

## 자동 지문 인식을 위한 의사 특징점 제거 알고리즘

양 지성, 안 도성, 김 학 일  
인하대학교 공과대학 자동화 공학과

### False Minutiae Filtering Algorithm for Fingerprint Identification System

Jisung Yang, Dosung Ahn, Hakil Kim

Dept. of Automation Engineering, College of Engineering, Inha University

**Abstract** - 자동 지문 인식을 위한 특징점 추출 과정에서 얻은 특징점에는 지문 획득시 발생하는 잡음과 전처리 과정으로 인한 정보의 손실에 의해 상당량의 의사 특징점이 포함되어 있다. 본 논문에서는 특징점들로 구성된 지문의 특징량에서 잡음이라고 할 수 있는 의사 특징점을 제거하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 후보 특징점 목록에서 세선화된 지문 화상의 구조적 특성을 고려하여 복원 가능 영역에 속하고 의사 특징점이라고 간주되는 특징점을 선택한다. 이와 같이 선택된 특징점이 세선화 화상에 위치하는 영역은 잡음에 의해 잘못 세선화된 부분이기 때문에 해당 영역을 올바르게 재구성하고 후보 특징점 목록에서 선택한 특징점을 삭제한다. 재구성된 세선화 화상에서 지문 원화상의 부영역별 방향과 지문의 구조적 특성을 근거로 후보 특징점이 위치한 영역의 패턴을 검사하여 진짜 특징점만을 선택함으로써 의사 특징점을 제거하게 된다. NIST sdb 14의 지문 화상을 알고리즘에 적용한 결과는 정추출을 손실 대비 높은 오추출을 개선을 얻었음을 보여주고 있다.

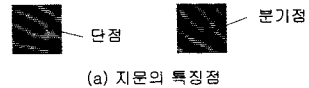
에서는 8가지의 오류를 제거함에도 불구하고 여전히 의사 특징점이 나타나고 있다. [6]의 논문은 세선화 화상에서 우선 의사 특징점을 제거하고 남아있는 특징점에서 신뢰할 수 있는 특징점을 선택하는 방법으로 의사 특징점을 제거하였다. 그러나 의사 특징점을 제거하는 규칙에 적용되지 않는 의사 특징점이 존재하고 신뢰할 수 있는 특징점의 선택시 중심점과 삼각주 영역에 속하는 진짜 특징점을 선택하지 못하는 경우가 발생하게 된다. [7]의 논문은 의사 특징점을 제거하기 위하여 신경 회로망을 사용하였다. 추출된 특징점을 중심으로 일정 크기의 영역을 원화상에서 선택하여 용선의 방향과 크기로 일반화 시킨 후 KL변환으로 크기를 줄이고, 이것을 신경 회로망의 입력으로 하여 특징점인지를 판단하나, 선택한 영역을 계조도에 대하여 일반화시키지 않은 것과 중심점과 삼각주의 특징점을 인식하지 못하는 점으로 인하여 알고리즘 적용 후의 정추출율이 크게 감소하고 있다.

## 1. 서 론

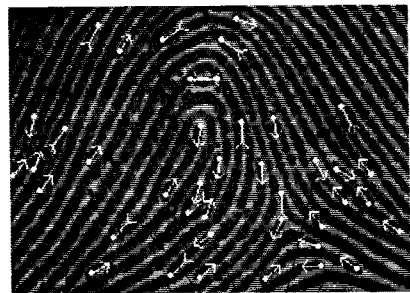
근래 개인 인증을 위한 새로운 수단으로 분실, 망각, 도용의 위험이 없는 생체 인식이 활발히 연구되고 있다. 생체 인식에서 사용되는 신체적 혹은 행동적 특징량은 모든 사람이 지니고 있는 보편성과, 나를 다른 사람과 구별할 수 있는 유일성, 시간과 환경에 따라 변하지 않는 영구성, 그리고 정량적으로 얻을 수 있는 획득성의 특징을 가져야 한다. 또한 이를 이용한 시스템은 빠른 사용 속도와 정확성과 같은 좋은 성능과, 사용자들이 거부감 없이 사용할 수 있고, 불법적인 방법으로는 접근을 차단할 수 있어야 한다[1]. 현재 생체 인식에서 사용되는 특징량은 얼굴, 음성, 손 모양, 동공, 홍채, 혈관, 지문 등이 있고, 그 중에서 지문을 이용한 생체 인식은 위에 제시한 특성을 가장 잘 만족하는 것으로 여겨지고 있다[2][3][4].

