

다양한 지문정보를 이용한 개선된 특징점 추출 후처리 알고리즘

정희원 박 태 근*, 정 선 경**

Enhanced Postprocessing Algorithm for Minutia Extraction Using Various Information in Fingerprint

Taegeun Park*, Sunkyung Jung**

요 약

지문인식 시스템에서는 참특징점의 추출물인 정추출률이 시스템 성능에 중요한 요인이 되므로 의사특징점을 제거하는 후처리 과정은 중요하다. 본 논문에서는 세션화 영상에서 추출된 후보특징점에 포함된 의사특징점을 제거함으로써 참특징점만을 추출하는 효율적인 후처리 알고리즘을 제안한다. 제안된 후처리 알고리즘은 획득된 지문 영상으로부터 얻을 수 있는 다양한 정보, 즉 특징점(끝점과 분기점)의 구조적 특징, 지문의 고유한 특성, 그리고 획득된 지문영상의 품질 정보를 체계적으로 이용하여 세단계에 걸쳐 의사특징점을 제거한다. 광학센서로 획득한 248×292 영상크기를 갖는 다양한 품질의 지문 영상에 대해 Intel Celeron 프로세서 환경에서 실험한 결과, 참특징점은 유지하면서 의사특징점을 효율적으로 제거함을 보였다. 또한 전처리 시간 0.343초에 비하여 제안된 후처리 알고리즘의 수행 시간은 0.0154초로 거의 시간이 증가하지 않았다.

Key Words : 생체인식, 지문인식, 후처리 알고리즘, 특징점 추출

ABSTRACT

The postprocessing to remove false minutia is important because the extraction of true minutia affects the performance as a key factor in fingerprint identification system. In this paper, we propose an efficient postprocessing algorithm for removing false minutia among the extracted candidates in a thinned image. The proposed algorithm removes false minutia in three steps by using various information in the acquired fingerprint image: the structural information of minutia (end point and bifurcation), the inherent characteristics of fingerprint, and the quality of acquired images. Under Intel Celeron processor environment with 248 x 292 images acquired by optic device, the experiments showed that the proposed algorithm efficiently removed false minutia while preserving true minutia. Moreover, the proposed algorithm takes 0.0154 second, which is very small compared to the time for preprocessing (0.343 second).

I. 서 론

유·무선 통신기술의 발달로 전자상거래가 보편화되고 빈번해짐에 따라, 신원확인의 정확성과 신원

정보 보안이 더욱 중요해지고 있다. 기존의 개인인 증방법인 비밀번호, ID카드, 키, 여권 등은 더 이상 요구되는 보안을 충족해주기에 충분하지 않다[1]. 이런 이유로 신체의 일부나 행동의 특성을 이용한 생체인식 기술에 대한 연구가 활발하게 진행되고

* 가톨릭대 정보통신전자공학부, ** (주)넥서스칩스
논문번호 : 030456-1014, 접수일자 : 2003년 10월 14일

있다[3]. 그 중에서도 범죄 수사용으로 오랜 전부터 사용해 온 지문인식 방법은 다른 생체인식 분야에 비해 안정성, 편리성, 경제성 등의 여러 장점으로 현재 널리 이용되고 있으며 이에 대한 실시간 처리와 신뢰도 향상 등 성능 개선에 대한 연구가 진행되고 있다.

다른 사람과 구별되어지는 대표적인 정보는 지문의 끝점과 분기점의 위치, 방향, 종류를 특징량으로 하는 특징점 기반 방법[1][2][7][8][11]과 필터링 결과 패턴으로 정합하는 필터 기반의 방법[3][4] 등이 있다. 많이 사용되는 특징점 기반 방법에는 특징량을 검출하는 과정으로 회색조 영상에서 바로 용선을 따라 끝점과 분기점을 검출하는 방법[2]과 전처리 후 얻은 세션화 영상에서 용선의 교차점 수로 찾아내는 방법이 있다. 전처리 없이 바로 용선 추적으로 특징점을 찾는 방법은 전처리를 하지 않는다는 장점을 가지고 있지만, 채취영상의 품질 저하에 따른 용선의 끊어짐과 배경과 지문의 경계에서 끊어짐으로 용선 추적이 어렵고 추적과정에서 많은 샘플링이 요구된다[2]. 많이 사용되는 세션화 영상 기반의 방법은 획득된 영상의 품질뿐만 아니라 전처리 과정의 정확한 용선 추출이 중요하다. 전처리 과정에서의 정보손실과 원 지문영상의 저품질, 그리고 지문과 배경의 경계에서 발생하는 많은 의사특징점의 제거가 인식시스템의 성능 향상에 중요한 요인이 된다. 그리고 특징점의 수 증가로 매칭 시간과 등록정보의 저장 공간이 증가하게 된다. 따라서 외부적인 요인에 강인하면서 실시간 처리가 가능한 우수한 시스템을 설계하기 위해서는 최대한 참특징점만을 갖도록 의사특징점을 제거하는 후처리 단계가 필요하며, 그에 따른 다양한 후처리 알고리즘들이 제안되어왔다[5][7][8][9][10][11]. 단선, 잔가지, 연결, 절선의 의사특징점 패턴을 네 가지로 정의한 방법은 다양한 의사특징점을 검출할 수 없고 회색조 영상 정보를 이용하여 블록단위로 양질의 지문 영역을 평가함에 따라 블록에 포함된 참특징점을 추출하지 못하거나 의사특징점을 제거시키지 못하는 경우가 발생한다[5][8]. 따라서 좀 더 다양한 패턴을 정의하고 정의에 포함된 용선에 대해 세션화 용선을 재구성한 방법이 제안되었다[7]. 그러나 이는 보정된 세션화 영상에서 용선의 곡률과 방향으로 특징점이 포함된 영상의 품질을 판단하여 참특징점으로 판별하기 때문에, 용선 재구성에 따른 연산시간 소모와 코어부분에서 알고리즘이 적용되지 않는다는 단점을 가지고 있다. Tico 등이 제안한 세션화된 이

