

윤선 추적을 이용한 세션화 보정 및 의사 특징점 제거

이 건 익[†] · 김 성 락^{††}

요 약

이 논문에서는 윤선 추적을 이용한 세션화 보정 및 의사 특징점 제거에 관하여 연구하였다. 세션화 보정 과정은 첫째로, 교차수가 6인 픽셀 중에서 8-이웃 연결합이 3이 아닌 경우 불필요한 픽셀을 삭제하고 둘째로, 교차수가 6인 픽셀의 주위 8픽셀 중에서 윤선에 해당하는 픽셀과 교차수가 2인 픽셀을 시작 픽셀로 하여 윤선을 추적하면서 제거할 픽셀이 없을 때까지 반복하여 처리한다. 세션화 보정이 끝나면 교차수와 8-이웃 연결합을 이용하여 후보 특징점을 추출하였다.추출된 후보 특징점 중에서 의사 특징점 제거 알고리즘을 이용하여 실제 특징점을 재추출하였다. 제안 방법의 성능 평가를 위하여 기존 방법과 비교하였으며, 실험결과 제안방법이 세션화정도가 우수하고 많은 의사 특징점들이 제거되었음을 알 수 있었다.

Thinning Compensation and Pseudo Minutiae Removal Using Ridge Trace

Keon Ik Lee[†] · Sung Nak Kim^{††}

ABSTRACT

This thesis studies about thinning compensation and the removal of pseudo minutiae using ridge trace. As for the process of thinning compensation, first, it removes unnecessary pixel when 8-neighbor connection sum among the pixels with the crossing count number 6 is not 3. Second, it deals with repeatedly until there is no pixel to remove while tracing the ridge, beginning with the pixel equivalent to the ridge and the pixel with the crossing count number 2 among the 8 pixels around the pixels with the crossing count number 6. When the thinning compensation is finished, it extracts substitute minutiae to use the crossing count number and the 8-neighbor connection sum. Among the extracted substitute minutiae, it extracts the real minutiae to utilize the pseudo minutiae removal algorithm again. It compares with the existing method for the performance evaluation of proposal method. By the experimental results, The proposal method indicated that a degree of thinning is excellent and a lot of minutiae were removed.

키워드 : 지문(Fingerprint), 세션화(Thinning)

1. 서 론

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 특징으로 는 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[10].

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 컴퓨팅 시스

템이 인간 전문가의 작업 영역을 점차 대신하게 되었다.

일반적인 자동 지문 인식 시스템에서 특징점에 기반을 둔 인식 시스템의 특징 추출 과정은 다음과 같다. 지문으로부터 잡음 제거를 위한 전처리 과정을 거치고 분산 등을 이용하여 배경과 처리할 지문 영역을 분할하고 윤선의 분리 및 평활화 과정을 수행하고 분리된 윤선에 대하여 세션화 과정을 거치고 특징점을 검출하고 불필요한 특징점을 제거하는 후처리 과정을 거쳐서 인식을 위한 최종적인 특징점을 검출한다.

일반적으로 위의 과정중 세션화 과정에 소요되는 시간이 많은 부분을 차지하게 된다. 따라서 전체 인식 처리 시간을 줄이기 위하여 고속 세션화 방법을 연구할 필요가 있다. 세션화 방법은 처리방법에 따라 병렬 세션화 방법과 직렬 세션화 방법으로 나눌 수 있다.

이 논문에서는 세션화를 수행한 후 세션화 영상을 보정하고 의사 특징점을 제거하여 기존 방법과 비교하였다. 세션화 보정 과정은 첫째로, 교차수가 6인 픽셀 중에서 8-이

† 준 회 원 : 관동대학교 대학원 컴퓨터공학과

†† 정 회 원 : 관동대학교 컴퓨터공학과 교수

논문접수: 2003년 8월 12일, 심사완료: 2004년 1월 15일

웃 연결합이 3이 아닌 경우 불필요한 픽셀을 삭제하고 둘째로, 교차수가 6인 픽셀의 주위 8픽셀 중에서 용선에 해당하는 픽셀과 교차수가 2인 픽셀을 시작 픽셀로 하여 용선을 추적하면서 불필요한 픽셀을 제거해 나가는 방법으로 더 이상 제거할 픽셀이 없을 때까지 반복하여 처리한다. 세선화 보정이 끝나면 교차수와 8-이웃 연결합을 이용하여 후보 특징점을 추출한다. 추출된 후보 특징점 중에서 의사 특징점 제거 알고리즘을 이용하여 실제 특징점을 추출한다. 기존 방법과의 비교를 통하여 세선화 척도면에서 우수하고 많은 의사 특징점들이 제거되었음을 알 수 있었다.

