

# 통계적 접근 방법에 의한 지문영상의 품질 측정

김봉구<sup>0</sup> 김익동 심재창  
안동대학교 컴퓨터공학과

bgcim@hanmail.net<sup>1)</sup>, {kid7, jcshim}@andong.ac.kr

## Quality Measurement of Fingerprint Image by Statistical Approaches

Bong-Gu Kim<sup>0</sup> Ik-Dong Kim Jae-Chang Shim

Dept. of Computer Engineering, Andong National University

### 요 약

생체인증에서 가장 많이 활용되고 있는 지문은 다른 생체 인증에 비해 시스템 구축 및 유지비용이 적게 들며 사용자에게 거부감을 적게 주는 장점을 가지고 있다. 하지만, 입력되는 지문 영상의 상태가 가변성이 크다는 큰 단점이 있다. 즉, 획득 장치의 성능과 획득되는 과정에서 물기, 땀, 불순물, 압력의 차이 등으로 인해 입력될 때마다 영상의 품질이 달라질 수 있다는 의미이다. 이것은 인식의 성능을 떨어뜨리는 요인으로 작용하게 되는데, 이러한 약점은 인식 과정 전에 지문 영상의 품질 판정을 삽입함으로써 해결할 수 있다. 본 논문은 지문의 품질 판정 방법으로 통계적 측정치인 표준편차(standard deviation), 왜도(skewness), 그리고 첨도(kurtosis) 등을 이용하였으며, 판정된 품질에 따른 적응성 알고리즘을 적용시켜 지문 인식의 성능을 극대화시킬 수 있도록 제안하였다.

### 1. 서 론

영상의 품질에 대한 판단을 내릴 때 인간은 시각에 의한 장기간의 학습을 바탕으로 한다. 이와 마찬가지로 컴퓨터도 이러한 판단을 내리기 위해 다양하고 많은 지문에 대해 지문영상의 품질을 학습시키며, 거기서 나온 측정치를 분석하여 그 품질을 판단하게 된다. 이러한 품질 측정은 지문 인식의 성능을 크게 높일 수 있다. 즉, 저품질의 지문영상은 거부(reject) 시키고 고 품질의 지문영상은 바로 인식에 사용하며 중간 정도의 품질은 영상향상 기법을 거쳐서 인식의 성능을 높이게 된다. 이에 본 논문은 먼저 영상향상 기법과 관련하여 품질을 분류하고, 그 품질을 분류할 수 있는 단일 측정치 두 가지를 구하고자 한다. 품질의 정도에 관한 측정치와 품질의 특성을 파악할 수 있는 측정치이다. 이 측정치들을 구하기 위한 방법은 통계적인 개념으로 접근을 하였다.

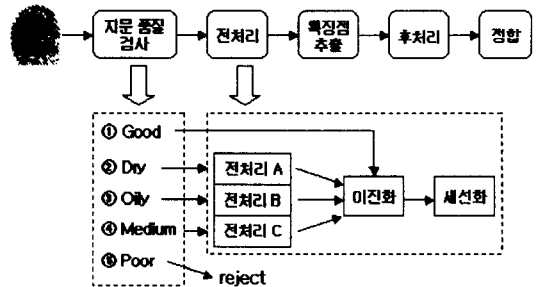
현재 지문영상의 화질에 대한 연구로는 K.Yamato는 세션화 영상을 대상으로 화소수를 이용하는 방법을 제안하였고, T. Kanaoka는 이진 영상(binary image)을 대상으로 방향성 특성과 화질 사이의 관계를 나타내는 자기상관함수를 이용하는 방법을 제안하였다[1][2][3].

본 논문에서는 품질을 측정하기 위해서 히스토그램의 분포를 나타내는 표준편차, 왜도, 그리고 첨도 등의 측정치를 중심으로 사용하는데, 먼저 지문 영상의 전경과 배경을 분리한다. 배경 영역은 품질의 측정에 이상작용을 하기 때문이다. 다음에 중요한 것이 블록의 크기 설정이다. 융선의 굵기가 블록의 크기보다 크게 되면 블록별 편차가 아주 커지게 된다. 가장 좋은 블록의 크기는 한 블록에 융선(ridge) 영역과 골(valley) 영역의 분포가 비슷하게 될 정도의 크기이므로 블록의 크기는 영상의 크기에 비례해야 한다. 여기에서 사용되는 측정치들은 평균, 표준편차, 왜도, 첨도, 왜도 표준편차, 첨도 표준편차를 이용하였다. 표준편차, 첨도는 영상의 품질 정도를 측정하는데 쓰이고 왜도 표준편차, 첨도 표준편차는 영상의 특성을 알아내는데 주로 사용이 된다.