진 영상에서의 후처리 알고리즘은 추출된 끝점과 분기점을 구성하는 각 픽셀에 대하여 구조적으로 분류함으로써 의사특징점을 제거하였다[11]. 그러나 충분치 못한 정보로 인하여 결과가 만족스럽지 못하다. 용선의 끝점은 골의 분기점을 형성하는 골과 용선의 보상관계로부터 의사특징점을 제거하는 알고리즘을 Zhao 등이 제안하였다[9]. 하지만 골과 용선 모두에 대해 세션화 영상을 구해야하는 단점을 갖는다. Xiao과 Raafa의 경우 특징점의 통계적 특성과 구조 정보를 이용하여 특징점을 제거하였다[10]. 그러나 용선의 연결여부를 계산하는데 많이 소요시간이 요구된다. 본 논문에서는 후보특징점 각각에 대해 특징점의 구조적 특징, 지문의 고유한 특성, 그리고 획득된 지문 영상의 품질 정보를 체계적이고 효율적으로 이용하여, 세단계에 걸쳐 효과적으로 참특징점과 의사특징점을 구별하여 참특징점을 의사특징점으로 오인하는 오추출률을 최소화하면서 정추출률을 높이는 효율적인 후처리 알고리즘을 제안한다. 248×292 영상크기를 갖는 다양한 품질의 지문 영상에 대해, 알고리즘 적용에 따른 오추출률과 정추출률의 변화와 타인을 승인하는 FAR과 본인을 거부하는 FRR의 변화를 통해 후처리 알고리즘의 필요성과 성능을 검증하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 구현한 세션화 영상을 얻기 위한 전처리 과정을 간단하게 살펴보고, 3장에서는 세단계에 걸쳐 참특징점과 의사특징점을 구별하는 제안한 후처리 알고리즘을 설명한다. 4장에서는 실험을 통해 알고리즘의 성능을 분석하고, 5장은 본 논문의 결론을 서술한다.

II. 전처리 과정

지문의 끝점과 분기점을 얻기 위하여 그레이 레벨의 지문 영상을 이진화하고 용선의 두께가 한 픽셀을 갖도록 세션화를 하여 얻어진 영상으로부터 끝점과 분기점을 추출한다[1][6]. 따라서, 그 지문이 갖고있는 참특징점만을 추출하기 위해서는 획득된 영상의 품질이 우수해야하고 세션화까지 정확한 지문의 용선 추출이 중요하다. 그림 1은 전처리 과정을 단계적으로 보여주며 그에 대한 대략적인 설명은 다음과 같다.

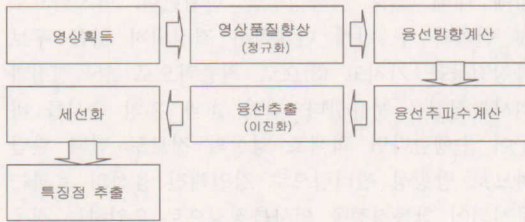


그림 1. 특징점 추출까지의 전처리 과정

2.1 정규화

다양한 환경에서 획득된 영상에 대해 먼저 영상 품질을 향상시키는 정규화 단계를 수행한다. 이 과정은 픽셀 단위 연산으로 그 이후 처리에 대해서 모든 영상에 균등하게 적용될 수 있도록 영상의 밝기 정보를 기준 평균과 분산으로 정규화 하여 용선과 골의 구조는 바뀌지 않고, 용선과 골을 따라 변화의 폭을 줄이면서 골과 용선의 대조를 분명히 하는 과정이다.