2. 지문 인식 알고리즘

2.1 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 불변성이라 하는데 이 불변성에 기초하여 지문 인식의 연구가 시작되었다[12].

인식에 있어 필요한 생체 정보를 특징이라고 하는데 특별히 지문에 나타나는 특징을 Minutiae라고 부른다. Minutiae는 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[10].



(a) 분기점 (b) 단 점

(그림 1) 지문의 특징점

2.2 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 이러한 단점을 보완할 수 있는 동적 이진화 기법을 사용하였다. 이 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[7]. 동적 이진화 기법의 방법은 다음과 같다.

- 단계 1 : 원 지문을 일정한 크기로 나눈다.
- 단계 2 : 나누어진 블록들 중 하나의 블록에 대한 명도의 평균값을 구한다.
- 단계 3 : 계산되어진 평균값을 그 블록의 임계값으로 정한다.
- 단계 4 : 그 블록만 이진화를 수행한다.
- 단계 5 : 다음 블록에 대하여 단계 2~단계 4까지의 과정을 반복 수행한다.
- 단계 6 : 전체적인 이진화된 결과 값을 출력한다.

2.3 병렬 세선화

세선화는 지문에서 특징점을 추출하기 쉽게 하기 위해 용선을 1화소인 선으로 바꾸는 알고리즘으로 지문 인식과정 중 가장 많은 시간을 차지하는 과정으로 이 세선화 속도로 인하여 세선화를 거치지 않고 인식할 수 있는 다른 방법들이 많이 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 병렬 세선화 방법을 사용하였다.

병렬 세선화 방법의 기본 알고리즘은 아래와 같다[8].

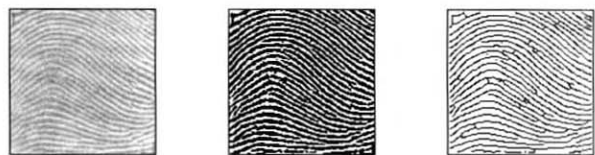
단계 1 : 처리 대상인 픽셀 I(a, b)에 대하여 아래 조건을 모두 만족하면 픽셀을 삭제한다.

- 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.

(그림 2)는 이진화와 세선화에 대한 결과 지문을 나타낸다.



(a) 원본 지문 (b) 이진화 지문 (c) 세선화 지문

(그림 2) 이진화 및 세선화 결과 지문

3. 제안된 세션화 보정 알고리즘

교차수(C_n : Crossing Count Number)[13]와 8-이웃 연결합(S_n : 8-Neighbors Connection Sum)[2]는 여러 문헌에서 특징점을 추출하는 방법으로 많이 사용되어 왔으며, 이 논문에서는 여러 문헌에서 사용하지 않은 세션화 영상을 보정하는데 적용하여 다음 단계인 특징점을 추출하는 과정에서 발생할 수 있는 의사 특징점 문제를 최소화하였습니다. 세션화 영상에서 용선을 1로 꼴을 0으로 했을 때, 교차수는 (그림 3)(a)과 같이 임의 화소(P)를 중심으로 수평, 수직, 대각선의 8방향($P_1 \sim P_8$)으로 인접하는 화소의 차를 나타내며 수식으로 표현하면 식 (1)과 같고 8-이웃 연결합은 (그림 3)(a)과 같이 임의 화소(P)를 중심으로 수평, 수직, 대각선의 8방향($P_1 \sim P_8$)으로 인접하는 화소의 합을 나타내며 수식으로 표현하면 식 (2)와 같다.

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

$$S_n = \sum_{i=1}^8 P(i) \quad (2)$$

식 (1)과 식 (2)에서 P는 마스크를 나타내고 i는 (그림 3)(a)의 순서로 하며 $P(9) = P(1)$ 이다.

