

지문 영상 품질에 따른 인식을 평가

이봉구⁰, 문지현, 전성욱, 김학일
인하대학교 정보통신대학원
idislbk@hanafos.com⁰, g1991095@inhavision.inha.ac.kr,
mistral@dreamwiz.com, hikim@inha.ac.kr

Evaluation of Error Rates in Fingerprint Recognition Based on Image Quality

Bongku Lee⁰, Jihyun Moon, Sungwook Joun, Hakil Kim
Graduate School of Information Technology & Telecommunication, INHA University

요 약

지문 영상의 품질은 지문 인식의 성능에 큰 영향을 미친다. 그러므로 지문 영상의 품질을 평가하고 정의하는 과정이 선행되면 안정된 지문 인식 성능을 보장 받을 수 있다. 본 연구의 목적은 지문 영상 품질을 측정하는 알고리즘을 이용하여 정합 후 인증성공률을 높이는 것이다. 본 연구는 지문 영상의 품질을 측정하는 세가지 알고리즘을 구현하고 정량적으로 표현한 후 품질 정도에 따라 분류한 영상들을 이용하여 본인 대 본인 정합을 수행하였다. 그리고 알고리즘 간의 특성을 비교 하였으며 품질에 따른 정합 성능을 평가하였다. 실험 결과, 품질 평가 후의 정합 성능이 그렇지 않았을 때의 성능에 비해 5% 이상의 성능 향상을 보였다. 또한 좀 더 나은 성능 향상을 위해서는 융선의 지속성과 일관성을 판단할 수 있는 알고리즘 및 여러 품질 측정값들의 효율적인 조합의 연구가 필요하다.

1. 서 론

대부분의 지문인식시스템은 입력 지문 영상으로부터 특징을 추출하는 추출모듈과 추출된 특징으로부터 지문 간의 유사성을 비교하는 정합모듈로 이루어져 있다. 입력된 지문 영상의 융선 정보를 정확하게 추출하는 것은 지문인식시스템에서 가장 핵심적인 작업 중 하나이고 특징 추출 알고리즘의 성능은 입력된 지문영상의 품질에 좌우된다. 즉 지문인식시스템의 성능은 개인의 융선 정보를 표현하는 지문 영상의 품질에 많은 영향을 받는다. 나쁜 품질의 영상은 잘못된 특징점을 생성하고 실제의 특징점을 추출하지 못하는 원인이 된다. 반대로 좋은 지문 영상은 골, 융선 그리고 특징점들이 명확하게 나타나기 때문에 오류를 감소 시킬 수 있다[1]. 그러므로 특징점을 추출 하기 전에 품질 평가 알고리즘을 사용한다면 나쁜 품질의 이미지는 거부함으로써 유용한 영상 이미지만을 획득하여 더욱 안정된 성능을 얻을 수 있다[2].

대표적인 지문 영상의 품질 측정 방법에는 분산차를 이용한 방법[3]과, 방향성차를 이용한 방법[7,8], 게이버 필터를 이용한 방법[2,6], FFT를 이용한 방법[4], 그리고 WSQ 알고리즘을 적용한 방법[5] 등이 있다. 본 논문에서는 분산차, 방향성차, 게이버 필터를 이용한 세 가지 품질 측정 알고리즘으로 지문 영상의 품질을 평가하고, 이러한 결과를 바탕으로 세 알고리즘 간의 상관도와 그 특성을 정량화하였다.

2장에서는 지문 영상의 품질에 대해 정의하고 이를 측정할 알고리즘들을 설명한다. 3장에서는 2장에서 정의한 알고리즘을 바탕으로 실험한 결과를 실험 방법과 함께 기술하며, 끝으로 4장에서 본 실험의 결론과 향후의 연구 과제에 대해 논한다.

2. 지문 영상의 품질 측정

2.1 지문 영상의 품질에 대한 정의

지문 영상의 품질을 분류하기 위해서는 우선 평가 기준 [9]이 있어야 한다. 본 실험에서는 지문 영상의 품질을 다음의 세 가지로 구분하기로 한다.