2.2 용선 방향 계산

일정 블럭 단위 $w \times w$ 로 용선의 방향정보 추출 단계로 계산 복잡도가 낮은 소벨 연산자를 이용하여 블록에 속한 각 픽셀에 대해 x, y 에 대한 기울기 $\partial_x(u, v), \partial_y(u, v)$ 를 구하여 블록의 용선 방향을 구한다. 그렇게 구한 용선의 방향은 잡음이나 상처 등의 원인으로 용선의 방향이 급격하게 변하는 잘못된 방향성 정보를 갖게 된다. 따라서 이웃하는 부영역의 대표방향과의 저대역 필터연산을 통해서 용선의 흐름대로 방향성을 갖도록 보정한다.

2.3 용선 주파수 계산

지문은 용선과 골이 주기적으로 나타나는 특징을 가지고 있다. 따라서 현 지문영상에 대한 정확한 용선추출 및 의사특징점 추출 인자로 사용하기 위해서 주파수 정보를 필요로 한다. 일정 블럭 단위로 나누고 각 블록의 중심에서 앞서 얻은 블록의 용선 방향의 수직하게 윈도우를 회전시키고 용선방향으로 투영하여 그림2와 같은 일차원 파형을 얻는다. 그 파형으로부터 극소점과 극대점을 찾아 극대점 간의 평균거리의 역수를 그 블록의 주파수로 한다. 계산된 블록의 용선주파수에 대하여 잡음에 의한 비정상적인 주파수의 효과를 가우시안 필터연산으로 보정하고 블럭간 저대역 필터 연산을 통해 최종적으로 주파수를 결정한다.

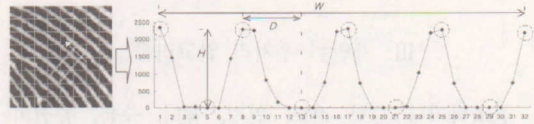


그림 2. 투영 결과 얻어진 1차원 웨이브

2.4 이진화

앞서 구한 방향 정보와 주파수 정보를 이용하여 아래와 같이 픽셀 단위로 가보 필터링을 수행한다. 가보필터는 주파수와 방향 선택적 필터로, 그림 3에서와 같이 용선과 골을 보호하면서 주름, 땀샘, 상처로 떨어져 있는 용선을 연결시켜 잡음을 제거하는 효과를 갖는다. 영상 밝기값을 임계치로 이진화 하는 방법에 비해 그 결과가 우수하다.

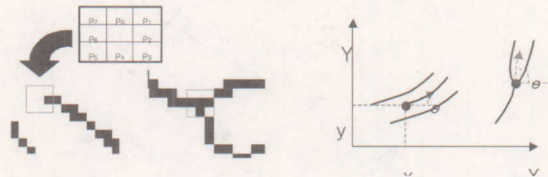


(a) 원 영상 (b) 이진화 영상

그림 3. 가보필터를 이용한 이진화 결과 영상

2.5 세션화와 특징점 추출

이진화된 영상을 한 픽셀 두께를 갖도록 용선을 세션화 한다. 그림 4와 같이 3×3 윈도우를 씌워서 C_N 을 구하며, 그 값이 6이면 분기점이고 2면 끝점으로 본다. 그 점의 좌표 (i, j) 와 특징점의 방향 $\psi_{i,j}$ 그리고 특징점의 종류를 저장한다.



(a) 끝점과 분기점 추출

(b) 특징점 방향

그림 4. 분기점과 끝점 추출과 방향

III. 제안된 후처리 알고리즘

건조하거나 습한 정도, 먼지, 흠터, 주름, 융선의 마모 등의 지문 표면 상태, 획득시 압력의 차이, 그리고 센서 표면의 잔여 등의 이유로 발생하는 영상의 왜곡과 전처리 과정에서의 정보손실이 의사특징점 발생의 원인이 된다[1]. 이런 의사특징점은 지문 인식 시스템의 성능을 저하시키고, 또한 특징점의 수 증가로 매칭 시간과 데이터베이스 공간을 증가시킨다. 외부적인 요인에 강인한 시스템을 설계하기 위해서는 최대한 참특징점만을 갖도록 의사특징점을 제거하는 후처리 단계가 필요하다. 그래서 본 논문에서는 특징점 각각에 대해 특징점의 구조적 특징, 지문의 고유한 특성, 그리고 획득된 지문 영상의 품질 정보를 이용하여 그림 5와 같이 세단계로 이루어진다.