세션화 영상에 대한 보정 과정은 아래와 같다.

단계 1: 분기점 주위 불필요한 픽셀을 삭제하고 시작점을 표시한다.

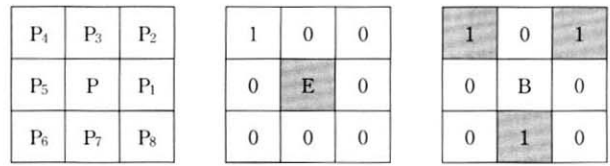
- ① 세션화 영상에서 한 픽셀에 대하여 교차수가 6인 픽셀을 탐색한다.
- ② 교차수가 6인 픽셀에 대하여 주위 8픽셀의 합을 계산한다.
- ③ 주위 8픽셀의 합이 3이 아니면 (그림 4)(a)에서 회색으로 표시된 픽셀을 삭제한다.
- ④ 전체 용선 픽셀을 탐색할 때까지 ①~③ 과정을 반복 수행한다.
- ⑤ 전체 지문 영상에 대하여 (그림 3)(b)에서 회색으로 표시된 픽셀을 시작 픽셀로 표시한다.

단계 2: 시작 픽셀을 시작으로 탐색하면서 불필요한 픽셀을 삭제한다.

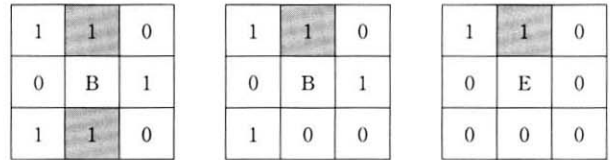
- ① 시작픽셀을 시작으로 용선을 추적하면서 픽셀의 연결성을 판별한다.
- ② 용선에 해당하는 픽셀 중에서 (그림 4)(b)에서 회색으로 표시된 픽셀을 삭제한다.
- ③ 모든 시작 픽셀을 탐색할 때까지 ①~③ 과정을 반복 수행한다.

(그림 3)에서 B는 분기점을 나타내고, E는 단점을 나타내며, 회색으로 표시한 픽셀은 시작 픽셀을 의미한다.

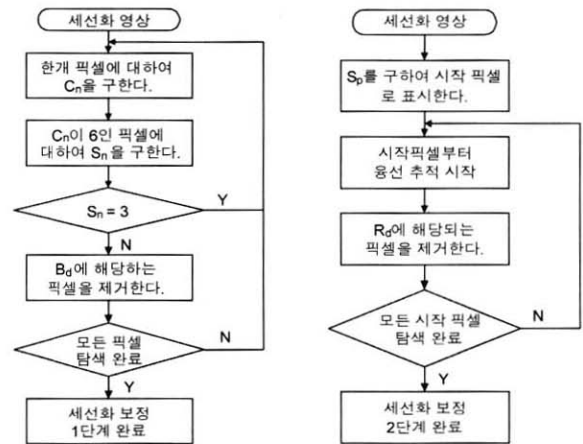
(그림 4)에서 B, E는 각각 분기점과 단점을 나타내며, 회색으로 표시한 픽셀은 삭제되어질 픽셀을 의미한다.



(a) 적용 마스크 (b) 시작 픽셀의 유형
(그림 3) 분기점과 단점이 포함된 3×3 마스크



(a) 분기점의 유형 (b) 단점의 유형
(그림 4) 삭제픽셀을 포함한 분기점 및 단점의 유형



(a) 세션화 보정 1단계 (b) 세션화 보정 2단계

C_n : 교차수, S_n : 8-이웃 연결합, B_i : (그림 4)(a)에서 회색으로 표시된 픽셀, S_p : (그림 3)(b)에서 회색으로 표시된 픽셀, R_i : (그림 4)(b)에서 회색으로 표시된 픽셀

(그림 5) 세션화 보정 흐름도

4. 지문 영상 후처리

4.1 후보 특징점 추출

후보 특징점으로 지문의 단점과 분기점을 이용한다. 특징점을 추출하는 대표적인 방법은 4근방 탐색법과 8근방 탐색법이 있는 마스크를 이용하여 연결성을 판별한다. (그림 3)(a)에서 주목되는 점인 P는 단점, 분기점으로 구분되어지고 후보 특징점인지를 판별하기 위해 세션화 보정 과정에서 정의한 교차수와 8-이웃 연결합을 이용한다. 선을 이루는 화소의 값을 1로 배경화소의 값을 0으로 했을 때 P를 기준으로 마스크를 할 경우 C_n 이 2이고 S_n 가 1이면 단점이고 C_n 이 6이고 S_n 가 3이면 분기점이다.