자동 지문 인식은 지문 화상에서 특징량을 추출하는 과정과 추출된 특징량을 입력으로 하는 정합 과정으로 이루어 진다[1][3][4]. 대부분의 자동 지문 인식에서 사용하는 특징량은 그림 1과 같은 특징점들로 구성된다. 특징량  $T = \{m_1, m_2, \dots, m_n\}$ 에서  $m_i$ 은 지문 화상에 존재하는 특징점을 의미하고 종류, 위치, 방향의 정보를 가진다[1][2][4][8]. 자동 지문 인식 시스템에서 지문 획득시 발생하는 잡음과 영상 처리 과정으로 인한 정보 손실에 의하여 특징점 추출 알고리즘은 의사 특징점, 즉 가짜 특징점도 추출하게 되고 특징량  $T$ 에 잡음으로 존재하여 정합 과정의 성능에 영향을 미치게 된다[10].

의사 특징점을 제거하기 위한 노력으로 [5]의 논문은 지문이 일련의 용선의 흐름으로 이어져 있다는 특성을 고려하여 세선화 화상에서 생길 수 있는 8가지의 오류를 정의하고 해당 특징점을 제외시킴으로써 의사특징점을 제거하였다. 그러나, 지문의 품질이 좋지 않은 영역



(a) 지문의 특징점



(b) 지문의 특징량 구성

그림 1. 지문의 특징점과 특징량

본 논문에서는 지문 특징량의 오추출을 감소를 목적으로 특징량에 존재하는 의사 특징점을 제거하는 알고리즘을 제안한다. 기존의 논문에서 가장 큰 문제점은 지문의 영상이 나쁜 부분에는 알고리즘의 적용에 어려움이 있다는 것이었다. 본 논문에서는 추출된 후보 특징점 중에서 세선화된 지문 화상의 구조적 특성을 근거로 복원 가능 영역에 속한 후보 특징점만을 알고리즘에 적용하고, 마지막 단계에서 좋은 품질의 영역에 속한 신뢰할 수 있는 특징점만을 선택함으로써 이러한 문제를 해결하였다. 2.1장은 제안 알고리즘의 전체적인 설명이고, 2.2장에서는 제안하는 용선 사이의 평균 거리 계산 알고리즘에 관하여 설명하였다. 2.3장은 세선화 화상에서 잡음을 제거하는 방법을, 2.4장은 좋은 품질 영역의 특징점을 선택하는 방법에 대하여 기술하였다. 3장에서는 실험 결과에 대해 설명하고 결론을 맺는다.

## 2. 본 론

### 2.1 제안 알고리즘의 개요

제안하는 의사특징점 제거 알고리즘은 그림 2와 같다. 전처리 과정의 결과로 얻은 세선화된 지문 화상과 후보 특징점 목록, 그리고 지문 화상을  $w \times w$ 의 블록 크기로 나누어 계산한 부 영역별 용선 방향(Direction map)을 입력으로 하여 다음의 순서로 의사 특징점을 제거한다. 첫 번째로 용선 사이의 평균 거리를 계산한다. 이 수치는 세선화 화상의 잡음 제거 과정에서 임계치의 기준으로 사용된다. 두 번째로 이전 단계에서 추출된 후보 특징점 목록에서 세선화된 지문 화상의 구조적 특성을 고려하여 복원 가능 영역에 속하고 잡음으로 여겨지는 후보 특징점을 선택한다. 선택한 특징점이 세선화 화상에서 위치하는 영역을 잡음으로 간주하고 올바르게 재구성한다. 세선화 화상의 잡음 제거 과정은 용선 연결, 용선 제거, 그리고 용선 재구성으로 이루어진다. 마지막으로 올바르게 재구성된 세선화 화상의 부 영역별 용선 방향을 이용하여 특징점의 구조적 특성을 만족하는 후보 특징점을 좋은 품질의 영역에 속한 특징점으로 간주하고 선택한다. 판단하는 과정은 지문의 부 영역별 방향을 이용한 특이 영역 검출과, 특징점 검사, 그리고 특이 영역에 속하는 특징점 검사로 이루어진다.