전처리 결과로 얻은 후보특징점의 집합은 의사특징점과 참특징점의 두 집합으로 이루어져있다. 먼저 ①에 의해 의사특징점을 추출하고, 나머지 후보특징

점에 대해 ②로 참특징점을 선정한다. 마지막으로 첫 번째와 두 번째 단계에서 결정되지 않은 후보특징점들을 가지고 ③으로 최종적으로 참특징점과 의사특징점을 분류한다. 만약 ③과 ②의 순서를 바꾸어 수행한다면 회색조 영상의 정보로 먼저 판단하므로 방향성 필터링으로 강인해진 융선의 효과가 무시되어 참특징점을 의사특징점으로 오인하는 경우가 발생하게 된다. 또한 ②는 특징점 하나에 대한 수행 시간이 4.3×10^{-5} 초이고, ③은 2.07×10^{-4} 초로 ③이 ②보다 시간비용이 더 크므로 수행시간이 길어지게 된다. 각각의 단계를 자세히 설명하면 다음과 같다.

3.1 이웃하는 특징점들간의 관계에 의한 의사특징점 제거

잡음이 섞인 영상에 대한 세션화 결과 영상으로부터 추출한 후보특징점 중에 그림 6에서 정의한 패턴을 갖는 의사특징점들이 포함되어있다. 후보특징점들 간의 거리와 방향정보, 그리고 융선 간의 연결을 보고, 정의된 패턴을 갖는 특징점을 추출하여

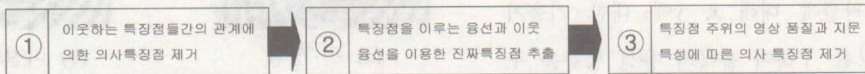


그림 5. 제안하는 후처리 단계

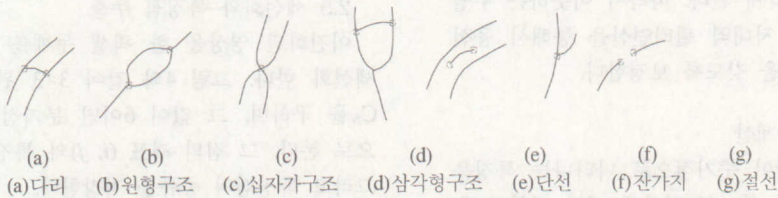


그림 6. 의사특징점 패턴 정의

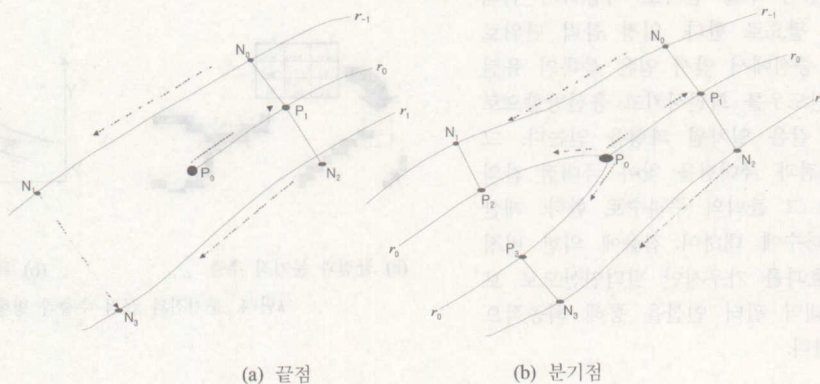


그림 7. 끝점과 분기점의 융선과 이웃 융선

의사특징점으로 분류한다. 이때 특징점을 중심으로 일정거리 안에 다른 후보특징점을 포함하고 있는 특징점만을 대상으로 검사한다. 이 단계에서 필요한 후보특징점들 간의 거리 임계치는 전처리에서 구한 블록단위의 주파수정보를 이용하여 결정한다.

3.2 특징점을 이루는 용선과 이웃 용선을 이용한 참특징점 추출

특징점은 세션화 영상에서 분기점과 끝점을 포함하는 용선과 그 이웃 용선이 그림 7에서와 같이 이루어져 있다. 원 영상에서 용선의 구성으로 판단하는 것 보다 세션화 영상을 이용하는 것이 특징점의 오인을 줄일 수 있다. 왜냐하면 용선 추출 단계에서 가보필터를 통해 용선이 보완된 이진영상으로 세션화 하기 때문이다. 특징점을 중심으로 그림 7의 특성을 갖는다면 확실한 참특징점으로 분류할 수 있다.

끝점에 대한 참특징점 추출 과정은 다음과 같다

- 1) 끝점 P_0 을 중심으로 용선 r_0 을 따라 2λ 만큼 떨어진 점 P_1 을 찾는다. P_1 에 도달하기 전에

용선이 끊어지면 P_1 을 찾는데 실패한 것이다. 이 때, λ 는 특징점이 속한 블록 주파수의 역수로 한다.

- 2) $\angle P_0P_1$ 에 직교하는 방향으로 r_1, r_1 용선 위의 픽셀 N_0, N_2 를 1.5λ 거리 내에서 찾는다.
- 3) N_0, N_2 에서 출발하여 용선을 따라 4λ 만큼 추적하여 만나는 점을 N_1 과 N_3 이라 한다. 이때 N_1 과 N_3 의 거리 $\overline{N_1N_3}$ 는 $\overline{N_1N_3} < 3\lambda$ 를 만족해야 한다. 분기점에 대한 참특징점 추출 과정은 다음과 같다.