4.2 의사 특징점 제거 알고리즘

교차수를 이용하여 특징점을 추출하는 경우 그 특징점들

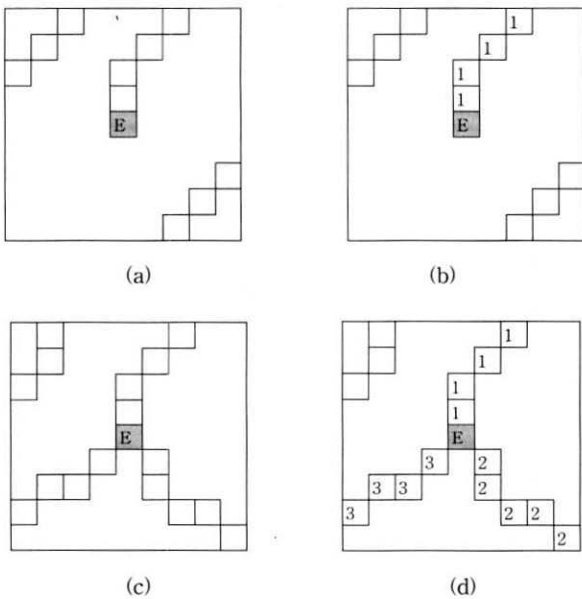
중에는 브리지 패턴이나 루프형, 수염형 패턴에 의한 의사 특징점 구조도 특징점들로 추출되어진다. 이러한 의사 특징점 구조들은 대부분 근접한 거리 내에서 분기점과 단점들의 결합된 형태를 가진다. 그러므로 후보 특징점 픽셀을 중심으로 일정한 영역 내에서 용선의 연결성을 추적함으로써 이러한 의사 특징점들은 제거될 수 있다.

세선화 보정 지문을 F라고 하고, 경계 픽셀에 대하여 1에서 0으로, 2에서 0으로, 3에서 0으로 변하는 픽셀 수를 각각 T_{10} , T_{20} , T_{30} 이고 $T_{10} \wedge T_{20} \wedge T_{30} = T_{123}$ 이라고 할 때, 의사 특징점을 제거하는 알고리즘은 아래와 같다[1].

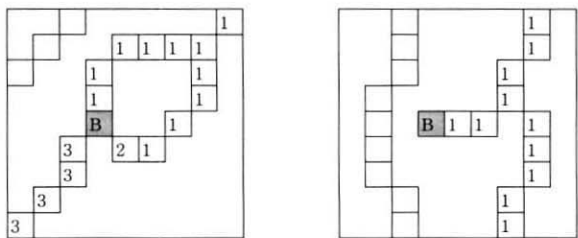
단계 1: 세선화 보정 영상 F에 대응하는 8×8 크기의 영상 F_1 를 생성한다.

단계 2: 만약 F_1 의 중심픽셀이 후보 단점일 경우

- ① 후보 단점과 연결된 픽셀에 대응하는 F_1 영상의 모든 픽셀을 (그림 6)(b)와 같이 1로 표시한다.
- ② F_1 영상의 경계를 따라서 시계방향으로 회전하면서 1에서 0으로 변하는 픽셀수를 구한다.
- ③ T_{10} 이 1이면 후보 단점은 실제 용선 단점으로 판단한다.