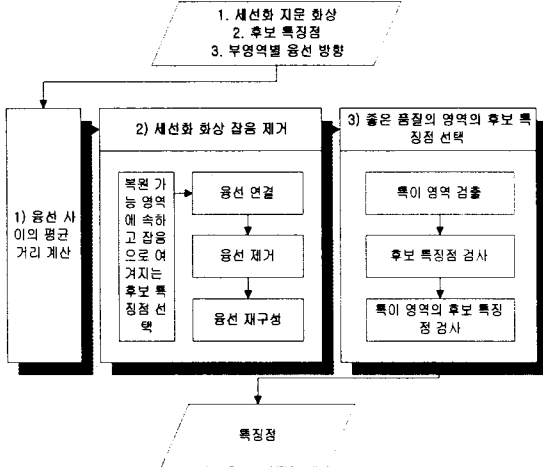


그림 2. 제안하는 의사 특징점 제거 알고리즘

### 2.2 용선 사이의 평균 거리 계산

본 논문에서는 용선이 잡음인가를 판단하는 임계치의 기준으로 용선 사이의 평균 거리  $D_{ridge}$ 를 사용한다. 용선 사이의 평균 거리는 사람마다 그 값이 다르고 같은 지문이라도 해상도에 따라서 틀려지기 때문에 처리할 지문마다 다시 구할 필요가 있다. 본 논문에서는 세선화 화상에서 용선 사이의 거리를 계산할 수 있는 구조(그림 3)를 만족하는 여러 영역의 용선 거리를 추출하여 그 평균값을 사용한다. 알고리즘은 다음과 같다.

- (1) 무작위로 세선화된 지문 화상 내의 화소  $P_e$ 를 선택하고 가장 가까운 용선 위의 화소  $P_a$ 를 정한다.
- (2) 그림 4와 같이  $P_a$ 를 지나고  $P_a$ 가 속한 용선의 수직인 방향의 선분과 교차하는 이웃한 두개의 용선 위의 점을 선택하고 각각을 시작점  $P_{s1}$ ,  $P_{s2}$ 라고 한다.  $P_a$ 에서  $P_{s1}$ ,  $P_{s2}$ 로 향하는 방향을 각각  $A_{s1}$ ,  $A_{s2}$ 라고 한다.
- (3)  $P_{s1}$ 를 검사 대상 화소  $P_e$ 로 하고  $A_{s1}$ 을 다음 검사 대상 화소  $P_{ne}$ 를 찾는 방향  $A_{ne}$ 로 한다.
- (4)  $P_e$ 가 그림 3의 구조를 이루면 용선의 거리  $\overline{ad}$ ,  $\overline{ag}$ 를 저장한다. 그림 3의 구조에서  $\overline{bc}$ ,  $\overline{ef}$  그리고  $\overline{hi}$ 는

- 서로 평행하고 용선 내에 특징점이 존재하지 않으며  $\angle bac, \angle hgi, \angle edf$  는  $\pi$ 에 가까운 각을 이루고 있다.
- (5) 다음 검사 대상 화소  $P_{ne}$ 를 구한다.  $P_e$ 를 지나고  $P_e$ 가 속한 용선의 방향과 수직인 선분이  $A_{ne}$  방향으로 위치한 3번째 용선과 교차하는 화소를  $P_{ne}$ 라고 한다.
- (6)  $P_{ne}$ 를  $P_e$ 로 하고 일정 개수  $N_{th}$ 의 용선 거리를 구할 때 까지 (4)의 단계를 수행한다.  $N_{th}$  개의 용선 거리를 얻기 전에  $P_{ne}$ 가 지문영역으로 밖으로 위치하게 되면  $P_{s2}$ 를  $P_e$ 로 하고  $A_{s2}$ 를  $A_{ne}$ 로 하여 (4)번 단계부터 알고리즘을 적용한다.
- (7)  $N_{th}$ 개의 용선 거리를 얻을 때까지 (1)번에서 (6)번까지의 단계를 반복한다.

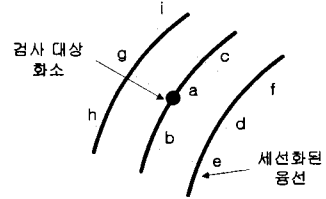


그림 3. 용선 사이의 거리를 계산할 수 있는 구조

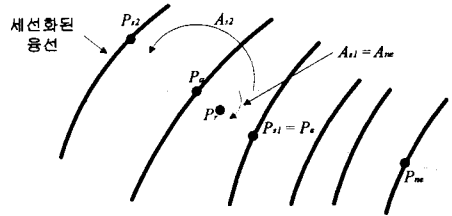


그림 4. 용선 사이의 평균 거리 계산

### 2.3 세선화 화상의 잡음 제거

지문의 획득시 발생하는 잡음과 전처리 과정으로 인한 정보의 손실 때문에 세선화된 지문 화상에는 잘못된 지문 정보를 가지고 있게 된다. 잘못 세선화된 영역을 세선화된 지문 화상의 잡음이라 정의한다. 지문이 일련의 용선의 흐름으로 이루어져 있다는 사실과 지문의 특징점이 나타나는 구조를 고려하여 복원 가능한 영역의 세선화 화상에서 나타날 수 있는 잡음을 정의하고 정의된 잡음 형태가 나타나면 이를 제거하여 특징점의 진위 여부를 결정하는 단계에서 올바른 용선의 정보를 제공한다. 잡음 제거는 추출된 후보 특징점을 검사하여 잡음 제거 과정의 세 단계인 용선 연결, 용선 제거, 그리고 용선 재구성에 속하는 후보 특징점이 위치하는 영역을 올바르게 고침으로써 이루어진다. 본 논문에서 사용하는 좌표계는 좌측 상단을 원점으로 하고  $-\pi$ 에  $\pi$ 로 각도를 표현한다.