- 고품질
전경이 배경에 비해 매우 큰 부분을 차지고, 융선의 구조가 쉽게 구별되고, 대부분의 특징점이 명확하게 위치하며, 융선과 골 간의 화소값의 차가 크다.
- 중품질
전경이 배경보다 큰 부분을 차지하고, 대부분의 융선 구조가 쉽게 구별되고, 명확한 특징점이 일정량 이상 존재하며 융선과 골 간의 화소값의 차가 크다.
- 저품질
전경에 비해 배경이 많고, 융선의 구조가 많이 뭉개져 있고, 명확한 특징점이 거의 없으며, 융선과 골 간의 화소값의 차가 거의 없다.

2.2 품질 측정 알고리즘

본 실험에서 사용된 세 가지 품질 측정 알고리즘은 다음과 같다.

2.2.1 Foreground portion algorithm

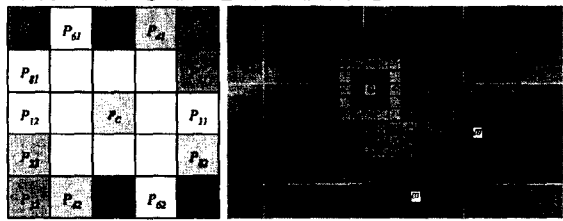
이 방법은 지문영상의 지역적인 분산차를 이용하는 품질 평가 방법으로 전체 지문 영상에서 전경 영역의 비율을 평가할 수 있다. 지문 영상을 $w \times w$ 블록으로 구분하여 지역별 분산을 구한다. 이렇게 구한 분산값을 이용하여 전체 영상에 대한 합산을 구하고 정규화하여 품질 평가 척도를 계산한다. 다음의 식(1)에서 G_{xy} 는 (x,y) 픽셀에서의 화소값이고, \bar{G}_y 는 k 번째 블록의 평균 화소값이다.

$$V_k = \frac{1}{w^2} \sum_{x=1}^w \sum_{y=1}^w (G_{xy} - \bar{G}_k)^2 \quad (k=1, \dots, N) \quad (1)$$

이 방법은 구현이 간단하고 시스템 반응이 빠르다는 장점이 있지만 지문 용선의 상태를 반영하지 못하고 임계치 설정이 어렵다는 단점이 있다.

2.2.2 Directional contrast algorithm

이 방법은 용선과 골의 화소값 차이를 이용하는 품질 평가 방법으로서 지역적인 용선의 방향성을 평가한다. 지문영상을 8×8 블록으로 나누고 처리할 블록에 대해 그림 1의 (a)와 같은 8개의 방향성을 가진 5×5 크기의 필터를 정의한다. 그림 1의 (b)와 같은 방법으로 모든 픽셀에 필터를 적용하여 지역적인 용선 방향을 계산한다. 이 방법은 화소값의 분산차를 이용한 방법에 비해 용선 구조의 특성을 잘 나타낼 수 있고 비교적 시스템 반응이 빠르다는 장점이 있다. 그러나 분산차를 이용한 방법과 같이 센서 및 주위 환경에 둔감한 임계치 설정이 어렵다.



(a)방향성 필터 (b)필터 적용 방법
그림 1. 방향성 차이를 이용한 방법

2.2.3 Gabor feature algorithm

이 방법은 Gabor filter의 에너지 값을 이용한 품질 평가 방법으로 용선의 구조를 평가한다. Gabor filter는 용선, 골의 주파수와 방향성에 대해 강하기 때문에 지문 영상의 전경, 배경 구분과 뭉개짐, 지문의 건조 정도 등을 평가함으로써 비교적 정확한 품질 평가를 가능하게 한다. 영상에 적용하기 위한 2D Gabor filter는 식(2)로 정의한다[2].

$$h(x, y, \theta_k, f, \sigma_x, \sigma_y) = \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x_{\theta_k}^2}{\sigma_x^2} + \frac{y_{\theta_k}^2}{\sigma_y^2} \right) \right] \times \exp(j2\pi f x_{\theta_k}) \quad (2)$$

$k=1,2,3, \dots, m$

또한 m 개 방향에 대한 Gabor feature를 식(3)으로 정의한다[2].