### 2. 제안된 지문 영상의 품질 측정 방법

#### 2.1 지문 영상의 품질 분류

보통 지문의 품질은 Good과 Poor로 나누고 지문의 상태를 Dry, Neutral, 그리고 Oily 3가지로 나누고 있다[4]. 본 논문에서도 그러한 분류를 따르고는 있지만, 그림1과 같이 전처리와 연관지어서 5가지로 품질을 나누었다.

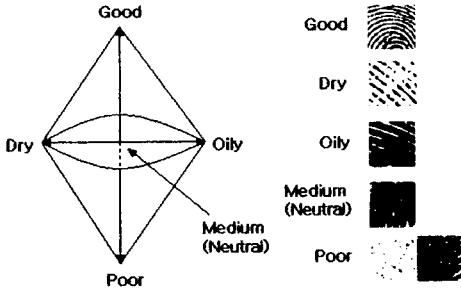


[그림 1] 지문 품질 측정과 지문 인식 과정

좋은(Good) 품질은 융선과 골의 경계가 선명하기 때문에 특별한 영상 향상 기법 없이 이진화가 가능한 품질이다. 건조한(Dry) 품질은 주로 건조한 지문에서 얻어지는 영상으로 융선과 골의 명암차가 크지 않고 지문의 융선이 끊어지는 부분을 많이 볼 수 있다. 이 품질은 그림1의 전처리A에 융선 보정 작업을 고려하여야 한다. 습한(Oily) 품질은 주로 습한 지문에서 얻어지는 영상으로 융선과 골의 구분이 선명한 영상이 많지만 골의 일부분이 메워져서 검게 뭉쳐져 보이거나 융선과 융선이 연결되는 영역을 많이 볼 수 있다. 이 품질은 그림1의 전처리B에 융선 간 분리 작업을 고려하여야 한다. 중간(Medium) 품질은 Dry나 Oily한 특성은 없지만 융선과 골의 구분이 선명함이 약하고 잡음이 있는 영상이다. 이 품질은 그림1의 전처리C에 영상의 선명도를 향상시키거나 잡음 제거 작업을 고려하여야 한

다. 나쁜(Poor) 품질은 Dry나 Oily한 특성이 너무 심각하여 복원 불가능하거나 용선과 골의 구분이 불명확하기 때문에 거부(Reject) 시켜야 한다.

그림2는 그림1에서 분류한 지문 품질 사이의 관계에 대한 표현과 해당 품질별 간단한 예를 보여주고 있다.



[그림 2] 지문 품질 분류

2.2 지문 영상의 품질 측정을 위한 통계적 측정치

지문 영상의 품질을 측정하기 위해서는 먼저, 지문 영역인 전경과 배경을 분할해서 배경은 제외해야 한다. 배경을 포함한 상태에서 품질을 측정하게 되면 측정치에 이상 작용을 하게 되기 때문이다. 본 논문은 에지 성분의 크기와 방향을 이용하는 알고리즘[5]을 사용하였다. 다만, 뭉쳐진 영역을 포함 시키기 위해 화소값 평균이 어두운 블록은 포함을 시켰다. 품질을 판정하는 측정치 요소는 다음과 같다.

(1) 블록별 평균 BM과 표준편차 S를 구한다.

$$BM = \frac{1}{WW} \sum_{j=1}^W \sum_{i=1}^W P(i, j) \quad (1)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{WW} \sum_{j=1}^W \sum_{i=1}^W (P(i, j) - BM)^2} \quad (2)$$

여기서 W는 블록의 크기를 나타내고, P(i, j)는 i, j 지점의 화소값을 나타낸다.