- 1) P_0 을 중심으로 세 가지의 용선 r_0 을 따라 끊어짐 없이 2λ 만큼 떨어진 점 P_1, P_2, P_3 을 구한다.
- 2) 이웃 용선 위의 픽셀 N_0, N_1, N_2, N_3 을 1.5λ 거리 내에서 찾는다.
- 3) N_0, N_1 이 용선 r_1 에 N_2 와 N_3 이 용선 r_1 에 끊어짐 없이 존재하는지 검사한다. 즉, N_0 에서 출발하여 $4\lambda + \rho$ (점, $0 \leq \rho < \lambda$) 안에 N_1 을 만나야 한다.

끝점과 분기점 모두 위의 조건을 모두 만족한 특징점만을 참특징점으로 분류하고 도중에 조건을 만족하지 않을 때는 더 이상 진행하지 않고 다음 후보특징점에 대하여 검사한다.

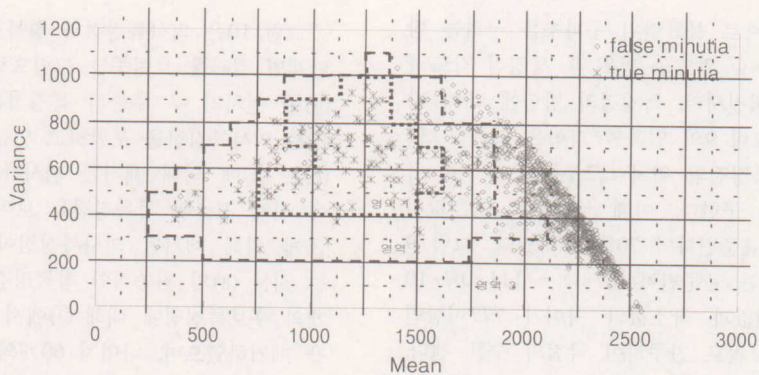


그림 8. 참특징점과 의사특징점 주위 영역의 평균과 분산 분포

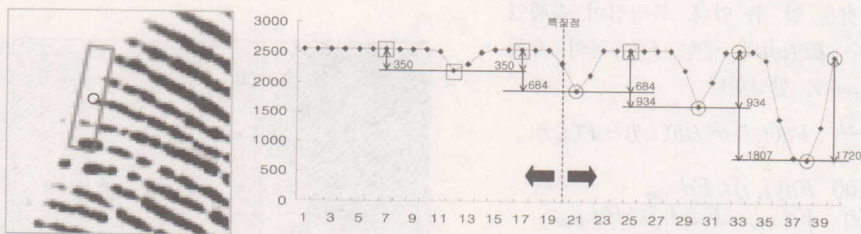


그림 9. 특징점을 중심으로 한 용선 주파수 계산

3.3 특징점 주위의 영상 품질과 지문특성에 따른 의사특징점 제거

①,② 단계에서 분류되지 않은 후보특징점을 대상으로 주위의 영상 품질과 지문특성 정보를 이용하여 참특징점과 의사특징점을 가려낸다.

1) 평균과 분산

배경과 저 품질의 지문 영역에 대한 평균과 분산은 골과 융선이 뚜렷하게 분포하는 양질의 지문 영상과 상이하게 다르다. 그림 8은 품질이 다양한 지문영상 140개에서 첫 번째, 두 번째에서 결정되지 않은 후보 특징점 1000개에 대해 의사특징점과 참특징점 주위의 회색조 영상의 평균과 분산을 구하여 얻은 그래프이다. 이 데이터를 근거로 세 영역을 그림 8과 같이 구분하여 특징점을 중심으로 일정영역에 대하여 I_{score} 점수를 할당하였다.

$$I_{score} = \begin{cases} 100 & \text{if Mean}(i, j), \text{Var}(i, j) \subset \text{영역1} \\ 50 & \text{if Mean}(i, j), \text{Var}(i, j) \subset \text{영역2} \\ 0 & \text{if Mean}(i, j), \text{Var}(i, j) \subset \text{영역3} \end{cases}$$

