

## 방향 정보를 이용한 지문 영상의 품질 측정

이 상 훈, \*임 덕 선, 김 제 희  
연세대학교 전기전자 공학과, 생체인식 연구센터, \*(주)우량정보  
전화 : 02-2123-6605 / 핸드폰 : 017-212-3772

### Quality measures of Fingerprint images using the orientation

Sanghoon Lee, Ducksun Im, Jaihie Kim  
Biometric Engineering Research Center, Yonsei University  
E-mail : [hoony@yonsei.ac.kr](mailto:hoony@yonsei.ac.kr)

#### Abstract

Since degraded region of input image can cause false minutiae which lead to decrease identification performance, use minutiae belong to only good quality to ensure true minutiae. This paper suggests image quality measuring method with respect to local and global orientation of ridges. In order to verify a suggested method, PDFs of quality indices derived by local and global feature are computed and then, classifying each image block using Bayesian decision theory.

#### I. 서론

일반적인 지문 인식 시스템에서는 융선의 특징(Minutiae)들을 자신과 타인을 구별하는데 이용한다. 그러므로 융선에 존재하는 특징점을 손실없이 정확하게 찾는 것은 중요하다. 지문 영상의 융선 정보는 환경적, 물리적 요인-손가락의 습도나 상처, 손가락을 센서에 누르는 압력 등-에 의해 민감하게 영향을 받는다. 이러한 요인으로 인하여 품질이 저하된 지문 영상에서는 실제 특징점을 찾지 못하거나 가짜 특징점을 발생시킬 수 있다. 가짜 특징점은 인식 성능을 저하시키는 원인이 된다. 따라서 이러한 문제점을 극복하기 위하여 입력 지문 영상의 품질이 좋은 영역에서 추출된 특징점만을 정합에 사용해야 한다. 품질 측정방법

은 최근에 많은 연구가 이루어졌다.[3,4,5] Bolle, et al[3]은 방향이 있는 지역과 방향이 없는 지역의 명암 비율을 품질측정에 사용하였고 Shen, et al[4]은 가버 필터뱅크의 응답 영상의 분산값 중 최소/최대 비율을 품질측정에 이용하였다. 이러한 방식은 지문의 지역적인 정보만을 이용하고 전체적인 지문의 흐름 정보를 사용하지 않은 단점이 있다. 또한 Shen의 방법은 가버 필터뱅크의 응답을 구하기 위하여 복잡한 계산 과정이 소요되는 단점이 있다. Ratha and Bolle [5]은 지문 영상의 압축 알고리즘인 WSQ(Wavelet Scalar Quantization)를 이용하여 지문의 품질을 측정하였다. 이 방식은 WSQ로 압축되지 않은 영상은 WSQ 변환해야하는 단점이 있다.

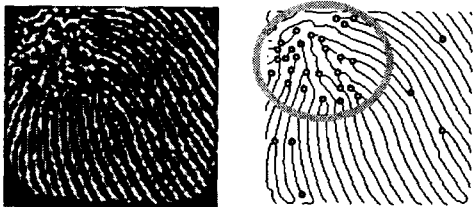
본 논문에서는 지문 영상의 품질 측정 요소로 융선의 방향 정보를 이용하여 영역별로 품질을 측정하는 방법을 제시하였다. 2장에서는 품질 측정 방법에 대하여 소개하고, 3장에서는 품질 측정값에 따른 품질의 분류방법을 설명하고, 4장에서는 앞장에서 제안한 방법을 실험을 통해서 제안한 알고리즘을 정량적으로 평가하였다.

#### II. 품질 측정 방법

##### 2.1. 지문 영상 품질 검사

입력된 지문 영상의 품질을 검사하기 위해 영상을

여러 개의 블록으로 나누어서 블록별로 품질을 검사하였다. 지문 영상에서 실제 특징점을 추출할 수 있는 영역을 품질이 좋은 영역, 가짜 특징점이 추출되는 영역-그림 1(b)의 원의 내부-을 품질이 나쁜 영역이라 정의하였다. 지문 영상의 품질 측정은 지문의 지역적인 특성과 전역적 특성 두 부분으로 나누어서 측정하였다.



