

논문 2010-47SP-2-9

# 온라인 지문 인식 시스템을 위한 지문 품질 측정

## (Fingerprint Image Quality Assessment for On-line Fingerprint Recognition)

이 상 훈\*

(Sanghoon Lee)

## 요 약

온라인 지문 인식 시스템에서는 주변 환경, 사용자의 지문 상태 및 입력 방법에 따라 다양한 품질의 지문이 입력된다. 따라서 지문 인식 시스템의 성능을 향상시키기 위해서는, 입력된 지문 영상을 이용하여 본인과 타인간의 변별력을 높이는 연구뿐만 아니라 다양한 품질의 지문 영상들 중에서 품질이 좋은 지문 영상을 선택하여 이를 인식에 사용하는 연구도 병행이 되어야 한다. 하지만 대부분의 기존 연구에서는 지문의 지역적인 품질만을 측정하였기 때문에 한 장의 지문 영상의 품질에 대한 예측은 거의 이루어지지 않았다. 따라서 본 논문에서는 획득된 지문 영상의 품질을 판단하기 위해서 지역적인 지문 품질 측정과 이를 통한 전역적 지문 품질 측정 방법을 제안하였다. 지역적인 지문 품질 평가에서는 각 지문 블록에서 그레디언트(Gradient)의 확률 밀도 함수(Probability Density Function)의 형태를 측정하여 블록 별 품질 값을 예측하였고, 이를 기반으로 전역적인 품질 평가에서는 신경망(Neural network)을 사용하여 지문 영상 전체를 평가함으로써 입력된 영상의 사용 여부를 판단하였다. FVC2002 데이터베이스를 사용하여 실험한 결과, 제안한 전역적 방법을 사용하였을 때 NFIQ(NIST Fingerprint Image Quality)의 방법보다 정합 예측 성능이 높게 나타난 것을 확인할 수 있었다.

## Abstract

Fingerprint image quality checking is one of the most important issues in on-line fingerprint recognition because the recognition performance is largely affected by the quality of fingerprint images. In the past, many related fingerprint quality checking methods have typically considered the local quality of fingerprint. However, it is necessary to estimate the global quality of fingerprint to judge whether the fingerprint can be used or not in on-line recognition systems. Therefore, in this paper, we propose both local and global-based methods to calculate the fingerprint quality. Local fingerprint quality checking algorithm considers both the condition of the input fingerprints and orientation estimation errors. The 2D gradients of the fingerprint images were first separated into two sets of 1D gradients. Then, the shapes of the PDFs (Probability Density Functions) of these gradients were measured in order to determine fingerprint quality. And global fingerprint quality checking method uses neural network to estimate the global fingerprint quality based on local quality values. We also analyze the matching performance using FVC2002 database. Experimental results showed that proposed quality check method has better matching performance than NFIQ(NIST Fingerprint Image Quality) method.

**Keywords :** fingerprint recognition, quality measurement, probability density function, neural network, information theory.

## I. 서 론

최근 개인 정보 보호에 대한 요구가 높아지면서 개인 인증이 큰 이슈로 대두되고 있다. 기존의 개인 인증 방

법에는 비밀번호나 RFID 카드 등을 이용하는 방법이 있다. 하지만 비밀번호를 잊어버리거나, 카드가 도용될 경우에는 개인 인증에 큰 어려움이 발생한다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 최근 개인의 생체 정보를 이용하여 개인 인증에 사용하는 생체 인식 기술이 크게 발전하였다. 생체 인식이란 개인의 신체 일부의 물리적인 특징이나 행동 습관을 개인 인증의 열쇠로 사용하는 것

\* 학생회원, 연세대학교 생체인식 연구센터  
(Biometrics Engineering Research Center, Yonsei Univ.)

접수일자: 2009년10월20일, 수정완료일: 2010년1월4일

이다<sup>[1]</sup>. 생체 인식 시스템의 종류에는 지문(fingerprint), 홍채(iris), 얼굴(face), 음성(voice), 정맥(vein), 서명(signature) 그리고 걸음걸이(gait) 등이 있고 그 중에서 상대적으로 낮은 장비 가격과 높은 인식 성능으로 인해 지문 인식 시스템이 가장 널리 사용되고 있다<sup>[2]</sup>. 하지만 온라인 지문 인식의 경우, 지문이 물리적으로 훼손이 되었거나 외부 환경 변화에 의해 지문 상태가 심하게 변할 경우 이는 영상의 품질을 떨어뜨려 지문 인식의 성능 역시 저하되는 문제점이 발생한다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 센서를 통해 입력되는 여러 장의 영상들 중에서 품질이 좋은 영상을 선택하고 이를 인식에 사용하는 기술이 매우 필요한 실정이다.

