-1, j), I(i+1, j), I(i, j-1)중의 하나는 배경 픽셀이다.

단계 2: 대상 픽셀 I(a, b)에 대하여 아래 조건을 모두 만족하면 픽셀을 삭제한다.

- 1) 픽셀 I(a, b)에 대하여 그 주위의 픽셀들의 연결수가 1.
- 2) 픽셀 I(a, b)에 대하여 그 주위의 픽셀들 중 검은 픽셀이 2개에서 6개 사이에 있다.
- 3) 픽셀 I(i-1, j), I(i, j+1), I(i+1, j)중의 하나는 배경 픽셀이다.
- 4) 픽셀 I(i, j+1), I(i+1, j), I(i, j+1)중의 하나는 배경 픽셀이다.

단계 3 : 대상 픽셀 I(a, b)에 대하여 아래 조건을 모두 만족하면 픽셀을 삭제한다.

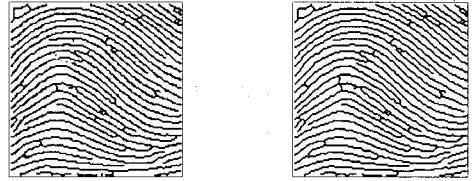
- 1) 픽셀 I(a, b)에 대하여 그 주위의 픽셀들의 교차수가 2와 6이 아니다.
- 2) 픽셀 I(a, b)에 대하여 그 주위의 픽셀들 중 검은 픽셀이 2개에서 3개 사이에 있다.
- 3) 픽셀 I(i, j-1), I(i-1, j)이 용선 픽셀 또는 픽셀 I(i, j-1), I(i+1, j)이 용선 픽셀 또는 픽셀 I(i-1, j), I(i, j+1)이 용선 픽셀 또는 픽셀 I(i+1, j), I(i, j+1)이 용선 픽셀이어야 한다.

$$C_n = \sum_{i=1}^8 |P(i) - P(i+1)| \quad (1)$$

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

(그림 3) 3×3 마스크

(그림 4)은 병렬 세선화 알고리즘과 개선된 병렬 세선화 알고리즘에 대한 세선화 결과 지문을 나타낸다.

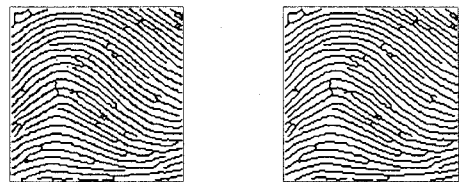


(a) 병렬 세선화 (b) 개선된 병렬 세선화

(그림 4) 세선화 결과 지문

### 5. 실험 및 결론

개선된 병렬 세선화 알고리즘에 대한 성능을 평가하기 위하여 지문 영상 입력 장치로부터 얻은 크기가 128×128인 지문 영상으로 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 실험에는 와상문형, 궁상문형, 제상문형의 3종류를 사용하였다.



(a) 병렬 세선화 (b) 개선된 병렬 세선화



(c) 병렬 세선화 (d) 개선된 병렬 세선화



(e) 병렬 세선화 (f) 개선된 병렬 세선화

(그림 5) 지문 종류별 세선화 결과

<표 1>은 성능 평가를 위해 세선화최도(thinness measurement : TM)를 각 방법에 대하여 비교한 것이다[6].

세션화 척도는 식(2)을 이용하여 계산하였다.

$$TM = 1 - \frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} \text{thinness}(T[i][j])}{4[\max(M, N) - 1]^2} \quad (2)$$

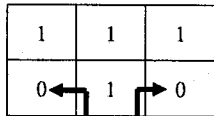
where

$$\begin{aligned} \text{thinness}(T[i][j]) &= T[i][j] * T[i][j-1] * T[i-1][j-1] \\ &+ T[i][j] * T[i-1][j-1] * T[i-1][j] \\ &+ T[i][j] * T[i-1][j] * T[i-1][j+1] \\ &+ T[i][j] * T[i-1][j+1] * T[i][j+1] \end{aligned}$$

여기서, M, N은 지문영상의 수직 및 수평방향의 크기이며 T[i][j]는 화소(i, j)의 화소값이다. 세션화 척도는 세션화 결과가 얼마나 정밀하게 세션화되었는가를 나타내는 값으로 만약 세션화된 용선의 폭이 모두 한 화소로 구성되면 TM값은 1이며 반대로 전체영상의 모든 화소값이 용선에 해당되면 TM값은 0이며 전혀 세션화되지 않은 것을 의미한다. 즉, TM은 세션화된 결과영상의 세션화정도를 표시하는 것이다. (그림 6)에 TM값을 구하는 방법을 나타내었다.

T[i-1][j-1]	T[i-1][j]	T[i-1][j+1]
T[i][j-1]	T[i][j]	T[i][j+1]

(a) 세션화척도를 위한 이웃관계



(b) thinness(T[i][j])=2

(그림 6) 세션화 척도

<표 1> 지문 종류별 TM 비교

지문 영상	방법	세션화 정도(TM)
궁상문	병렬 세션화 방법	0.9883285
	제안된 방법	0.9992250
와상문	병렬 세션화 방법	0.9886695
	제안된 방법	0.9992405
제상문	병렬 세션화 방법	0.9878325
	제안된 방법	0.9983260

이 논문에서는 기존의 병렬 세션화 알고리즘을 개선하여 세션화를 수행하였다. <표 1>의 비교를 통하여 기존 방법보다는 제안된 방법을 통하여 나타난 세션화 결과 영상이 세션화 척도면에서 우수하였다. 향후 공개되거나 손상된 지문에 대한 알고리즘도 추가하면 지문 인식 시스템에서 인식률과 검증률을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

- [1] 반성범, "지문 인식 기술 동향", 전자통신동향분석, 제 16권 5호, 2001.
- [2] 송명철, "지문의 방향정보를 이용한 Reference Point 검출 방법 및 지문 인증 시스템", 고려대 대학원 석사학위 논문, 2002.
- [3] 신의재, "개선된 전처리 과정을 통한 지문 인식 알고리즘에 관한 연구", 홍익대 대학원 석사학위 논문, 2001.
- [4] Marius Tico and Eero Immonen and Pauli Rdmio and Pauli Kuosmanen and Jukka Saarinen, "Fingerprint Recognition Using Wavelet Features", Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems - Volume 2, pp. 21-24, 2001.
- [5] 이정환, 심재창, "단점 및 분기영역 분리를 이용한 지문영상의 고속 세션화", 한국 정보처리학회 논문지, 제6권, 제10호, pp. 2816-2822, 1999.
- [6] Marius Tico and 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, pp. 1735-1739, 2000.
- [7] LIU Wenxing and WANG Zhaoqi and Mu Guoguang, "Thinned fingerprint image postprocessing using ridge tracing", Proceedings of SPIE Image Matching and Analysis, pp. 224-229, 2001.
- [8] 장동혁, "디지털 영상처리의 구현", 정보게이트, 2000.