(a) 원영상 (b) 세선화 영상  
그림 1. 지문 영상 품질에 따른 특징점 추출  
대한 영향

### 2.2. 지역적인 지문 영상 품질 측정

지문 영상에서 품질에 따른 지역적인 특성의 차이는 그림 2.3(b),(d)와 같이 품질이 좋은 지역은 지문 융선의 구조가 일관된 방향을 갖고 품질이 나쁜 지역은 지문의 융선구조가 거의 변화가 없거나 불규칙한 방향

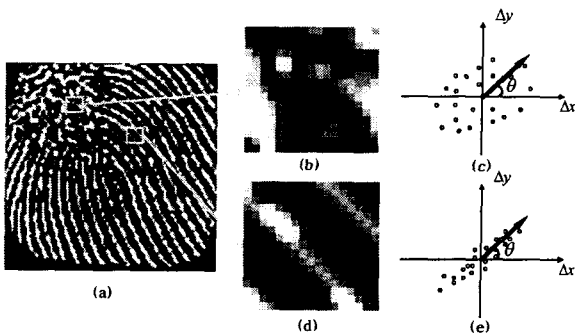


그림 2. 지역적인 특성을 이용한 품질측정  
(a)입력영상,(b)품질이 나쁜 지역,(c) (b)지역의 기울기 분포,(d)품질이 좋은 지역, (e) (d)지역의 기울기 분포

을 갖는 것을 볼 수 있다. 이런 특성을 이용하여 그림 2(c)(e)와 같이 측정 블록 내부의 픽셀 기울기 (Gradient) 방향의 일관성(Coherence)[6]을 측정하여 지문의 품질을 측정하였다. 일관성을 지역적인 지문 영상의 품질값( $Q_c$ )으로 하였고 식(1) 과정을 통해서 구할 수 있다.[7]

$$Coh = \frac{\sqrt{(G_{xx} - G_{yy})^2 + 4G_{xy}^2}}{G_{xx} + G_{yy}} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} G_{xx} \\ G_{yy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_x G_x^2 \\ \sum_y G_y^2 \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} G_x : \text{Gradient vector } x \\ G_y : \text{Gradient vector } y \end{matrix}$$

### 2.3. 전역적인 지문 영상의 품질 측정

지문의 융선의 흐름은 천천히 변하는 특성이 있다. 이런 특성을 이용하여 그림 3(c)와 같이 품질이 좋은 지역에서는 인근 블록간의 방향의 변화는 거의 없고, 그림 3(b)와 같이 품질이 나쁜 지역에서는 인근 블록간의 방향의 상관성이 없어서 변화가 큰 것을 볼 수 있다. 이러한 특성을 이용하여 주위 블록들 간에 방향의 분산(Circular variance)[8]을 구하여 전역적인 지문 영상의 품질을 측정하였다. 전역적인 지문 영상의 품질값( $Q_o$ )을 구하는 방법은 식(2)와 같다.

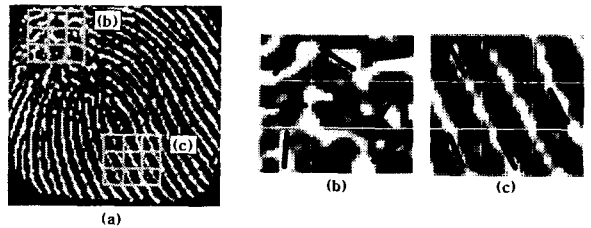


그림 3. 주변 블록의 방향 변화를 이용한 품질 측정  
(a)입력영상, (b)품질이 나쁜 영역, (c)품질이 좋은 영역

$$Q_o = 1 - V \quad (2)$$

$$V = 1 - \sqrt{\bar{C}^2 + \bar{S}^2} : \text{Circular Variance}$$

$$\bar{C} = \frac{1}{W} \sum_{j=1}^W \cos \theta_j, \quad \bar{S} = \frac{1}{W} \sum_{j=1}^W \sin \theta_j$$

W : 주변블록 개수

$\theta_j$  : 주변 블록의 j번째 블록 방향

## III. 품질 분류 방법

### 3.1 개별적인 품질 측정

100개의 지문 영상에서 추출된 특징점 4492개의 특징점을 2.1절의 정의를 기준으로 품질이 좋은 3316개의 영역과 품질이 나쁜 1176개의 영역을 품질에 따라

분류하였다. 분류되어진 학습 데이터를 이용하여 품질이 좋은 영역과 나쁜 영역을 지역적인 품질측정값과 전역적인 품질 측정값에 따른 확률 밀도 분포를 그림 4, 5와 같이 구할 수 있다.