지문 영상의 품질을 측정하는 기존의 연구들을 살펴보면 다음과 같다. Hong 등<sup>[3]</sup>은 융선과 골의 형태를 정현파(sinusoidal wave)로 가정하여, 블록별로 진폭(amplitude), 주파수(frequency) 그리고 변화량(variance)을 계산하였다. 그리고 해당 블록의 계산된 진폭, 주파수, 변화량이 갖는 분포를 학습 결과와 비교하여 지문의 지역적인 품질을 계산하였다. Yao 등<sup>[4]</sup>은 균등 분할된 지문 영역에서 픽셀들의 평균값(mean)과 변화량(variance)을 기준으로 지역적인 품질을 계산하였다. Bolle 등<sup>[5]</sup>은 지문 영역별로 방향성(orientation)의 세기를 계산하여 방향성이 센 지역은 품질이 좋은 영역, 방향성이 없으면 품질이 훼손된 영역으로 지역적인 품질을 계산하였다. Shen 등<sup>[6]</sup>은 수 개의 방향성 가버(Gabor) 필터의 계수 값의 변화량을 이용하여 품질을 측정하였다. Ratha 등<sup>[7]</sup>은 Wavelet Scalar Quantization (WSQ) 기반으로 계산된 계수 값들 중에서, 지문의 특성을 표현할 수 있는 특정 대역의 에너지의 비율을 이용하여 지문 영상의 품질을 측정하였다. Lim 등<sup>[8]</sup>은 지문 영상의 지역적인 정보와 전역적인 정보를 모두 사용하여 품질을 측정하였다. 지역적인 정보로는 융선의 방향성과 융선-골 사이의 두께 비율, 전역적인 정보로는 융선의 흐름의 변화도를 사용하였다. Chen 등<sup>[9]</sup>은 융선의 방향성과 2차원 푸리에(Fourier) 공간상에서 파워 스펙트럼(power spectrum)을 이용하였다. 품질이 좋은 지문 영상은 특정 주파수 대역을 갖고 있어, 주파수 계수 값의 엔트로피가 상대적으로 크고, 품질이 저하된 지문 영상은 모든 주파수 영역의 에너지가 유사하여 변화가 거의 없기 때문에 엔트로피가 낮은 특성을 사용하였다. Tabassi 등<sup>[10~11]</sup>는 블록별로 계산된 지역적인 품질값을 기반으로 신경망(neural network)을 이용하여 지문 영

상의 정합 값을 예측하는 전역적인 품질 측정을 수행하였다.

기존의 연구를 살펴본 결과, 지금까지 대부분의 품질 측정에 관한 연구는 지문 영상의 블록별 품질만을 추정 하는데 관심이 집중되었다. 하지만 인식률을 향상시키기 위한 입력 영상의 사용 여부를 결정하기 위해서는 지문 영상 전체의 품질 측정이 필요하다. 따라서 제안하는 방법은 지문 영상의 블록별로는 그래디언트(gradient)를 기반으로 하여 품질을 측정<sup>[12]</sup>하고, 이를 기반으로 신경망(neural network)을 통해 지문의 전역적인 품질 값을 예측하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장 1절은 제안하는 블록 별 품질 측정 방법을 소개하고, II장 2절에서는 이를 기반으로 하는 전역적인 품질 측정 알고리즘을 설명한다. III장에서는 실험을 통하여 제안 알고리즘의 성능을 평가하였고 IV장에서 실험 결과를 통해서 얻은 결과를 분석하고 최종적인 결론을 도출하였다.

