

# 지문의 방향 성분을 이용한 Reference Point 검출 Algorithm

송명철\*, 박준범\*\*, 김영구\*\*, 고한석\*\*

\* 고려대학교 영상정보처리학과

\*\* 고려대학교 전기전자전파공학과

## Reference Point Detection Algorithm using Direction Information of Fingerpoint

Myoungchul Song\*, Junbum Park\*\*, Youngku Kim\*\*, Hanseok Ko\*\*

\* Dept. of Visual Information Processing, Korea University

\*\* Dept. of Electrical Engineering, Korea University

E-mail :{mcsong, jbpark, ygkim, hsko}@ispl.korea.ac.kr

### 요약문

본 논문에서는 지문인식 시스템에 있어서 중간 단계인 Reference Point를 검출하는 방법을 제안하려고 한다. Reference Point는 지문 인식 방법들인 Minutiae 매칭 방법[1]과 Gabor filter를 사용한 Filterbank 방법[2]을 적용함에 있어서 feature를 추출할 때 사용되는 기준이 되는 Point이다. 그래서 동일인에 대해서는 항상 불변하고 정확한 위치를 찾아내는 정도가 지문 인식 시스템의 인식률에 크게 영향을 미치게 된다. 본 논문에서 제안하는 방법은 Gray Image에서 직접 Statistical한 방법을 사용하여 지문의 방향 분포를 구하고 이러한 방향 분포도로부터 얻어진 정보를 바탕으로 각 방향간의 거리를 측정하여 모든 방향 성분을 동일하게 유지하는 Reference Region을 찾게 된다. 이렇게 추출된 Reference Region내에서 SED(Statistical Equi-Distance)를 최대로 하는 좌표값을 Reference Point로 결정하게 된다.

### 1. 서론

현재 정보화 기기들의 발전으로 많은 정보들이 디지털화되고 있고 이러한 분위기 속에서 각종 시설 및 통신 등에 대한 보안의 필요성이 중요한 이슈로 대두되고 있다. 이에 따라 신원 확인 및 인증을 위한 많은 기술들이 소개되고 있으나, 각각 그 취약점을 가지고 있는 것이 현실이다. 최근 들어서는 인간의 생체 자체를 인식하는 기술들이 발표되어 상품화가 진행되고 있다. 기존의 아

이디나 패스워드를 이용한 방법은 기억의 번거로움이 있는 반면에 생체인식은 살아있는 인간의 신체적·행동적 특징을 사용하기 때문에 별도로 사람이 인위적으로 기억하거나 보관할 필요가 없으며, 도용이 힘들다는 점에서 강력한 보안 및 인증 분야의 해결책으로 제시되고 있기 때문이다. 생체 인식에는 지문 인식, 얼굴 인식, 손의 형태 인식, 홍채 및 망막 인식, 정맥 패턴 인식, 귀 인식, 서명 인식 그리고 입술 인식 등이 있다. 그 중에서도 지문 인식은 그 형태가 개개인마다 서로 다르고 태어날 때의 모습 그대로 평생동안 변하지 않는 고유한 특성을 갖고 있으며 식별 성능에 있어서도 홍채 인식과는 달리 사용에 있어서 거부감이 없고 용이하며, 또한 신체적이고 감정적인 특성에 따른 변화를 가지는 음성 인식과는 달리 태어나서 죽을 때까지 불변하는 특성을 가지고 있다. 그리고 사용되는 데이터 양이 작기 때문에 상용화하기가 쉽다. 이러한 이유로 생체 인식 시스템에 있어서 지문 인식시스템이 다른 인식 시스템에 비해 유리하다.

지문 인식에서는 보통 Minutiae 특징점을 기반으로 하는 방법[1]과 Gabor filter 기반으로 하는 매칭[2] 방법이 있다. 이러한 방법들을 적용함에 있어서 매칭에 기준이 되는 동일인에 대해선 항상 일정한 위치를 가지는 reference point가 필요하다.

이러한 reference point는 지문에 있어서 일반적으로는 Singular Point라 불린다. 일반적으로 Core Point와 Delta Point를 지칭한다.

이러한 Singular Point를 찾는 방법으로는 Gray Image로부터 직접 찾는 방법[2]과 세션화 된 영상을 이용하여 찾는 방법[3]이 있다. 이 논문에서는 Gray Image

로부터 reference point를 찾는 방법을 제안하려고 한다.

이 논문에서 제안하는 알고리즘은 기존의 Gray Image로부터 Orientation Field를 계산하고 Field의 sine 요소 값을 분석하는 방법과 유사한 방법이지만 지문의 Gray Image로부터 단지 Staistical한 방법으로 방향 성분을 추출하고 이렇게 얻어진 각 방향 성분들의 거리 차를 측정하여 거리가 일정한 영역, 즉 어떤 거리 상의 모든 방향성 분포를 갖는 영역을 뽑아내어 이 영역 내에서 통계적인 등가 거리의 값이 최소값인 좌표를 SED point를 검출하는 새로운 알고리즘이다. 그리고 SED point는 Reference Point의 새로운 개념이다.