2) 융선 주파수

특징점을 중심으로 블록단위 주파수를 구하는 방법과 동일하게 $l \times w$ 윈도우 씌운 후 특징점 각도 ψ_{ij} 의 수직하게 회전시켜, 특징점의 방향에 대해 밝기값을 더하여 그림 9의 일차원 파형을 얻는다. 일차원 파형에서 특징점의 위치 $l/2$ 로부터 좌우로 극대점과 극소점을 구한다. 이때 극대값과 극소값의 차이는 $N(i, j)$ 의 표준편차의 70%로 하였다. 그림 9의 기준 높이 차는 표준편차 $\times 0.7 \times w = 111 \times 0.7 \times 10 = 777$ 으로 극대값과 극소값의 차이가 777이상인 극점만을 융선과 골로 간주하여 극점의 수를 센다. 이렇게 양 방향으로 구한 총 극점의 수를 $P(i, j)$ 라 할 때 $0.5 \times l$ 로 나누어 $F(i, j)$ 를 구한다. 그림 9의 경우, $F(65, 40)$ 는 $P(65, 40) / (0.5 \times 40) = 0.250$ 이고, $BF(65, 40)$ 은 0.115로 오차가 크다. 즉 융선간 4.7 픽셀 차를 갖는 것을 알 수 있다. 특징점이 속해있는 블록의 주파수 $BF(i, j)$ 와 구한 $F(i, j)$ 와의 오차 $Fd(i, j)$ 에 따라 F_{score} 를 할당한다.

$$F(i, j) = \frac{P(i, j)}{0.5 \times l}, Fd(i, j) = |BF(i, j) - F(i, j)|$$

$$F_{score} = \begin{cases} 100 & Fd(i, j) < Fd_{true} \\ 50 & Fd_{true} \leq Fd(i, j) < Fd_{false} \\ 50 & Fd_{false} \leq Fd(i, j) \end{cases}$$

3) 융선 방향

융선 추출을 위해 미리 구한 블록의 대표 방향 중, 그 특징점이 속해있는 방향 $BO(i, j)$ 와 특징점의 방향 ψ_{ij} 간의 차이로 분석하며 O_{score} 는 $Od(i, j)$ 에 따라 할당한다.

$$Od(i, j) = |\text{BO}(i, j) - \psi_{ij}|$$

$$O_{score} = \begin{cases} 100 & Od(i, j) < Od_{true} \\ 50 & Od_{true} \leq Od(i, j) < Od_{false} \\ 0 & Od_{false} \leq Od(i, j) \end{cases}$$

영상의 품질이 좋지 않아 블록의 대표 방향과 주파수가 비정상적으로 구해졌을 때 이웃 블록정보를 이용하여 그 방향과 주파수가 보정되었기 때문에, 그 정보를 이용하여 얻어진 이진 융선은 잘못 추출되어 세선화 영상으로부터 구한 특징점의 방향과 주파수는 그 블록의 대표값과 오차가 발생한다. 아래의 식은 평균과 분산, 주파수, 방향에 대한 각각의 점수에 가중치를 달리하여 더한 후보특징점의 총 점수이다. 특징점의 SCORE가 임계치 ϵ 이상일 때 참특징점으로 분류된다.

$$SCORE = \alpha O_{score} + \beta I_{score} + \gamma F_{score}$$

그림 10은 의사특징점과 참특징점이 분류되는 각 단계별 결과를 보여주는 그림으로, 획득된 지문영상 (a)를 전처리 후 추출된 특징점은 그림 (b)와 같이 많은 의사특징점을 포함하고 있는 것을 알 수 있다. (c)는 ①에 의해 제거된 의사특징점들을, (d)는 ②에 의해 검출된 참특징점을 보여준다. 그리고 (e)는 ③에 의해 제거된 의사특징점이다. 마지막으로 (f)는 지문 (a)의 최종적인 참특징점이다. 이 경우 116개의 후보특징점에 대해 ①에서 56개의 의사특징점을 제거하였으며, 나머지 60개의 특징점에 대해 ②으로 참특징점 31개를 추출하고, 마지막으로 결정되지 않은 27개 특징점을 ③에 의해 참과 거짓으로 구별하여 최종적으로 35개의 특징점만을 이 지문에 대한 특징량으로 등록하게 된다.

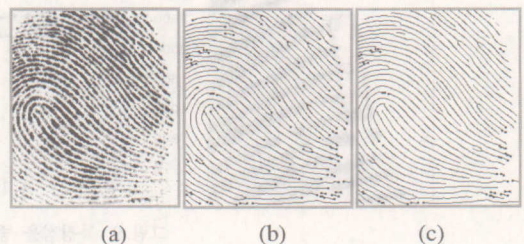




그림 10. 각 단계별 의사특징점 제거 예시 : (a) 원영상, (b) 후처리 전, (c) ①에 의해 제거된 의사특징점, (d) ②에 의해 선택된 참특징점 (e) ③에 의해 제거된 의사특징점 (f) 최종 결과

IV. 실험 및 분석

본 논문에서 제안하는 후처리 알고리즘의 성능을 분석하기 위해 20명으로부터 시간차를 주면서 5개씩 획득한 100개의 지문영상을 가지고 실험하였다. 실험영상은 좋은 품질의 영상이 30%, 중간이 40%, 품질이 나쁜 영상이 30%로 구성되었으며, 대표적으로 그림 11과 같다. 이 영상은 해상도 450dpi에 크기는 248×292이며 (주)니트켄에서 제작한 광학센서로부터 얻었다. 실험을 통해 세 가지 점수에 대한 가중치 α , β , ν 를 각각 0.60, 0.25, 0.15로 결정하였으며 ϵ 은 70으로 하였다.