#### 2.3.1 검사 항목

세선화 화상에서 후보 특징점이 속한 용선의 구조를 판단하기 위하여 다음의 항목을 검사한다.

- ① 용선으로 연결된 끝점의 개수  $C_e$
  - ② 용선으로 연결된 분기점의 개수  $C_b$
  - ③ 용선의 각도  $A_r$
  - ④ 끝점의 경우, 근접한 끝점의 개수  $N_e$
  - ⑤ 분기점의 경우, 기준 가치를 정하고 기준 가치를 제외한 나머지 두개 가치의 차이  $A_d$ 와 평균 각도  $A_a$
- ①, ②, ④번에서의  $C_e$ 와  $C_b$ ,  $N_e$ 은 [5]의 논문에서 제시되어 있는 검사 항목이다. ④번에서 언급된 근접한 끝점이란 검사 대상 끝점에서 일정 거리  $DE_{th}$  이내에 위치하고 그 사이에 용선이 존재하지 않는 끝점을 말한다.

⑤번에서 기준 가지란 분기점에 연결되어 있는 세 개의 가지 중에 주어진 규칙에 의해 선택된 하나의 가지를 말한다. 그림 5는 기준 가지를 정했을 경우 사잇각과 평균 각도를 보여준다.

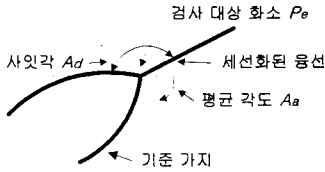


그림 5. 분기점에서 기준 가지와 사잇각, 평균 각도

### 2.3.2 융선 연결

후보 특징점 목록에서 끝점을 검사하여  $N_e \neq 0$ , 즉 근접 끝점이 존재하면 해당 끝점을 검사 대상 화소  $P_e$ . 근접 끝점은 이어줄 후보 끝점  $P_c$ 로 한다.  $P_e$ 가 속한 융선의 방향을  $A_e'$ ,  $P_c$ 가 속한 융선의 방향을  $A_c'$ ,  $P_e$ 점과  $P_c$ 점을 연결했을 때의 각도를  $A_{ec}$ 라고 한다.  $P_e$ 와  $P_c$ 가 식 (1)을 만족하면  $P_e$ 와  $P_c$ 를 연결한다. 식 (1)에서  $A_{th}$ 는 각도의 변화를 허용하는 임계치 각도이다.

$$\begin{cases} \min[\text{abs}(A_e' - A_c'), 2\pi - \text{abs}(A_e' - A_c')] \geq \pi - A_{th} \\ \min[\text{abs}(A_e' - A_{ec}), 2\pi - \text{abs}(A_e' - A_{ec})] \geq \pi - A_{th} \end{cases} \quad (1)$$

여러 개의 후보 끝점  $P_c$ 가 존재할 경우  $\min[\text{abs}(A_e' - A_{ec}), 2\pi - \text{abs}(A_e' - A_{ec})]$ 이  $\pi$ 와 가장 가까운  $P_c$ 와 연결한다. 연결을 시킨 두개의 단점은 후보 특징점 목록에서 삭제한다.

### 2.3.3 융선 제거

융선 연결 과정을 거친 세션화 화상에서 복원 가능 영역에서 나타날 수 있는 잡음인 잔가지, 짧은 융선을 제거한다. 그림 6는 잔가지와 짧은 융선을 보여주고 있다.

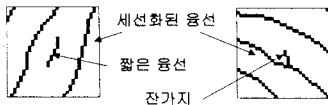


그림 6. 짧은 융선과 잔가지 구조

제거 방법은 후보 특징점을 검사하여 끝점의 경우에  $DE_{th}$  거리 이내에 다른 끝점과 융선으로 연결되어 있으면 짧은 융선으로 간주하고 세션화 화상에서 해당 융선을 제거한다. 융선에 연결된 두개의 끝점도 후보 특징점에서 제거한다. 분기점의 경우에는 연결된 세 개의 가지를 추적하여 식 (2)번에 명시된 세 개의 조건 중에 속하는지 검사한다. 속하면 해당 기준 가지를 잔가지로 간주하고 세션화 화상에서 제거한다. 잔가지에 연결되어 있는 분기점과 끝점도 후보 특징점 목록에서 삭제한다. 기준 가지는 세 개의 가지에서 일정 거리  $DE_{th}$  이내에 끝점이 존재하는 가지로 정하고 하나 이상의 가지가 해당될 경우 기준 가지를 바꾸어 가며 식(2)에 해당하는지 검사한다.