## II. 본 론

### 1. 지역적 품질 측정

지역적인 품질 측정은 전체 영상을 균등하게 분할하여 블록 별로 품질을 계산한다. 품질을 계산하기 위해 먼저 작은 블록 별로 지문 영상을 살펴보았을 때, 좋은 품질의 지문 영상은 매우 간단한 구조인 것을 알 수 있다. 지문 영상의 구조는 그림 1과 같은 반복적인 줄무늬 패턴으로 줄무늬 방향으로는 주변 픽셀들 간에 변화가 거의 없고 줄무늬 수직 방향으로는 일정한 간격으로 반복적인 패턴이 나타난다<sup>[1]</sup>. 이러한 특성을 이용하여, 본

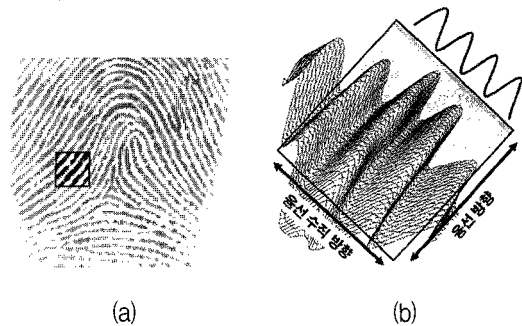


그림 1. 지문 영상 구조 (a) 입력 지문 영상, (b) (a)의 표기된 영역의 융선과 골 구조.

Fig. 1. Fingerprint image structure (a) Input fingerprint image, (b) Ridge and valley structure within the marked box of (a).

논문에서 이상적인 블록별 지문 영상의 형태를 단일 차원의 정현파 (mono-dimensional sinusoidal wave)로 가정하였다<sup>[12]</sup>.

1) 지역적 품질 측정 방법

지역적 품질 측정 방법의 전체적인 흐름도는 그림 2 과 같이 도식화 하였다. 영상이 입력되면 가우시안 (Gaussian) 필터링으로 영상의 노이즈를 제거하고 그 후에 각 픽셀별로 x, y축 그래디언트를 계산하고, 화이트닝(whitening) 변환을 수행한다. 화이트닝은 그래디언트 벡터들을 무상관(un-correlation), 수직화(orthogonal) 하는 변환과정이다<sup>[12~13]</sup>. 이러한 과정 후에, 미리 계산된 용선 방향 및 그의 수직 방향으로 2차원 그래디언트 벡터들을 투영하면 2개의 1차원 확률밀도함수 (Probability Density Function)를 구할 수 있다. 노이즈가 없는 지문 영상이 입력되고 용선의 방향을 올바르게 추정되는 이상적인 경우에는 용선 수직 방향으로는 정현파의 변화와 같기 때문에 그림 3(a)(식 1<sup>[12]</sup>)와 같이 평평한 sub-Gaussian<sup>[14]</sup> 형태를 갖고 용선 방향으로는 픽셀들 간의 변화가 없어서 확률밀도함수는 그림 3(b)와 같이 임펄스(impulse)형태를 갖는다<sup>[12]</sup>. 하지만 실제

적으로 지문 영상은 용선의 흐름이 조금씩 변하고, 특징점(minutiae)과 같이 예외적인 구간이 있어서 아무리 품질이 좋은 영상에서도 용선 방향의 확률밀도함수의 형태는 임펄스보다는 그림 3(b)와 같은 super-Gaussian<sup>[14]</sup> 형태를 갖는다.

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}|\sin\{\cos^{-1}(x/\sqrt{2})\}|} \quad (1)$$

2) 지문 영상의 품질에 영향을 주는 요인들

본 논문에서는 지문의 품질 저하 요인을 크게 두 가지로 나누었다. 첫 번째는 지문 영상의 픽셀 값에 직접적인 영향을 주는 외부적인 요인(external factor)로 여기에는 피부의 상태나 온도, 습도와 같은 환경적, 물리적인 요인과 센서와 지문의 접촉 세기와 같은 인위적인 요인이 포함된다. 두 번째는 내부적인 요인(internal factor)으로 용선 밀도 측정<sup>[15]</sup>, 용선 방향 추정<sup>[3, 16~18]</sup> 등과 같은 전처리 알고리즘의 에러에 의한 영향이다. 내부적 요인은 전처리 알고리즘의 불완전성의 의해서 발생하는 것으로 알고리즘의 성능에 의해서 좌우된다. 예를 들어 방향성 필터를 이용하여 용선 강화<sup>[3, 19~21]</sup> (Enhancement) 과정을 거쳐서 특징을 추출할 경우, 전처리를 통해서 추정된 용선 방향과 주파수(또는 용선 밀도)값을 이용하여야 한다. 이때, 잘못 추정된 매개 변수를 사용할 경우, 지문 영상의 품질에 관계없이 잘못된 특징을 추출하게 될 것이다.