(2) 블록별 왜도 K와 첨도 Q를 구한다. 블록별 왜도와 첨도는 뒷부분의 왜도 표준편차와 첨도 표준편차를 구하기 위해서 필요하다.

$$K = \frac{1}{S^3} \cdot \frac{1}{WW} \sum_{j=1}^W \sum_{i=1}^W (P(i, j) - BM)^3 \quad (3)$$

$$Q = \frac{1}{S^4} \cdot \frac{1}{WW} \sum_{j=1}^W \sum_{i=1}^W (P(i, j) - BM)^4 - 3 \quad (4)$$

(3) 다음은 전체 영상에 대한 평균  $\mu_p$ 과 그 평균에 대한 표준편차  $\sigma_p$ 를 구하는 식으로  $\sigma_p$ 는 용선 영역과 골 영역의 평균차를 알려준다.

$$\mu_p = \frac{1}{XY} \sum_{j=1}^Y \sum_{i=1}^X P(i, j) \quad (5)$$

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{1}{XY} \sum_{j=1}^Y \sum_{i=1}^X (P(i, j) - \mu_p)^2} \quad (6)$$

여기서, X는 영상의 넓이, Y는 영상의 높이를 나타낸다.

(4) 다음은 전체 영상에 대한 왜도 SKEW와 그 왜도에 대한 표준편차  $\sigma_{SKEW}$ 를 구하는 식이다. 왜도는 자료들의 분포에서 기울어진 방향과 그 정도를 알 수 있으며, 그 표준편차

는 왜도에 대한 편차를 알려준다.

$$SKEW = \frac{1}{\sigma_p^3} \cdot \frac{1}{XY} \sum_{j=1}^Y \sum_{i=1}^X (P(i, j) - \mu_p)^3 \quad (7)$$

$$\sigma_{SKEW} = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N (K(i, j) - SKEW)^2} \quad (8)$$

여기서 M은 x축 방향으로의 블록 갯수이고, N은 y축 방향으로의 블록 갯수이다. 위 식(7)의 왜도 SKEW 값이 0이면 분포가 대칭을 이루고, SKEW>0이면 꼬리가 오른쪽으로 기울어진 분포, 반대로 SKEW<0이면 꼬리가 왼쪽으로 기울어진 분포의 형태를 가진다. 즉, 왜도 값이 양의 값으로 크면 클수록 용선의 굵기가 크거나 골 영역에 잡음이 많으며, 음의 값으로 크면 클수록 골의 굵기가 크거나 용선 영역의 잡음이 많다는 것을 의미한다.

(5) 다음은 전체 영상에 대한 첨도 KURTO와 그 첨도에 대한 표준편차  $\sigma_{KURTO}$ 를 구하는 식이다. 첨도는 평균을 중심으로 한 분포의 퍼져 있는 정도를 측정하는데 이용된다. 즉, 분포가 대략 대칭이라고 할 경우 데이터들이 중앙에 집중되어 있는지, 꼬리 부분에 많이 퍼져 있는지를 알 수 있게 해 준다.

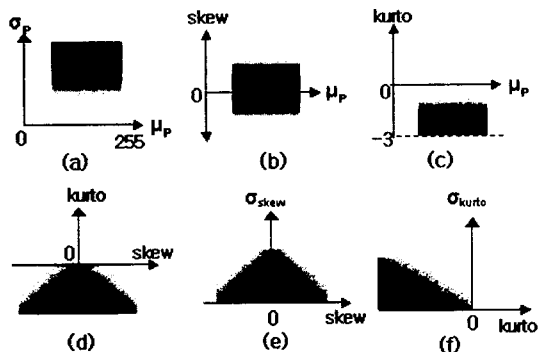
$$KURTO = \frac{1}{\sigma_p^4} \cdot \frac{1}{XY} \sum_{j=1}^Y \sum_{i=1}^X (P(i, j) - \mu_p)^4 - 3 \quad (9)$$

$$\sigma_{KURTO} = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N (Q(i, j) - KURTO)^2} \quad (10)$$

첨도 KURTO의 값이 0이면 정규분포이며, KURTO>0 이면 정규분포보다 중심에 데이터가 집중되어 있고 꼬리 부분에서는 상대적으로 데이터수가 적다는 것을 의미한다. 상대적으로 KURTO<0이면 정규분포보다 더 납작하게 퍼져 있는 분포로 꼬리 부분으로 데이터가 퍼져 있다는 것을 의미한다. 즉, 첨도의 값은 크면 클수록 데이터가 밀집되어 있기 때문에 용선과 골의 구분이 어려운 영상이라는 것을 나타낸다.