$$\begin{cases} 1) C_e \neq 0, \text{ and } C_b = 0, \text{ and } A_d \geq \pi - A_{th} \\ 2) C_e \neq 0, \text{ and } C_b \neq 0, \text{ and } A_d \geq \pi - A_{th}, \\ \text{ and } \min[\text{abs}(A_r - A_a), 2\pi - \text{abs}(A_r - A_a)] \leq A_{th} \\ 3) C_e \neq 0, \text{ and } C_b \neq 0, \text{ and } A_d \geq \pi - A_{th}, \\ \text{ and } \min[\text{abs}(A_r - A_a), 2\pi - \text{abs}(A_r - A_a)] \geq \pi - A_{th} \end{cases} \quad (2)$$

식 (2)번에서  $A_r$ 은 기준 가지의 각도를 말하고 2), 3)은 그림 7의 (a) 구조를 (b) 구조와 구별하여 찾아내기 위한 조건이다. 그림 7.(a) 구조는 기준 가지가 잔가지로 제거 대상이지만 그림 7.(b)는 십자가 구조로 재구

성되어야 할 구조이기 때문이다. 세션화 화상에서 그림 7.(b)의 구조는 빈번히 나타나고 있기 때문에 구별을 해 주어야 한다.

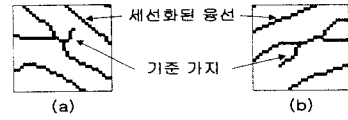


그림 7. 유사한 형태의 잔가지와 연장된 십자가 구조

### 2.3.4 융선 재구성

융선 제거 과정 후에 세션화 화상에서 복원 가능 영역에 속하는 세션화된 융선의 잘못된 구조를 찾아내고 재구성한다. 재구성될 구조는 그림 8.(a)와 같이 원형 구조, 십자가 구조, 다리 구조, 연장된 십자가 구조, 삼각형 구조이다. 그림 8.(b)는 재구성된 결과이다. 재구성 방법은 후보 특징점 목록에서 분기점을 선택하여 원형 구조, 십자가 구조 그리고 나머지 구조에 해당되는지 순서대로 검사한다. 각 단계에 해당되면 융선을 재구성한다.

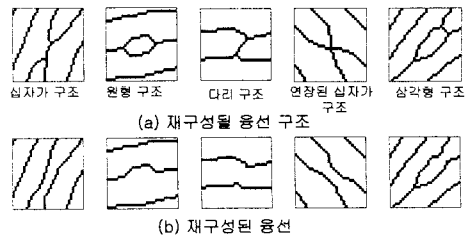


그림 8. 재구성될 융선 구조와 재구성 결과

- 원형 구조의 재구성 : 검사 대상 분기점  $P_e$ 에 연결되어 있는 두개 이상의 가지가 일정거리  $DB_{th}$  이내에 같은 분기점을 공유하고 있으면 원형 구조로 하나의 가지를 세션화 화상에서 삭제하고 연결된 두개의 분기점도 후보 특징점 목록에서 제거한다
- 십자가 구조의 재구성 : 검사 대상 분기점  $P_e$ 가 네 개의 가지를 가지면 십자가 구조로 분기점을 중심으로 일정 거리  $DD_{th}$  만큼 네 개의 가지를 삭제한다. 검사 대상 분기점도 후보 특징점 목록에서 삭제한다. 가지를 삭제하고 생긴 네 개의 끝점을 융선 연결 알고리즘을 이용하여 연결해 준다
- 다리, 연장된 십자가, 삼각형 구조의 재구성 : 검사 대상 분기점  $P_e$ 에 연결된 세 개의 가지를 추적하여 일정 거리  $DB_{th}$  이내에 다른 분기점  $P_m$ 을 만나면 두개의 분기점을 이어주는 가지를 기준 가지로 정한다.  $P_e$ 에서의  $A_d$ 와  $A_a$ 를 각각  $A_e'$ ,  $A_c'$ 라 하고  $P_m$ 에서  $A_d$ 와  $A_a$ 를  $A_m'$ ,  $A_m''$ 라고 정한다. 식 (3)에 해당하면 다리, 사다리, 삼각형 구조 중에 하나로 기준 가지를 세션화 화상에서 제거함으로써 올바른 형태로 융선을 재구성한다. 기준 가지의 양끝에 위치한 두개의 분기점도 후보 특징점 목록에서 삭제한다.

$$A_d' \geq \pi - A_{th} \text{ and } A_m'' \geq \pi - A_{th} \quad (3)$$

식 (4)번에 해당하면 연장된 십자가 구조로 기준 가지와 기준 가지의 양끝에 연결된 네 개의 가지를 일정 거리  $DD_{th}$  만큼 삭제하고 이때 생긴 네 개의 끝점을 융선 연결 과정을 통하여 이어준다. 연결된 두개의 분기점도 후보 특징점에서 삭제한다.