(그림 6) 후보 단점과 분기점에 대한 용선 추적

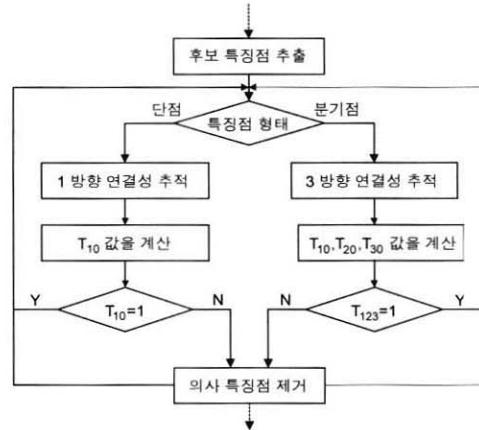


(a) $T_{10}=1, T_{20}=0, T_{30}=1$ (b) $T_{10}=2, T_{20}=0, T_{30}=0$

(그림 7) 용선 추적에 의해 제거된 후보 특징점의 예

단계 3: 만약 F_1 의 중심 픽셀이 후보 분기점일 경우

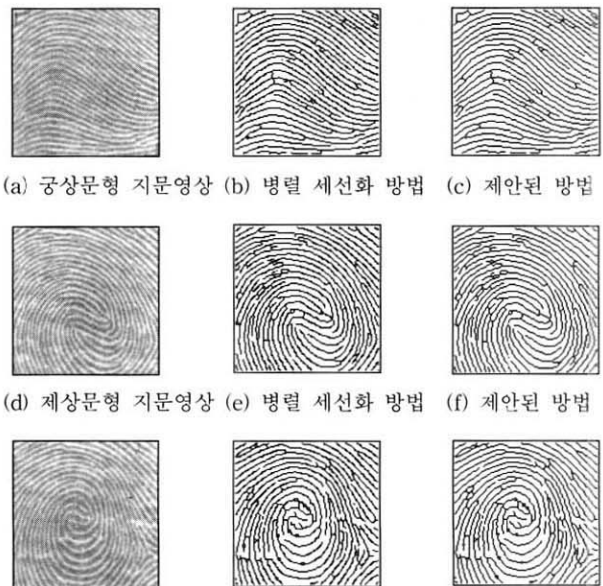
- ① 후보 분기점과 연결된 픽셀에 대응하는 F_1 영상의 모든 픽셀을 (그림 6)(d)와 같이 1, 2, 3으로 표시한다.
- ② F_1 영상의 경계를 따라서 시계방향으로 회전하면서 1에서 0으로, 2에서 0으로, 3에서 0으로 변하는 픽셀수를 구한다.
- ③ $T_{10} \wedge T_{20} \wedge T_{30} = 1$ 이면 후보 분기점은 실제 용선 분기점으로 판단한다.



(그림 8) 의사 특징점 제거 흐름도

5. 실험 및 결론

세선화 보정 방법에 대한 성능을 평가하기 위하여 지문 영상 입력 장치로부터 얻은 크기가 128×128 인 지문영상으로 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 실험에는 와상문형과 궁상문형, 제상문형의 3종류를 사용하였다.



(a) 궁상문형 지문영상 (b) 병렬 세선화 방법 (c) 제안된 방법
(d) 제상문형 지문영상 (e) 병렬 세선화 방법 (f) 제안된 방법
(g) 와상문형 지문영상 (h) 병렬 세선화 방법 (i) 제안된 방법

(그림 9) 지문 종류별 세선화 결과



(그림 10) 지문 종류별 특징추출 결과

<표 1>은 성능 평가를 위해 세선화척도(thinness measurement : TM)를 각 방법에 대하여 비교한 것이다[6]. 세선화 척도는 식 (3)을 이용하여 계산하였다.

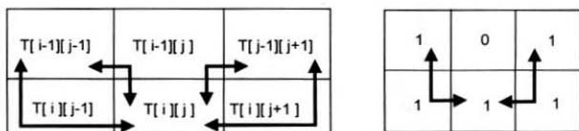
$$TM = 1 - \frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} \text{thinness}(T[i][j])}{4 [\max(M, N) - 1]^2} \quad (3)$$

where

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

여기서, M, N은 지문영상의 수직 및 수평방향의 크기이며 T[i][j]는 화소(i, j)의 화소값이다. 세선화 척도는 세선화 결과가 얼마나 정밀하게 세선화되었는가를 나타내는 값으로 만약 세선화된 용선의 폭이 모두 한 화소로 구성되면 TM 값은 1이며 반대로 전체영상의 모든 화소값이 용선에 해당되면 TM값은 0이며 전혀 세선화되지 않은 것을 의미한다. 즉, TM은 세선화된 결과영상의 세선화정도를 표시하는 것이다. (그림 11)에 TM값을 구하는 방법을 나타내었다.