2.3 지문 영상의 품질 판정

앞 절에서 본 논문에서 지문 품질을 판단하는 근거인 측정치들에 대해 소개하였다. 이러한 측정치들이 품질과 어떠한 연관성이 있는지를 그림3과 같이 그래프로 표현을 할 수 있다.



[그림 3] 각 측정치들과 품질과의 관계

(a)평균vs표준편차 (b)평균vs왜도 (c)평균vs첨도 (d)왜도vs첨도 (e)왜도vs왜도표준편차 (f)첨도vs첨도표준편차

여기에서 영역이 칠해져 있는 것을 볼 수 있는데, 색이 검은 색에 가까울수록 좋은 품질에 가깝다고 볼 수 있다. 물론, 품질 뿐 아니라 2.2절에서 설명한 특징치들의 특성들과 품질과의 관계도 그래프에 드러난다. 간단한 예를 들면, 점도, 왜도 표준편차, 또는 점도 표준편차가 높고 왜도가 낮다면 용선 영역이 적으면서 단선된 영상이 많이 나온다. 하지만, 점도, 왜도 표준편차, 또는 점도 표준편차가 높으면서 왜도가 높다면 용선이 굵고 뭉친 영역이 있는 영상이 많이 나오게 된다.

$$Quality = \sigma_p - 50 \times KURTO \quad (11)$$

$$Characteristic = SKEW \times \sigma_{SKEW} \times \sigma_{KURTO} \times (3 + KURTO) \times 10$$

품질을 판정하기 위해 식11과 같이 두 가지의 임계치를 생성하였다. Quality는 영상의 품질을 판정하고 Characteristic은 영상의 특성을 판정하는 기준으로 사용했다. 이 임계치들은 그림3에서 나타난 특성들을 조합해서 생성했다.

### 3. 실험 및 분석 결과

실험에 사용한 컴퓨터는 펜티엄 III 866MHz, 256MB 메모리, Windows 2000 Professional 환경 하에서 실험하였으며 개발 툴은 마이크로소프트사의 Visual Studio.NET의 C++ 언어를 사용하였다. 실험에 사용한 지문 영상의 데이터는 FVC2000 지문 데이터베이스를 대상으로 하였으며, 블록의 크기는 'W = 영상의 넓이(X)/30'으로 하였다.



[그림4] 지문품질의 종류별 예(영상:FVC2000 Database 발췌)  
(a) DB2\_B-106\_8.tif (b) DB2\_B-107\_1.tif (c) DB2\_B-109\_3.tif  
(d) DB1\_B-102\_1.tif (e) DB2\_B-108\_1.tif (f) DB3\_B-105\_1.tif

위 그림4는 FVC2000 Database에서 각 품질의 특성에 맞는 지문을 추출한 것이다. (a) Good, (b) Dry, (c) Oily, (d) Medium, (e) Oily(reject), (f) Dry(reject).

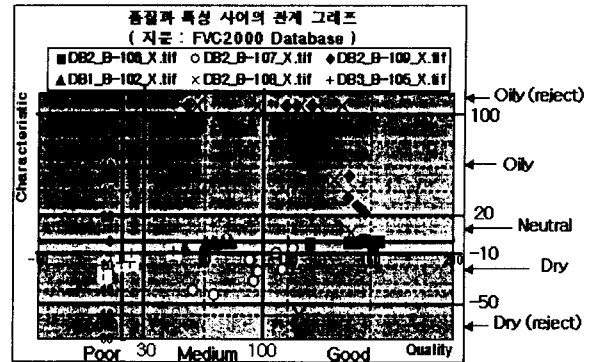
[표1] 그림4의 측정치들 Q:Quality, C:Characteristic