$$A_d' < \pi - A_{th} \text{ and } A_m'' < \pi - A_{th} \text{ and}$$

$$\min[\text{abs}(A_m'' - A_d'), 2\pi - \text{abs}(A_m'' - A_d')] \geq \pi - A_{th} \quad (4)$$

## 2.4 좋은 품질 영역의 특징점 선택

지문 화상에는 좋은 품질의 영역과 나쁜 품질의 영역이 공존하고 있다. 나쁜 품질의 영역은 전처리 과정을 거치고도 계속 나쁜 상태, 즉 지문에 대한 신뢰할 만한 정보를 제공할 수 없는 상태로 남아 있다. 따라서 잡음이 제거된 세션화 화상에서 후보 특징점이 위치한 영역을 검사하여 나쁜 영역에 속한 특징점은 버리고 좋은 영역에 위치한 특징점만을 진짜 특징점으로 선택함으로써 의사 특징점을 제거한다. 특징점에 인접한 용선의 각도를 원화상의 부 영역별 방향에 비교한 것과 인접 용선의 곡률을 판단 기준으로 삼는다. 지문에서 중심점과 삼각주 영역은 용선의 형태가 다른 영역과 다르기 때문에 특이 영역으로 정의하고 알고리즘 적용 시 다른 영역과 구분해야 한다

### 2.4.1 특이 영역 검출

특이 영역인 중심점과 삼각주에서는 용선의 방향이 급격히 변하는 특징을 가지고 있다. 용선의 방향을 나타내는 지문 화상의 부 영역별 용선 방향을 사용하여 용선의 방향이 급격히 변하는 두개의 이웃 블록을 선택하고 크기를 확장하여 특이 영역으로 정한다. 본 논문에서 사용된 부 영역별 방향을 구하는 알고리즘은 [9]에 제시된 방법을 사용하였고  $-\pi/2$ 부터  $\pi/2$ 로 블록의 방향을 나타낸다. 특이 영역을 찾아내는 알고리즘은 다음과 같다.

- 1) 지문 원화상을  $w \times w$ 의 블록 크기로 나누어 계산한 부 영역별 용선 방향을 순서대로 검사 대상 블록으로 정한다.
- 2) 검사 대상 블록의 방향  $A'_b$ 를 이웃 블록의 방향  $A'_a$ 과 비교하여 식(5)번을 만족하면 검사 대상 블록과 이웃 블록을 선택한다. 식(5)는 두 블록의 방향이 거의 수직을 이루고 있음을 나타내는 것이다.

$$\min[abs(A'_b - A'_a), \pi - abs(A'_b - A'_a)] \geq \pi/2 - A_{th} \quad (5)$$

- 3) 2)번 단계에서 선택된 블록을 그림 9과 같이  $pw/2$ 만큼 확장한 영역을 특이 영역으로 정한다.  $pw$ 는 2.4.2장에 언급되는 검사 블록의 크기이다. 선택된 블록을 확장하는 이유는 특징점 검사시 중심점, 삼각주 블록에는 포함되지 않지만 근접한 특징점도 같은 영역으로 간주하고 선택하기 위해서이다.

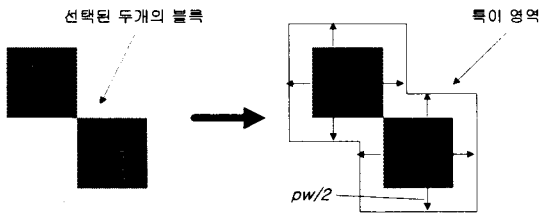


그림 9. 선택된 블록의 특이 영역으로의 확장

### 2.4.2 특징점 검사

후보 특징점을 검사하여 좋은 품질의 영역, 즉 정확한 지문 정보를 가지고 있는 영역에 속하는 특징점을 선택하는 과정이다. 검사 방법은 다음과 같다.

- 1) 후보 특징점에서 순서대로 검사 대상 특징점  $P_0$ 을 선택한다.
- 2)  $P_0$ 가 속한 블록의 부 영역별 용선 방향  $A_b$ 를 얻는다.
- 3) 용선 사이의 평균거리  $D_{ridge}$ 를 사용하여 검사 블록의 크기  $pw$ 를 계산한다.
- 4) 잡음이 제거된 세션화 화상에서  $P_0$ 를 중심으로  $pw \times pw$  크기의 블록을 선택한다.
- 5) 선택한 블록, 즉 검사 블록에 존재하는 용선 중에 길이가  $DR_{th}$ 보다 긴 용선들의 각각의 각도  $A_i$ 과 곡률

$C$ 를 계산한다. 곡률 계산은 용선 추적 거리를 용선 양 끝 사이의 거리로 나누어 구한다. 그림 10에는  $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}, \bar{e}, \bar{f}, \bar{g}, \bar{h}, \bar{i}, \bar{j}, \bar{k}, \bar{l}, \bar{m}, \bar{n}, \bar{o}$ 의 용선이 존재한다.