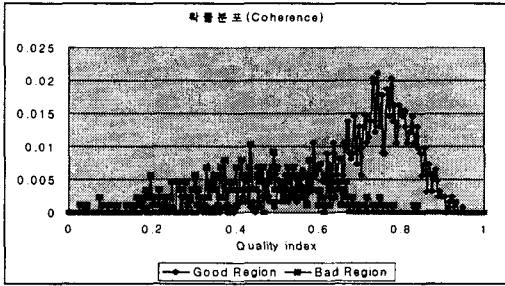


그림 4. 지역적인 특성의 확률 밀도 분포

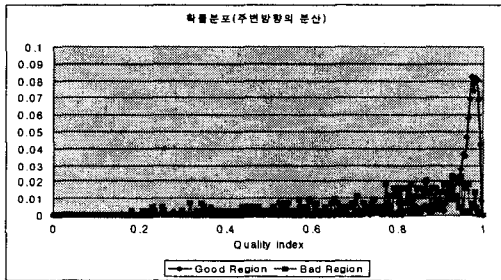


그림 5. 전역적인 특성의 확률 밀도 분포

그림 4, 5는 지역적, 전역적인 품질 측정 방법으로 좋은 영역은 높은 품질값을 갖고 나쁜 영역은 낮은 품질값을 갖는 것을 볼 수 있다. 즉, 방향이 품질에 따라 품질을 나누는 결정 요소로 사용할 수 있음을 보여준다.

### 3.2 분류 방법

본 절에서는 이러한 두 개의 특성을 함께 고려하기 위해 지역적인 특성과 전역적인 특성이 독립적인 관계인지 조사하기 위하여 공분산(Covariance)를 구하였다.

$$Cov = \begin{bmatrix} 0.032534 & 0.018512 \\ 0.018512 & 0.019845 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{00} & \sigma_{01} \\ \sigma_{10} & \sigma_{11} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\sigma_{ii} \gg \sigma_{ij} (i \neq j)$$

식(3) 에서와 같이 대각선상의 값이 비대각선상의 값에 비해서 상대적으로 크지 않은 것을 볼 수 있었다. 그러므로 두 개의 품질 측정 방법은 독립이라고 볼 수 없다. 따라서 식(4)와 같이 품질에 따른 지역적인 품질

값과 전역적인 품질값의 2차원 가우시안의 확률 분포로 가정하였다.

$$p(X|W_i) = \frac{1}{2\pi \times |\Sigma|^{1/2}} \exp \left[ -\frac{1}{2} (X - \mu)' \Sigma^{-1} (X - \mu) \right] \quad (4)$$

$\Sigma$  : Covariance Matrix

$$X = [Q_c \ Q_o]^T, \mu = [\mu_c \ \mu_o]^T$$

$Q_c$  : 지역적인 특성의 품질값

$Q_o$  : 전역적인 특성의 품질값

$\mu_c$  : 지역적인 특성의 품질의 평균값

$\mu_o$  : 전역적인 특성의 품질의 평균값

$W_i$  :  $i=0$  좋은 영역,  $i=1$  나쁜 영역

$$p(W_i | X) > p(W_j | X) \Rightarrow W_i \text{ 선택} \quad (5)$$

분류 방법은 입력된 지문 영상의 한 블록에서 얻어진 각각의 품질값들을 이용하여 그 블록의 품질을 판단할 때 에러를 최소화하기 위하여 식(5)와 같이 Bayesian Theorem을 이용하였다.

## IV. 실험

본 실험은 136명의 지문을 임의의 1장을 등록하고 1113장의 지문 영상을 검증에 사용하였다. 136명의 지문을 등록시 등록 거부나 검증시 입력 영상을 거부하지 않은 조건으로 테스트 하였다. 지문 영상은 광학방식의 지문센서로 취득하였다.(영상 크기 : 248\*292, 실험환경 : Pentium IV - 2Ghz)

제안한 지문의 품질 측정에 따른 인식 성능을 확인하기 위하여 2가지 실험을 하였다. 지역적/전역적인 품질 측정 방법을 개별적으로 이용하여 품질측정을 하지 않았을 때와 검증 성능을 비교하였다.