## 2. 본론

이 논문에서 제안한 방법에 대한 전체적인 시스템 흐름은 그림 1과 같다.

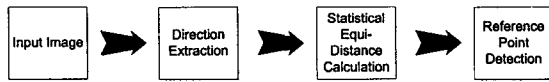


그림 1. 전체 시스템 블록도

입력받은 지문으로부터 지문 내부에 있어서 각 방향 성분의 분포를 분석해낸다(Direction Extraction). 두 번째로는 이렇게 얻어진 방향 성분들의 각 방향 성분들간의 거리를 측정하게 된다. 그리고 나서 모든 방향 분포에 대해서 동일한 거리를 가지는 영역을 검출한 후 이 영역 내에서 통계적인 등가 거리의 값이 최소가 되는 좌표를 Reference Point로 검출하는 것이다.

### 2.1 Direction Extraction

지문의 방향 성분을 추출하기 위해서는 우선 입력 지문 영상으로부터 지문 영역만을 구분해야 한다. 이렇게 구분하기 위해서는 먼저 Block Processing을 수행하여 각 Block의 평균값을 찾아내는 과정을 수행한다. 그리고 나서 이 평균값들을 각 좌표의 Threshold값으로 사용하여 지문 전체 영상을 이진화시켰다(식(1)). 수행된 결과는 그림 2와 같다.

$$B(i,j) = \begin{cases} 0, & A(i,j) > \text{local\_mean} \\ 1, & A(i,j) \leq \text{local\_mean} \end{cases}$$

$$\text{where, local\_mean}(m,n) = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} A(i,j)h(m-i,n-j)$$

N, M: local block size(N = 31, M = 31)

h: normalized 31×31 circle

A: 입력 영상, B: 이진화영상

(1)

지문 방향 성분을 추출하기에 앞서서 이렇게 얻어진 이진 영상(B)으로부터 지문 영역(FR)만을 추출하기 위

해 다음 과정을 수행한다.



입력 영상(A)

이진화 영상(B)

그림 2. 입력 영상과 이진화 영상

그림2.(B)의 일차 이진화 된 영상은 방향 filter를 통해 끊어진 ridge등을 연결하며, 최종적인 지문 영역을 검출한다(식(3)) 방향 filter는 그림 3과 같은 형태에 weight만 반대로 구성되는 unbiased filter이다. 지문의 방향 성분은 크게 4부분 (0°, 45°, -45°, 90°)으로 구성했다. 지문의 각 방향 성분의 분포는 각 방향성을 나타내는 Filter와 지문 영상(FR)과의 2차원 컨볼루션을 통해 얻을 수 있다(식(2)). 이러한 지문의 각 방향성을 찾기 위해 사용되는 filter로는 Gabor filter등 여러 가지가 있으며, 본 연구에서는 그림 3과 같은 간단한 방향 Filter들을 사용하였다.

$$g(m,n) = f * h = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n f(i,j)h(m-i,n-j) \quad (2)$$

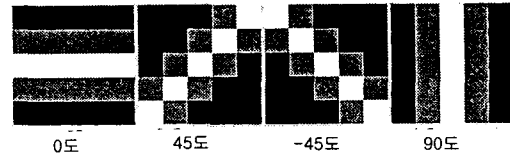


그림 3. 방향 성분 추출 시 사용된 Filter

$$d_0 = B * F_0, d_{45} = B * F_{45}, d_{90} = B * F_{90}, d_{-45} = B * F_{-45}$$

$$d\_0 = d_0 + d_{45} + d_{90} + B * WF_{45}$$

$$d\_1 = d_0 + d_{-45} + d_{90} + B * WF_{45}$$

$$dth0 = \text{thresholding}(d\_0,2), dth1 = \text{thresholding}(d\_1,2)$$

$$dthtotal = dth0 | dth1$$

$$FM(i,j) = \text{local\_mean}(i,j) \times dthtotal(i,j)$$

$$B_1 = \begin{cases} 1, & FM > \text{mean}(\text{find}(FM)) - \beta \times \text{std}(\text{find}(FM)) \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases}$$

$$B_2 = B_1 \& dthtotal, FR = \text{reduce}(B_2 \& \text{morphology}(B_2))$$

$$di0 =$$

where  $WF_i$  = Weak filter

$\beta$ : usually has the value of 0.8

find(X): points that have non - zero value

FM: Masked local mean image

FR: final Region Image of finger print

reduce(X): extract only the segmented finger print region

.....(3)