- 6) 5)번 단계에서 얻은 모든  $A_i$ 와  $C_i$ 가 식 (6)을 만족시키면 좋은 품질의 영역에 속한 특징점으로 선택한다. 식 (6)에서  $C_{th}$ 는 곡률의 임계치이다.

$$\min[abs(A_b - A_i), \pi - abs(A_b - A_i)] < A_{th} \text{ and } C < C_{th} \quad (6)$$

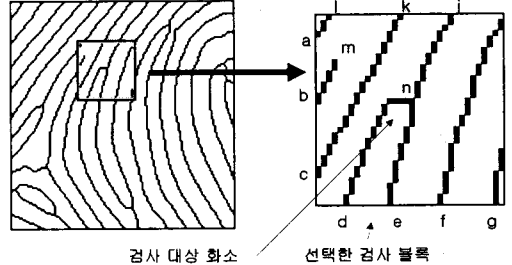


그림 10. 선택한 검사 블록

### 2.4.3 특이 영역에 포함된 특징점 검사

특이 영역은 용선의 방향이 급격히 변하기 때문에 부 영역별 방향에 평행하지 않은 용선이 존재할 수 있고 또한 곡률이 큰 용선도 존재할 수 있다. 2.4.2장에서 사용한 방법은 특이 영역에 속한 후보 특징점을 나쁜 영역에 속한 특징점으로 간주하게 되므로 이 영역에 속한 특징점은 특징점 검사에서 제외시킨다. 부 영역별 방향을 사용하여 특이 영역을 추출할 수 있다는 것은 특이 영역이 좋은 품질의 영역이기 때문이라고 가정하고 이 영역에 속하는 후보 특징점은 진짜 특징점으로 선택한다

## 3. 실험 결과 및 결론

제안 알고리즘의 실험을 위해 NIST sdb 14번에 있는 50개의 지문 화상을 사용하였다. 이 지문 화상은 손가락의 말절 아래 부분도 포함하고 있으나 관심 대상 밖이어서 이 부분은 고려 대상에서 제외시킨다. 본 논문에서 사용한 임계치는 용선 사이의 평균거리를 기준으로 정해진다. 사용한 임계치  $N_{th}, DE_{th}, DB_{th}, A_{th}, DD_{th}, DR_{th}, C_{th}, pw$ 는 각각 20,  $2D_{ridge}, 1.5D_{ridge}, \pi/6, 0.5D_{ridge}, D_{ridge}, 1.3, D_{ridge}$ 로 하였다.

본 논문에서 제안한 의사 특징점 제거 알고리즘의 궁극적인 목적은 특징점 추출 과정에서 얻은 후보 특징점들로 구성된 특징량에서 의사 특징점을 제거하여 정추출율에는 적은 변화를 주고 오추출율을 감소시키는 것이다.

그림 11은 잡음 제거 과정에 의해 세션화 화상이 재구성된 결과를 보여주고 있다. 그림 12는 의사 특징점 제거 알고리즘의 적용 전의 후보 특징점과 적용 후의 특징점을 나타내고 있다. 그림 12.(a)의 좌측 상단은 품질이 나쁜 영역으로 상당량의 의사 특징점이 분포하고 있다. 그림 12.(b)는 제안 알고리즘 적용 후의 특징점을 나타낸 것으로 품질이 나쁜 영역의 의사 특징점들이 알고리즘의 의도와 같이 제거되었음을 볼 수 있다.

표 1은 알고리즘 적용으로 인한 정추출율과 오추출율의 변화를 나타낸다. TM은 지문 화상에 존재하는 진짜 특징점의 개수를 나타내고, PM은 알고리즘이 추출한 특징점 중에서 진짜 특징점의 개수를 말한다. DM은 알고리즘이 찾지 못한 진짜 특징점의 개수이고, FM은 알고리즘이 찾은 가짜 특징점의 개수를 말한다. 표 1에서 나타난 바와 같이 후보 특징점의 정추출율과 오추출율이 각각 0.93, 0.54에서 의사 특징점 제거 알고리즘 적용 후에 0.89, 0.13으로 변화한 것을 알 수 있다. 실험 결과는 제안 알고리즘의 목적인 높은 정추출율 손실대비 오추출율의 감소를 얻었음을 보여준다.