(a) 상 (b) 중 (c) 하

그림 11. 영상 품질에 따른 영상 예시

표 1은 100개의 영상지문으로부터 제안한 후처리 알고리즘 적용 전, 후에 측정된 정추출률(TMER)과 오추출률(FMER)의 변화를 보여주고 있다. TM, PM, FM은 각각 원 지문영상으로부터 전문가 추출한 참특징점의 개수, 지문인식시스템에서 참특징점의 개수, 그리고 의사특징점의 개수를 의미한다. 그로부터 TMER, FMER은 각각 PM/TM , $FM/(PM+FM)$ 식으로 계산된다.

표 1. 제안한 후처리 알고리즘 적용에 따른 정추출률과 오추출률의 변화

	후 처리전	①만 적용한 경우	②를 제외한 경우	모두 적용한 경우
TMER	0.971	0.943	0.798	0.921
FMER	0.641	0.468	0.170	0.145

그림 6에 정의된 의사특징점 만을 제거하는 방법 ①만을 적용하였을 때의 정추출률은 0.028 감소하는데 비해 FMER은 0.173감소하였다. 하지만 아직도 절반가량의 의사특징점을 포함하고 있다. 그리고 ②를 제외하였을 때 TMER은 포함시켰을 때보다 참특징점을 의사특징점으로 오인하는 경우가 증가하였다. 제안한 알고리즘을 적용한 결과 TMER은 0.05 감소하고, FMER은 0.496으로 크게 감소하였다. 이때, 후처리를 통해 TMER이 떨어진 것은 참특징점 주위가 너무 건조하고, 습한 저 품질 영역에 따른 세선화 용선 손상으로 단선, 사다리, 홀 등의 패턴을 형성하여 ①에서 제거되거나, ②에서 참특징점으로 검출되지 못한 것이 주 원인이다. 후처리로 참특징점의 적은 감소는 있지만 많은 부분을 차지하는 의사특징점의 제거가 전체 특징점 수 중에 정합된 특징점 수의 비로 동일여부를 판별하는 지문인식 시스템에서는 정합률을 높이는 주요한 요인이다.

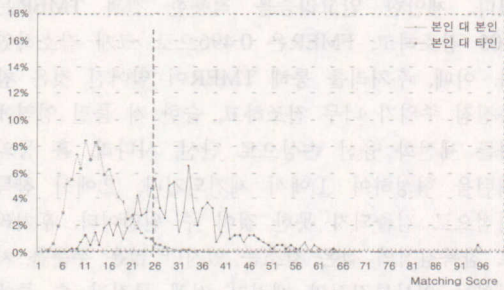
지문 시스템을 Intel Celeron 프로세서 996Mhz, RAM 512MB의 컴퓨터 환경에서 구현하였을 때 후보특징점 추출까지의 전처리와 후처리의 수행시간을 표 2에 나타내었다. 전처리는 0.343초, 제안한 후처리 알고리즘은 0.0154초로 시간 비용이 크지 않음을 알 수 있다.

표 2. 전처리와 후처리 과정의 수행시간

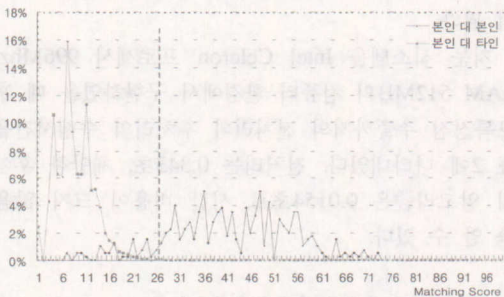
전처리	수행시간(초)	후처리	수행시간(초)
정규화	0.090	①	0.0067
블록방향	0.013		
블록주파수	0.059	②	0.0024
이진화	0.116		
세선화	0.055	③	0.0063
특징점 추출	0.010		
계	0.3430	계	0.0154

그림 12는 본인 대 본인, 본인 대 타인의 정합점수 분포 그래프로, 20명으로부터 각각 5개씩 획득한 지문영상 100개에 대해 총 9,900(100×99) 쌍을

매칭하여 얻은 그래프이다. 그림 (a), (b)는 각각 후처리를 적용 전과 후의 본인 대 본인, 본인 대 타인의 정합 분포를 보여준다. 매칭점수 26점을 기준으로 하였을 때 FRR(본인 거부율)과 FAR(타인 승인율)을 보면 후처리를 하지 않은 경우 FRR과 FAR는 각각 0.4121과 0.0127이고, 후처리 수행 후의 FRR과 FAR은 각각 0.1181과 0.0001으로 제안된 후처리 과정을 수행하여 FAR, FRR이 감소하여 인식 시스템의 신뢰성이 개선되었다. 이렇듯 의사특징점은 지문인식시스템의 등록정보량 증가와 매칭시간 증가, 그리고 시스템의 신뢰성을 보장할 수 없는 등 시스템의 성능 저하의 원인이 된다.