전처리 알고리즘 중에서 여러 가지 내부적인 요인들이 있지만 본 논문에서 내부적인 요인을 용선 방향 추정 에러로 범위를 한정하였다. 그림 4는 알고리즘별(A, B, C) 용선 방향 추정 성능에 따른 영상의 품질이 달라

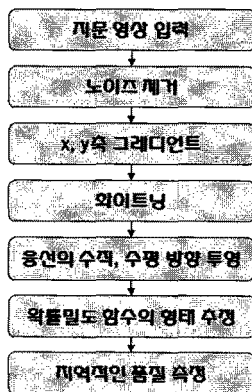


그림 2. 지역적인 지문 영상의 품질 측정 방법  
Fig. 2. Quality measurement method for local fingerprint image.

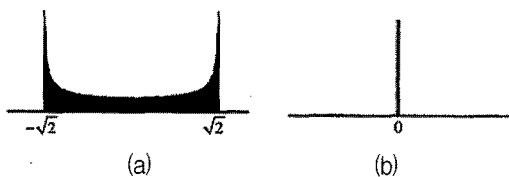


그림 3. 이상적인 경우의 확률밀도함수 (a) 용선 수직 방향, (b) 용선 방향  
Fig. 3. Probability density function in case of ideal case (a) Ridge-to-valley direction, (b) Ridge direction.

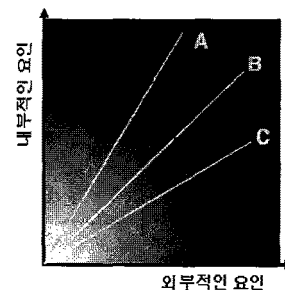


그림 4. 용선 추정 알고리즘에 따른 지문 영상 품질 변화  
Fig. 4. The quality variation of fingerprint image depends on applied orientation estimation algorithm.

지는 것의 개념도이다. 지문 영상의 품질은 외부적, 내부적 요인에 모두 영향을 받지만, 전처리 알고리즘의 성능에 따라서 달라질 수 있다. 그림 4의 붉은색 점선은 동일한 외부적인 요인 환경에서도 용선 방향 추정 알고리즘의 성능에 의해 품질 변할 수 있다는 것을 개념적으로 보여주고 있다. 그림에서 밝게 표현된 부분은 품질이 높은 것을 의미하고 어둡게 표현된 부분은 품질이 낮은 것을 의미한다. 따라서 지문 영상의 품질 측정은 두 가지 요인을 모두 고려할 수 있어야 한다.

3) 확률밀도 함수의 형태 변화 분석

좋은 품질의 지문 영상에서, 확률밀도함수의 형태는 용선 수직 방향으로 sub-Gaussian, 용선 수평 방향으로 super-Gaussian의 형태를 갖는다. 하지만 외부적인 요인과 내부적인 요인에 의해서 각각의 확률밀도함수는 변화한다.

그림 5(b)와 같이 환경적, 물리적 요인으로 인해 입력된 지문 영상이 훼손된 경우에는 지문 영상은 이상적인 지문 모델, 즉 단일 차원의 정현파에 비해서 상대적으로 복잡해진 형태를 갖게 되므로 훼손된 지문 영상에서 계산된 그래디언트 벡터들은 무작위의 방향과 크기(그림 5(b))로 이상적인 경우(그림 5(a))의 그래디언트 벡터들에 비해서 상대적으로 복잡하다. 정보화 이론

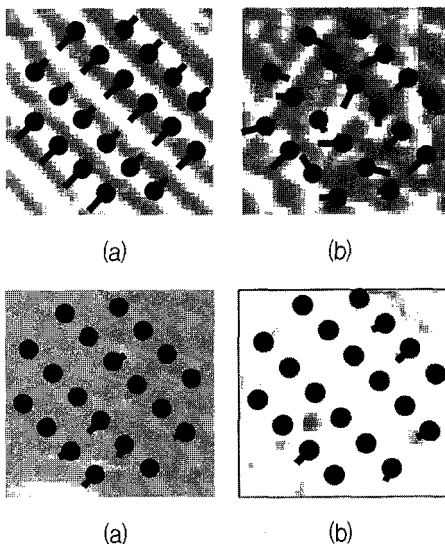


그림 5. 지문 영상별 그래디언트 벡터 (a) 이상적인 경우, (b) 지문이 훼손된 경우, (c) 지문이 습한 경우, (d) 지문이 건조한 경우.

Fig. 5. Gradient vector each fingerprint image. (a) Well-define image, (b) Corrupted image, (c) Wet image (d) Dry image.