지문	$\mu_p$	$\sigma_p$	skew	$\sigma_{skew}$	kurto	$\sigma_{kurto}$	Q	C
(a)	198.59	55.77	-0.29	0.55	-1.71	0.82	141.27	-1.69
(b)	204.60	46.84	-1.02	0.66	-0.2	2.35	56.84	-44.3
(c)	176.82	57.67	0.3	1.37	-1.7	5.68	142.67	30.35
(d)	163.5	27.2	-0.13	0.42	-0.78	0.49	66.2	-0.59
(e)	154.9	59.96	0.77	1.51	-1.18	7.04	118.96	148.97
(f)	196.82	35.67	-0.80	0.53	0.95	1.65	-11.83	-27.6

표1은 그림4에 대해 계산된 측정치이며, 그림5는 그림4의 지문들이 속해있는 지문 데이터 각 8개를 균집으로 처리한 것이다. Characteristic 값이 양의 값으로 크면 클수록 뭉쳐진 영상이 나올 가능성이 크고, 음으로 작으면 작을수록 단선된 영상이 나올 가능성이 크다.

실험 결과 나온 문제점은 두 가지이다. 첫째는 용선의 굵기가 블록의 크기와 비슷한 경우에는 뭉쳐진 정도가 심한 영상으로 나왔다. 둘째는 FVC2000의 DB4\_B Database에 있는 영상은 대부분 단선된 영상으로 분류를 하여야 하는데, 일부 영상들이 단선의 특징이 없는 것으로 나타났다. 즉, 지문영상의 명암값은 히스토그램으로 표현할 경우 용선 영역과 골 영역의 바이모달

(bi-modal)의 형태를 보이는데, 이 영상들의 특징은 그 구분이 없는 균일한 분포를 보였다. 그리고, 명암값의 대비(Contrast)가 크다는 공통점이 있다.



[그림 5] 각 측정치별 분포도  
(characteristic >= 110 이면 characteristic = 110)

### 4. 결론

본 논문에서는 지문영상의 품질을 측정하는데 있어서 통계적인 방법을 제안하였고, 영상의 품질을 판정하는 임계치와 특성을 판정하는 임계치 두 개를 생성하였다. 이 방법은 잡음이 아주 심한 영상 이외에는 품질과 특성 모두가 잘 드러났다. 제안한 방법에 잡음 및 거친 정도를 측정하는 임계치를 하나 더 추가하게 되면 좀 더 세밀하고 정확한 분리가 가능할 것이다. 지문 인식에서는 입력지문의 질에 따라 인식률이 크게 차이가 난다. 하지만, 전처리 기법을 일괄적으로 처리하지 않고, 영상의 품질에 적합한 전처리를 하게 되면 지금보다 더 정확한 시스템 개발이 가능해진다. 차후 연구는 잡음의 정도를 판단하는 임계치 생성과 제안된 방법으로 분류된 지문영상 품질의 특성과 전처리 사이의 매칭에 대한 연구를 할 예정이다.

### 참고 문헌

- [1] K. Yamato, Y. Hata, N. Yazu and S. Hashimoto : "Fingerprint identification system by ravine thinning", The Transactions of the IEICE, J71-D, 2, pp. 327-335, 1988.
- [2] Taiho KANAOKA, Masanori WATANABE, Yoshihiko HAMAMOTO and Shingo TOMITA : "On a criterion for fingerprint image quality using the autocorrelation", The Transactions of the IEICE, Vol. E72 No. 6, pp. 698-701, 1989.
- [3] 박윤식, "적응성 영상개선을 위한 지문영상의 방향성 특성과 화질의 관계 분석", 한국통신학회 논문지, Vol.23, No. 4, 1998-4.
- [4] L.C. Jain, U. Halici, I. Hayashi, S.B. Lee, S. Tsutsui, "Intelligent BioMetric Techniques in Fingerprint and Face Recognition", CRC Press, 1999.
- [5] 이준재, 심재창, 황석윤, 남재열, 이주형, "다 해상도 방향성 정보를 이용한 지문영상의 특이점 추출," 한국통신학회 논문지, Vol. 22, No. 5, pp.928-938, 1997.
- [6] I. Pitas, "Digital Image Processing Algorithms and Applications" A Wiley-Interscience Publication, 2000.
- [7] 주덕일, 이상범, "지문 영상 향상을 위한 적응성 지문인식 알고리즘에 관한 연구", 단국 대학교, 가을 학술발표논문집 pp.526-528, 2000