(a) 제안한 방법의 적용 전 정합률



(b) 제안한 방법의 적용 후 정합률

그림 12. 제안한 알고리즘 적용에 따른 정합률 변화

V. 결 론

특징점을 특징량으로 이용하는 지문 인식 시스템에서는 정추출률이 시스템의 성능에 큰 비중을 차지한다. 본 논문에서는 추출된 후보특징점에 대해 참특징점을 의사특징점으로 판단하는 경우를 최소화 하면서 효과적으로 의사특징점만을 제거하는 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 후처리 알고리즘은 특

징점 각각에 대해 특징점의 구조적 특징, 지문의 고유한 특성, 그리고 획득된 지문 영상의 품질 정보를 효과적이고 체계적으로 이용하여, 이웃하는 특징점들간의 관계에 의한 의사특징점 제거, 특징점을 이루는 용선과 이웃 용선을 이용한 참특징점 추출, 그리고 특징점 주위의 영상 품질과 지문특성에 따른 의사특징점 제거, 이렇게 세단계로 구성되었다. 248×292 영상크기를 갖는 다양한 품질의 지문 영상에 대해 알고리즘 적용에 따른 오추출율과 정추출율의 변화와 타인을 승인하는 FAR과 본인을 거부하는 FRR의 변화를 통해 후처리 알고리즘의 성능을 분석하였다. 본 알고리즘이 적용된 지문인식시스템은 Intel Celeron 프로세서 환경에서 구현되었으며, 전처리 시간 0.343초에 비하여 제안된 후처리 알고리즘의 수행 시간 0.0154초로 시간 비용이 크지 않음을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] A. K. Jain and L. Hong, "An identity-authentication system using fingerprints," *Proceedings of the IEEE*, vol.85, no.9, pp.1365-1388, 1997
- [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.27-40, 1997
- [3] A. K. Jain, S. Prabhakar, L. Hong, and S. Pankanti, "Filterbank-based fingerprint matching," *IEEE Trans. Image Processing*, vol.9, no.5, pp.846-859, 2000
- [4] C. J. Lee and S. D. Wang, "Fingerprint feature extraction using gabor filters," *Electronics Letters*, vol.35, no.4, pp.288-290, 1999
- [5] N. K. Ratha, S. Chen, and A. K. Jain, "Adaptive flow orientation-based feature extraction in fingerprint images," *Pattern Recognition*, vol.28, no.11, pp.1657-1672, 1995
- [6] L. Hong, Y. Wan, and A. Jain, "Fingerprint image enhancement: algorithm and performance evaluation," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.20, no.8, pp.777-789, 1998
- [7] 양지성, 안도성, 김학일, "지문의 의사특징점 제

거 알고리즘 및 성능 분석," 전자공학회 논문지, 37권, C편, 3호, pp.130-144. 2000

- [8] 김현, 김학일, "RSTI 불변 지문 인식 알고리즘," 전자공학회 논문지, 35권, S편, 6호, pp.838-850, 1998
- [9] F. Zhao and X. Tang, "Duality-based Post-processing for Fingerprint Minutiae Extraction," International Conference on Information Security, pp. 36-39. 2002.
- [10] Q. Xiao and H. Raafat, "fingerprint image postprocessing: a combined statistical and structural approach," Pattern Recognition, vol. 24, no. 10, pp. 985-992, 1991.
- [11] M. Tico and P. Kuosmanen, "An algorithm for fingerprint image postprocessing," Proceedings of 34th Asilomar Conference on Signals, Systems & Computers, vol.2, pp.1735-1739, 2000

정 선 경(Sunkyung Jung)



2001년 가톨릭대학교 정보통신공학 학사.
 2003년 현재 가톨릭대학교 컴퓨터공학과 석사.
 2003년 - 현재 넥서스칩스 연구원.

<관심분야> VLSI 설계, 패턴인식, 디지털 신호처리 등임.

박 태근 (Taegeun Park)



1985년 연세대학교 전자공학 학사.
 1988년 Syracuse Univ. Computer 공학석사. 1993년 Syracuse Univ. Computer 공학박사.
 1991년 - 1993년 Coherent Research Inc. VLSI 설계 엔지니어.

1994년 - 1998년 현대전자 System IC 연구소 책임연구원.
 1998년 - 현재 가톨릭대학교 정보통신전자공학부 부교수.

<관심분야> VLSI 설계, CAD, 병렬처리 등임.