$$g(X, Y, \theta_k, f, \sigma_x, \sigma_y) = \left[\sum_{x=-w}^{w-1} \sum_{y=-w/2}^{w/2-1} I(X+x, Y+y) h(x, y, \theta_k, f, \sigma_x, \sigma_y) \right] \quad (3)$$

$k=1,2, \dots, m$

용선 방향이 명확한 고품질의 영상은 특정 방향의 Gabor feature 값이 다른 방향보다 높고, 저품질의 영상은 모든 방향의 Gabor feature 값이 비슷하게 나타나기 때문에 표준 편차 값을 이용한 식(4)의 계산이 유용하다[2].

$$G = \left(\frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (g_{\theta_k} - \bar{g}_{\theta})^2 \right)^{0.5}, \quad \bar{g}_{\theta} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m g_{\theta_k} \quad (4)$$

3. 실험

3.1 실험 개요

2질의 품질 평가 알고리즘은 구현 후 점수가 0에서 1사이에 분포하도록 정규화하는 과정을 거쳤다. 실험은 50명에 대해 여섯 손가락을 각각 3회씩 스캔한 900장 이미지를 대상으로 하였다. 센서는 NITGEN 광학 센서를 사용하였는데 분해능은 500dpi이고 입력 영상의 크기는 248x292 화소이다.

3.2 품질 평가 점수 분류

다음의 실험 결과에서 Foreground portion, Directional contrast, Gabor feature algorithm을 각각 Q_F, Q_D, Q_G로 명명한다. 각 알고리즘에 대한 상관관계는 그림 2와 같다. 그림 2에서 알고리즘 간의 유사도 상관관계를 볼 수 있는데, 특히 Q_D와 Q_G간의 유사도가 더 높음을 알 수 있다. 이것은 두 알고리즘이 모두 용선 정보를 바탕으로 하기 때문이다.

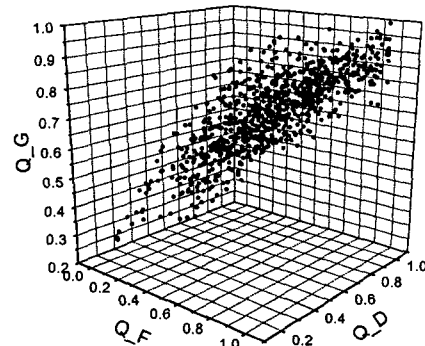


그림 2. 알고리즘간의 유사도

세 가지 알고리즘을 이용한 품질 분류를 위해 사람의 눈으로 각 영상에 대한 고·중·저의 품질 분류를 선행하였다. 그리고 이 때 판별된 이미지의 개수만큼 각 알고리즘의 결과값을 바탕으로 고·중·저의 품질로 분류하였다. 사람의 눈으로 판별했을 때 각 품질에 대한 영상의 개수는 저품질 96장, 중품질 288장, 고품질 516장이었으며, 이러한 실험값을 바탕으로 알고리즘이 나타낸 품질 측정값들을 비교한 결과를 그림3으로 나타내었다.

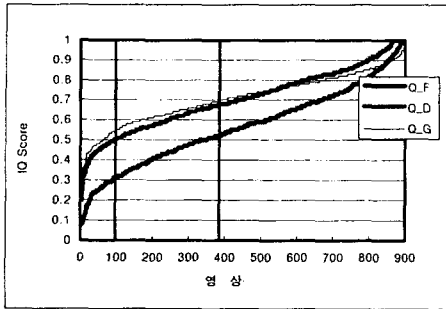


그림3. 각 알고리즘에 따른 영상의 품질 분류

3.3 정합 결과

품질에 따른 정합율을 알아보기 위해 품질 별로 알고리즘을 분류해 보았다. 그림4는 각 알고리즘 별로 두 품질 간 정합 시도에 대한 성공 회수를 나타내었다. 여기서 Q.H는 사람이 직접 구분한 것을 말하며, 본인 대 본인 정합의 수는 총 900회이다. 그 결과를 살펴보면 고품질 간의 정합이 가장 많고 고품질과 저품질의 정합은 거의 없는 것을 알 수 있다. 품질에 따른 인증 실패율은 그림5와 같이 나타난다.