특징점 수는 아래와 같이 4가지 방법을 통하여 비교하였다. 첫 번째 방법은 교차수를 이용하여 추출된 특징점 수이



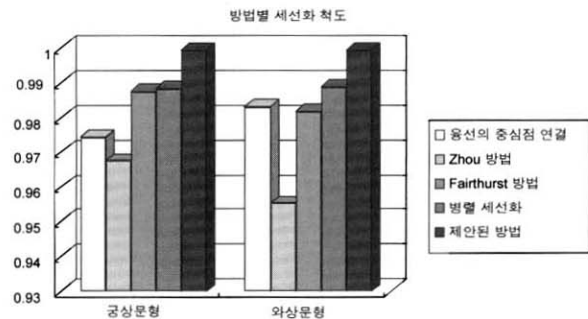
(a) 세선화척도를 위한 이웃관계 (b) thinness(T[i][j]=2)
(그림 11) 세선화 척도

고 두 번째 방법은 제안된 방법 적용 후 교차수와 8-이웃 연결합을 이용하여 추출된 특징점 수이고 세 번째 방법은 두 번째 방법에서 경계로부터 5픽셀보다 더 작은 거리내 있는 모든 특징점을 제거하고 추출된 특징점 수이고 네 번째 방법은 세 번째 방법에서 의사 특징점 제거 알고리즘을 적용하여 추출된 특징점 수이다.

<표 2>는 위의 4가지 방법을 이용하여 특징점 수를 비교하였다.

<표 1> 세선화 척도

지문 영상	방 법	세선화 정도(TM)
공상문형	용선의 중심점 연결 방법	0.974425
	Zhou방법	0.967574
	Fairhurst 방법	0.987615
	병렬 세선화	0.988329
	제안된 방법	0.999225
와상문형	용선의 중심점 연결 방법	0.983167
	Zhou방법	0.955391
	Fairhurst 방법	0.981927
	병렬 세선화	0.988670
	제안된 방법	0.999241

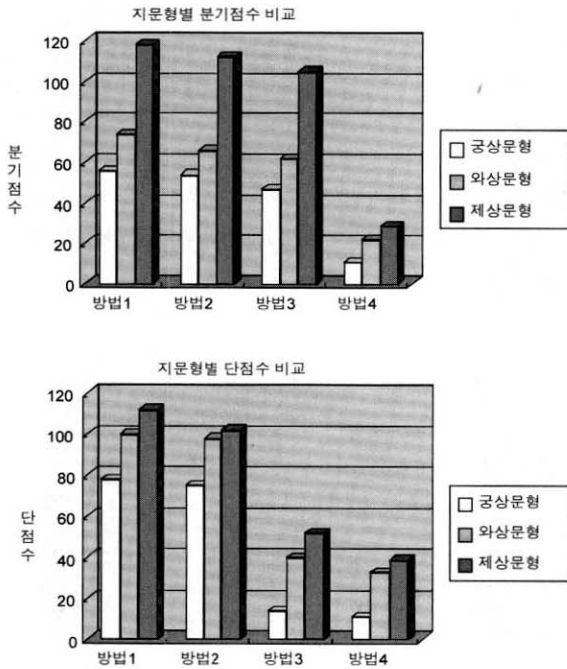


(그림 12) 세선화 방법별 세선화 척도 비교

<표 2> 의사 특징점 제거 알고리즘 적용 전과 후의 특징점 수

특징	지문	공상문형	제상문형	와상문형	방 법
분기점수	단 점 수	56	74	118	방 법 1
		78	100	112	
분기점수	단 점 수	54	66	112	방 법 2
		75	98	102	
분기점수	단 점 수	47	62	105	방 법 3
		14	40	52	
분기점수	단 점 수	11	22	29	방 법 4
		11	33	39	

실험은 펜티엄 III 컴퓨터에서 Visual Basic 언어로 구현하였다. 실험 결과를 보면 제안된 알고리즘을 적용한 결과가 기존 세선화 알고리즘을 적용한 결과보다는 세선화 척도 면에서 우수함을 알 수 있었다. 그리고 의사 특징점 제



(그림 13) 지문 종류 및 방법별 특징점 수 비교

기 알고리즘을 통하여 교차수에 의해 추출된 특징점에서 나타난 많은 의사 특징점들을 제거할 수 있었다.