d0와 d1계산에 있는 WF(weak filter)는 방향 성분 검출이 90도 차이 나는 filter에 비해 약한 weight를 가지고 있는 filter이다. 45도 영역 검출을 하게 되면 약한 값의 -45도의 valley 성분이 검출되는데 이와 같은 방법에 의해 valley 성분을 없애면서 끊어진 ridge성분을 강하게 검출한다. 식(2)의 morphology 부분은 dilation, filling, labeling을 거쳐 가장 큰 labeling영역을 찾게되고, 이 부분만을 extract한 영역이 최종적인 지문 영역(FR)이 된다. 그림 4와 같은 방향 성분만으로 이뤄진 layer는 식(3)에서 계산된 결과를 이용하여 식(4)와 같이 구해진다.

$$di_i = d_i \times FR / \max(d_i), \quad i = 0, 45, 90, -45$$

$$dith_i = \begin{cases} 1 & \text{if } di_i > \alpha \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

where  $\alpha$ : usually has the value of 0.2

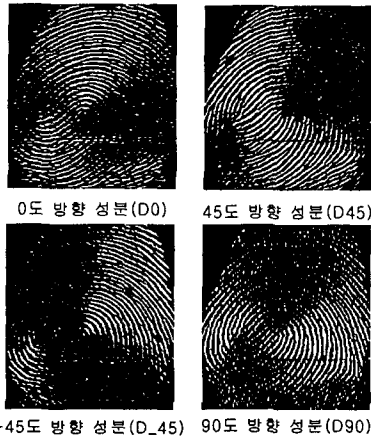


그림 4. 지문의 방향 성분

### 2.3 Statistical Equi-Distance Calculation

Statistical Equi-Distance(SED) point는 한 지점 주변의 각 방향 성분간의 통계적 거리가(Statistical Distance) 최소가 되는 지점이며, point 주변의 방향성분 변화가 심한 특징 점들이 이에 해당한다. 각 방향 성분간의 거리(Statistical Difference Distance)를 구하기 위해서는 식(4)에서 계산된 dith들을 사용하여 먼저 각 방향 성분에 대한 Statistical Distance를 구하게 된다. Statistical Distance를 구하는 과정은 식(5)와 같다.

$$SD(i) = dith_i * H, \quad i = 0, 45, 90, -45$$

where H: 원의 내부값 1, 외부값 0인

61x61 size의 circle

SD: Statistical Distance

(5)

그림 5는 식(5)를 통해 얻어진 SD(0), SD(45), SD(90),

SD(-45)의 Statistical Distance Map을 나타낸다.

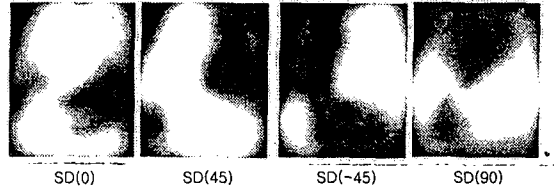


그림 5. Statistical Distance

식(5)를 통해 구한 SD를 가지고 식(6)을 사용함으로써 그림 6과 같은 Statistical Equi-Distance를 구하게 된다.

$$SDD_i(a, b) = |SD(a) - SD(b)|$$

$$SED_i = \alpha + \min(SDD_i) - SDD_i$$

$$SED = \sum_i SED_i$$

where a, b: Combination of Statistical Distance

SDD: Statistical Distance Difference

SED: Statistical Equi-Distance

(6)

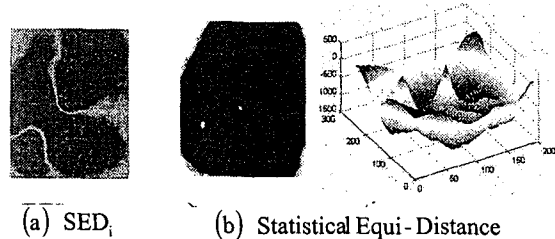


그림 6. SEDi 와 SED

이렇게 구해진 SED는 지문 영역 외에도 의미 없는 영역도 포함하고 있다. 따라서 지문 영역에서 검출된 Reference Point(SED Point)만을 검출하기 위해 식(7)의 과정을 거쳐 Reference Region을 검출하게 된다.

$$GF(i, j) = \frac{1}{N} \{ e^{-\frac{(i^2+j^2)}{\sigma^2}} - \text{mean}(e^{-\frac{(i^2+j^2)}{\sigma^2}}) \}, \quad i^2 + j^2 \leq r^2$$

$$SED = SED * GF$$

$$\text{Threshold} = \text{mean}(SED) - \min(SED) + \alpha * \text{std}(SED)$$

$$\text{Reference Region} = \begin{cases} 1, & SED > \text{Threshold} \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases}$$

where GF: normalized unbiased gaussian filter,

std: Standard deviation

r: circle radius smaller than that of circle used to find SD(i)

we use  $r = 18, \alpha = 0.2, \sigma = 2 \times r$

.....(7)