(a) 의사 특징점 제거 알고리즘 적용 전



(b) 의사 특징점 제거 알고리즘 적용 후

그림 12. 의사 특징점 제거 알고리즘의 적용

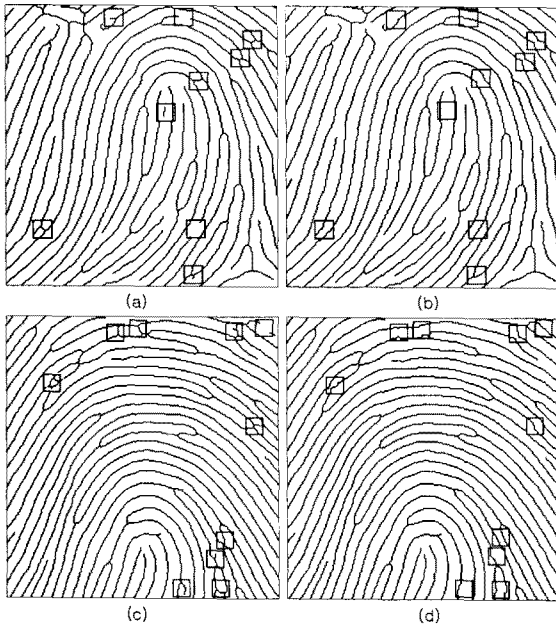


그림 11. 세션화된 지문 화상의 잡음 제거: (b)와 (d)는 (a)와 (c)를 잡음 제거 알고리즘을 적용한 결과이다.

표 1. 정추출율과 오추출율의 변화:50개의 지문에 적용

	TM	알고리즘 적용 전			알고리즘 적용 후		
		PM	DM	FM	PM	DM	FM
평균	78.44	73.35	5.09	85.68	69.70	8.74	11.50
표준편차	21.80	20.30	20.54	37.69	19.19	3.79	6.01
정추출율	$\frac{PM}{TM}$	0.93		0.89			
오추출율	$\frac{FM}{PM+FM}$	0.54		0.13			

의사 특징점을 제거하기 위하여 본 논문에서는 지문의 융선 사이의 평균 거리를 계산하여 알고리즘에서 사용하는 임계치의 기준으로 정하였고, 세션화된 지문 화상에서 나타날 수 있는 잡음을 정의, 제거하여 올바른 융선 정보를 가지도록 했고, 잡음이 제거된 세션화 화상에서 좋은 품질의 영역에 포함되는 특징점을 선택함으로써 의사 특징점을 제거하였다. 제시한 방법은 중심점, 삼각주에 위치한 특징점에는 영향을 미치지 않고 나쁜 영역에 나타나는 의사 특징점을 효과적으로 제거할 수 있었다.

(참 고 문 헌)

- [1]A.K. Jain, R. Bolle, and S. Pankanti, eds., *Biometrics : Personal Identification in Networked Society*. Norwell, Mass.: Kluwer Academic Publisher, 1999.
- [2]D. maio, and D. Maltoni, "Direct Gray-Scale Minutiae Detection in Fingerprints." *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 19, no. 1, pp. 27-39, Jan., 1997.
- [3]A.K. Jain, L. Hong, R. Bolle, "On-Line Fingerprint Verification." *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 19, no. 4, pp. 302-313, April., 1997.
- [4]김현, "RSTI 불변 지문 특징량 추출 및 인식과 응용," 인하대학교 석사 학위 논문, 1998.
- [5]Q. Xiao and H. Raafat, "Fingerprint image postprocessing : a combined statistical and structural approach." *Pattern Recognition*, vol. 24, no. 10, pp. 985-992, 1991.
- [6]A. Farina, Z.M. Kovacs-Vajna, Alberto Leone, "Fingerprint minutiae extraction from skeletonized binary images." *Pattern Recognition*, vol.32, no. 4, pp. 877-889, 1999.
- [7]D. Maio and D. Maltoni, "Neural Network Based Minutiae Filtering in Fingerprints," *Proceedings 14th ICPR, Brisbane(Australia)*, pp. 1654-1658, Aug.,1998.
- [8]N.K. Ratha, S. Chen ,A.K. Jain, "Adaptive Flow Orientation-based Feature Extraction in Fingerprint Images," *Pattern Recognition*, vol. 28, no. 11, pp. 1657-1672, 1995.
- [9]L. Hong, Y. Wan, and A.K. Jain, "Fingerprint Image Enhancement : Algorithm and Performance Evaluation." *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 20, no. 8, pp. 777-789, Aug., 1998.
- [10]안도성, 김학일, "클릭 구조를 이용한 지문 인식 알고리즘", 전자공학회논문지, 제36권, S편, 제5호, pp 69-80, 1999. 2.