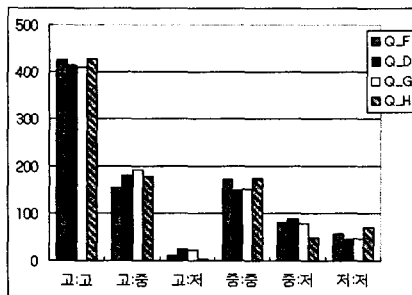


그림4. 품질 간의 본인 대 본인 정합 개수

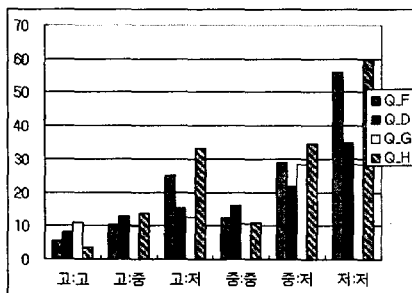


그림5. 품질에 따른 FAR(%)

위의 결과에서 저품질 간의 정합은 상위 품질간의 정합에 비해 인식률이 매우 떨어짐을 알 수 있다. 전체 영상 중 저품질의 영상은 100장 미만이지만 저품질의 영상을 제거하면 월등한 성능을 제공 받을 수 있다. 실험 결과, Q_1의 경우 저품질을 제거하면 FRR을 13.1%에서 8.0%로 감소시킬 수 있음을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구는 세가지 영상 품질 평가 알고리즘을 구현하여 품질 수준을 측정하고 품질을 세 단계로 분류하여 품질 단계에 따른 인식률을 알아 보았다. 전체 영상에서 저품질의 개수는 10% 정도이고 저품질을 제거했을 때 인식률은 87%에서 92%까지 올라갈 수 있었다. 그러나 실험 결과, 사람이 측정된 품질에 비해 세가지 알고리즘의 성능이 약간 낮은 것을 알 수 있었다. 이유는 지역적인 융선의 방향성에 대해서는 측정이 되지만, 융선의 전체적인 방향성과 지속성, 일관성을 측정 및 판단할 수 없었기 때문이다. 따라서 성능을 향상시키기 위해서는 전체 융선의 지속성과 일관성을 판별할 수 있는 알고리즘을 개발 및 여러 알고리즘의 효율적인 조합 방법에 대한 연구가 필요하다.

5. 참고문헌

- [1] L. Hong, Y. Wan and A. K. Jain, " Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation," IEEE Transactions on , vol.20, pp. 777 -789, Aug.1998
- [2] L. L. Shen, A. Kot and W.M.Koo, " Quality Measures of Fingerprint Images," Third International Conference on AVBPA 2001, pp. 266-271, Jun. 2001
- [3] A. M. Bazen and S. H. Gerez, " Segmentation of Fingerprint Images," Proc. ProRISC2001, 12th Ann. Workshop Circuits, Systems and Signal Processing, pp. 276-280, Nov. 2001
- [4] T. Ko, " Fingerprint enhancement by spectral analysis techniques," Applied Imagery Pattern Recognition Workshop, pp. 133-139, Oct. 2002
- [5] N. K. Ratha, and M. Bolle, " Fingerprint Image Quality Estimation," IBM Computer Science Research Report RC 21622, 1999.
- [6] T. P. Weldon, W. E. Higgins and D. F. Dunn, " Efficient Gabor filter design for texture segmentation," Pattern Recognition, vol.29, pp. 2005-2015, Dec. 1996
- [7] M. Ballan, F. A. Sakarya and B. L. Evans, "A fingerprint classification technique using directional images," Signals, Systems & Computers, 1997. Conference Record of the Thirty-First Asilomar Conference on , vol. 1 , pp. 101 -104, Nov. 1997
- [8] W. C. Jang, " An Adaptive Feature Extraction Algorithm for Automatic Fingerprint Recognition," Master's Thesis, Yonsei University, 2002
- [9] S. Joun, H. Kim, Y. Chung and D. Ahn, " An Experimental Study on Measuring Image Quality of Infant Fingerprints," Knowledge-Based Intelligent Information & Engineering Systems, Sep. 2003