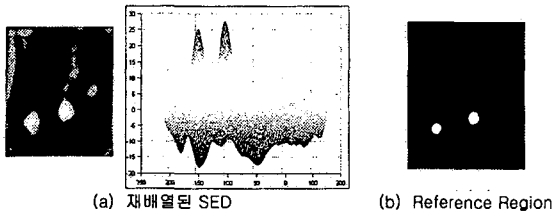


그림 7. 재배열된 SED와 Reference Region

식(7)을 통해 검출된 각각의 Reference Region에서의 SED가 최소값을 갖는 위치를 최종적인 SED Point의 좌표로 결정하고 Reference Point로 사용하게 된다. 검출된 결과는 그림 8과 같다.



그림 8. SED Point Detection

### 3. 실험 결과

본 논문에서 사용된 지문 캡처 센서는 LCD Type이고, 256\*256 size, 400dpi, gray level값을 갖는 지문을 캡처하여 실험하였다. 총 지문 데이터는 5명의 사람에게 대해 각각 20개의 지문 데이터를 실험에 사용하였다.

표 1은 실험 결과를 나타낸다. 대부분의 지문들이 6pixel 이내의 범위 안에서는 동일한 point로 인식함을 알 수 있다. 그리고 그룹 B인 경우 2번에 걸쳐 Reference Point 검출을 놓치게 되었다. 이것은 Reference Point가 지문 영역의 가장 자리에 놓여 있는 경우에 발생하였다. 그리고 그림 9는 실험 결과 예를 보여준다.

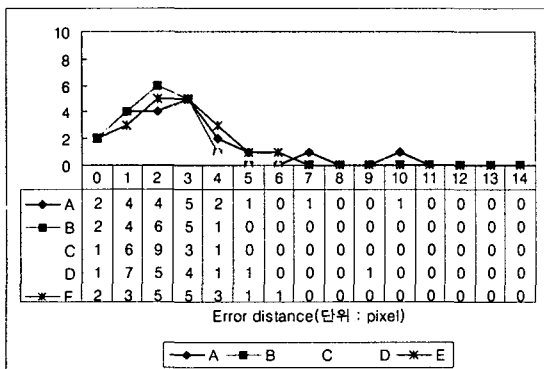


표 1. 실험 결과

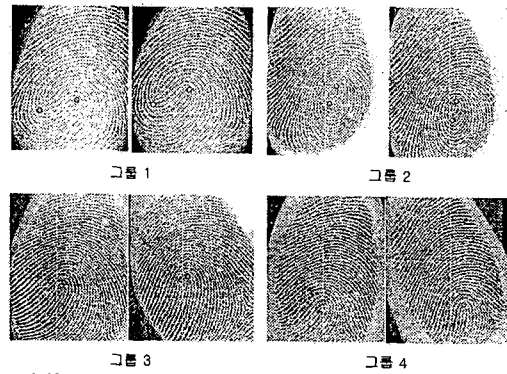


그림 9. 동일 그룹에 대한 알고리즘 적용 결과

### 4. 결론

본 논문에서는 지문의 Reference Point를 검출함에 있어서 Gray Image로부터 Reference Point를 검출하는 새로운 알고리즘을 제안하였다. 기존의 방법[2]은 지문의 기하학적인 방향성에서 정보를 얻어내기 위해 추가적인 방법을 필요로 한다. 그러나 본 논문에서 제안한 방법으로는 지문의 기하학적인 성분을 조사하지 않고 단지 방향성 Filtering에 의해서 얻은 정보만을 가지고 통계적인 Distance를 측정하여 Reference Point를 검출할 수 있다. 또한 이 방법은 통계적인 방법을 사용했기 때문에 지문의 Rotation, Translation, 그리고 Scaling에 있어서도 강인한 알고리즘임을 알 수 있다.

### 참고 문헌

- [1] A.K. Jain, L. Hong, R. Bolle, " On-Line Fingerprint Verificaion" IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 19, no. 4, pp. 302-313, April, 1997.
- [2] Anil.K. Jain, Salil Prabhakar, Lin Hong, and Sharath Pankanti, "Filterbank-Based Fingerprint Matching" IEEE Transactions on Image Processing, vol.9, no. 5, pp. 846-859, May., 2000.
- [3] Ching-Tang Hsieh, Zhuang Yuan Lu, Tan Chi Li, and Kung Chen Mei, "An effective method to extract fingerprint singular point" High Performance Computing in the Asia-Pacific Region, 2000. Proceedings. The Fourth International Conference/Exhibition on , vol. 2, pp. 696-699, 2000.