이 논문에서는 단점과 분기점 주위 8-이웃 픽셀을 탐색의 시작픽셀로 해서 세선화 보정을 수행하였고, 기존 교차수를 이용하여 추출된 특징점 중에서 의사 특징점 제거 알고리즘을 이용하여 브리지 패턴이나 루프형, 수염형 패턴 같은 많은 의사 특징점들을 제거할 수 있었다. <표 1>과 <표 2>의 비교를 통하여 기존 방법보다는 제안된 방법을 통하여 나타난 세선화 영상이 세선화 척도 면에서 우수했으며, 기존 교차수를 이용한 특징점 추출 과정에서 나타날 수 있는 많은 의사 특징점들을 의사 특징점 제거 알고리즘을 이용하여 제거할 수 있었다.

향후 공개되거나 손상된 지문에 대한 알고리즘도 추가하면 지문 인식 시스템에서 인식률과 검증률을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] Marius Tico and Pauli Kuosmanen, "An Algorithm for Fingerprint Image Postprocessing," Proceedings of the Conference record of The Thirty-Fourth Asilomar Conon Signals, Systems & Computers, Vol.2, pp.1735-1739, 2000.
 [2] 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.
 [3] Marius Tico and Eero Immonen and Pauli Ramo and Pauli Kuosmanen and Jukka Saarinen, "Fingerprint Recognition

Using Wavelet Features," Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems, Vol.2, pp. 21-24, 2001.
 [4] V. Espinosa-Duro, "Mathematical morphology approaches for fingerprints thinning", Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers 36th Annual 2002 International Carnahan Conference on Security Technology, pp.43-45, 2002.
 [5] 장동혁, "품질평가에 의한 적용적 지문 인식 알고리즘에 관한 연구", 단국대학교 석사학위 논문, 1999.
 [6] 이정환, 심재창, "단점 및 분기영역 분리를 이용한 지문영상의 고속 세선화", 정보처리학회논문지, 제6권 제10호, pp. 2816-2822, 1999.
 [7] 신의재, "개선된 전처리 과정을 통한 지문 인식 알고리즘에 관한 연구", 홍익대 대학원 석사학위 논문, 2001.
 [8] 신미영, "지문 인식을 위한 융선 방향 정보로부터의 특이점 추출", 관동대학교 박사학위 논문, 2001.
 [9] 조성원, 김재민, "적응 이진화를 이용한 지문인식 전처리에 관한 연구", 한국 퍼지 및 지능 시스템 학회, Vol.12, No.3, pp.227-230, 2002.
 [10] 송명철, "지문의 방향정보를 이용한 Reference Point 검출 방법 및 지문 인증 시스템", 고려대 대학원 석사학위 논문, 2002.
 [11] 반성범, "지문 인식 기술 동향", 전자통신동향분석, 제16권 제5호, 2001.
 [12] 장동혁, '디지털 영상처리의 구현', 정보게이트, 2002.
 [13] 김현, 김학일, "RSTI 불변 지문인식 알고리즘", 전자공학회지, 제35권 제6호, pp.828-850, June, 1998.



이 건 익

e-mail : lki@kwandong.ac.kr
 1995년 삼척대학교 전자계산학과(이학사)
 1998년 관동대학교 대학원 전자계산공학과(공학석사)
 2002년 관동대학교 대학원 전자계산공학과 박사과정 수료
 관심분야 : 패턴인식, 영상처리, 신경 회로망 등



김 성 락

e-mail : snkim@kwandong.ac.kr
 1973년 명지대학교 전자공학과(학사)
 1979년 명지대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1991년 단국대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1981년~1992년 관동대학교 전자계산소장
 1995년~1997년 관동대학교 이공대학장
 1981년~현재 관동대학교 컴퓨터공학과 교수
 관심분야 : 전자 전산기 구조, 문자 및 영상인식 등