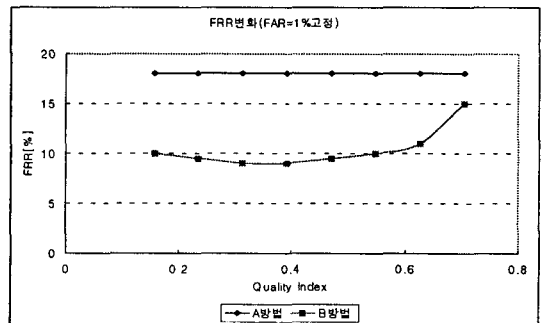


그림 6. 기존 방식과 지역적인 품질측정에 따른 검증 성능 비교

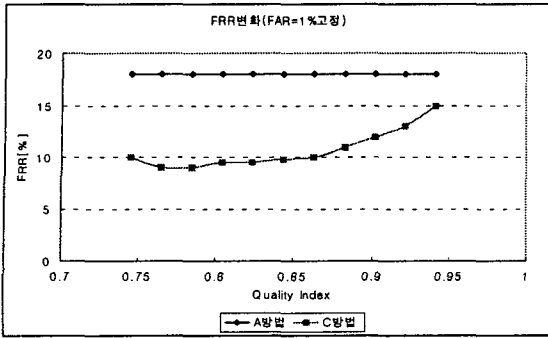


그림 7. 기존 방식과 전역적인 품질측정에 따른 검증 성능 비교

그림 6과 그림 7은 품질측정을 하지 않은 방법(A방법)과 지역적인 품질 측정(B방법), 전역적인 품질 측정(C방법)과의 검증 성능을 품질의 기준 임계값을 변화시키며 비교하였다. FAR(False Acceptance rate)을 1%로 고정 했을 때 FRR(False Reject Rate)이 A방법에 비해서 B방식이 최대 9%, C방식은 최대 8.8%감소하는 것을 볼 수 있었고 지역적/전역적인 특성(D방식)을 모두 고려한 방식은 10%감소하는 것을 볼 수 있었다. 검증률 전체를 비교하기 위하여 그림 8과 같이 ROC를 비교하였다. 그림 8의 B, C방식은 그림 7에서 가장 FRR이 낮을 때의 ROC를 나타낸 것이다. 각각을 개별적으로 품질측정을 했을 때 비해 두 특징을 함께 고려했을 때 성능이 나아진 것을 볼 수 있었다.

표 2. 품질 측정 방법에 따른 성능 비교

품질 측정 방법	FAR	FRR
A	1%	18.0%
B	1%	9%
C	1%	9.2%
D	1%	8%

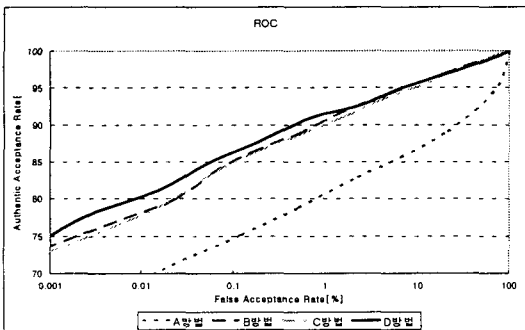


그림 8. ROC(Receiver Operating Curves)

### V. 결론 및 향후 연구 계획

본 논문에서는 지문 영상의 품질 측정 요소로 옵션의 방향 정보를 이용하여 영역별로 품질을 측정하는 방법을 제시하였다. 지문의 지역적인 특성과 전역적인 특성을 동시에 고려하여 품질을 측정하였다. 실험 결과 새로 제안한 두 특성 품질값을 Bayesian Theory를 이용하여 분류하였을 때 성능이 좋아짐을 알 수 있었다. 향후에는 지문의 영역별 품질 측정 결과를 이용하여 지문 영상 전체의 품질을 판단하여 인식할 수 없는 영상이 들어왔을 때 거부하는 알고리즘에 대한 연구와 인식 성능을 높이기 위하여 등록 조건(등록 거부율)에 따른 인식 성능에 대한 연구가 필요하다.

### Acknowledgement

본 연구는 한국과학재단 생체인식 연구센터(BERC)의 지원으로 수행 되었습니다.

### 참고문헌

- [1] L. Hong, Y. Wan, and A. Jain, "Fingerprint Images Enhancement Algorithm and Performance Evaluation," IEEE Trans. on PAMI Vol.20, No.8, pp 777-789, 1998
- [2] A.K. Jain, R. Bolle and S. Pankanti, "BIOMETRICS: Personal Identification in Networked Society," Kluwer Academic Publishers Group, 1999 Multipoint Call/Connection Control," Sep. 1994.
- [3] Bolle et al, "System and method for determining the quality of fingerprint images", United State Patent number, US5963656, 1999
- [4] L.L.Shen, A. Kot and W.M Koo, "Quality Measures of Fingerprint Images", 3rd International Conference AVBPA 2001, p182-271, June 2001
- [5] Nalini K. Ratha, Ruud Bolle, "Fingerprint Image Quality Estimation", IBM Computer Science Research Report RC21622, 1999
- [6] M. Kass and A. Witkin, "Analyzing Oriented Patterns", Computer Vision, Graphics, and Image Processing, vol. 37, no. 3, pp.362-385, Mar. 1987
- [7] Asker M. Bazen and Sabin H. Gerez, "Systematic Methods for the Computation of the Directional Fields and Singular Points of Fingerprints
- [8] K.V.Mardia and P.E.Jupp. "Directional Statistics", John Wiley Sons Ltd, 2000