(information theory)에 의하면 가우시안 확률밀도 함수는 동일 편차를 갖는 분포 중에서 가장 큰 엔트로피를 갖는다<sup>[22]</sup>. 따라서 정보화 이론에 의해서 훼손된 지문 영상에서 얻어진 두 확률밀도함수들의 형태는 이상적 경우와 비교해서 상대적으로 가우시안(그림 6(b))에 가까운 형태를 갖게 된다. 그림 5 (c)(d)와 같이 사용자의 인위적인 요인에 의해서 센서와 지문 간의 접촉이 아주 세거나 약해질 경우, 또는 지문이 너무 습하거나 건조할 경우 입력된 지문 영상은 주변 픽셀들과 거의 차이가 없어지면서 이상적인 지문 영상에 비해서 상대적으로 간단한 형태를 갖게 된다. 따라서 계산된 그래디언트 벡터들의 대부분은 크기가 0에 가깝다. 이러한 그래디언트들은 이상적인 경우 그것과 비교했을 때, 상대적으로 엔트로피가 낮게 된다. 따라서 정보화 이론에 의해서 두 확률밀도 함수는 이상적인 경우에 비해서 상대적으로 엔트로피가 낮은 super-Gaussian(그림 6(c))에 가까운 형태를 갖는다<sup>[22]</sup>. 내부적인 요인에 의해서 추정된 용선의 방향에 오차가 발생하면, 그 오차만큼 확률밀도를 계산하기 전 과정인, 투영하는 축이 기울게 된

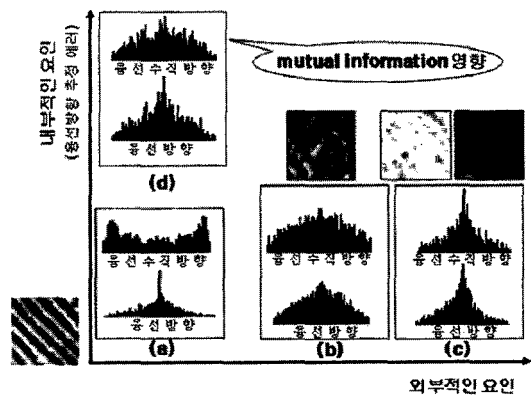


그림 6. 품질저하 요인에 따른 확률밀도함수 변화 Fig. 6. The variation of PDF according to quality degradation.

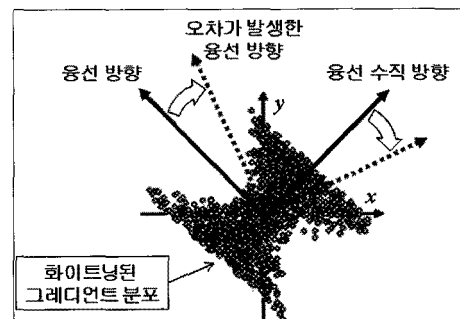


그림 7. 용선 추정 오차와 투영축 변화 Fig. 7. The variation of projection axis according to orientation estimation error .

다(그림 7)<sup>[12]</sup>. 그림 7은 그림 6(a)와 동일한 환경에서 내부적인 요소만 발생한 경우를 보여주고 있다. 이러한 경우 오차가 발생한 방향으로 화이트닝된 2차원 그래디언트를 투영하였을 경우, 각 축의 요소들은 융선 방향의 수직축, 수평축 변화에 대한 독립적인 정보를 갖지 못하고, 투영된 축이 기울어진 만큼 서로 간의 정보를 나누어 갖게 된다. 정보화 이론에 의해서 두 확률밀도함수는 상호정보 (mutual information) 가 발생하여 두 확률밀도함수들 모두 불확실성(uncertainty)이 증가하여 두 확률밀도함수의 형태는 이상적인 경우에 비해서 그림 6(d)와 같이 상대적으로 Gaussian 형태를 갖는다.

따라서 두 확률밀도 함수의 형태를 이용하여 지역적인 지문 영상의 품질을 측정할 경우 외부적인 요인과 내부적인 요인을 모두 고려할 수 있다.

### 2. 지문 영상의 전역적 품질 측정

지문 영상의 전역적 품질 측정은 앞에서 언급한 바와 같이 단일 입력 영상의 정합 추정치를 의미한다. 정합 성능을 좌우하는 요소들을 경험적으로 고려해보면 특징점(minutiae)과 같은 추출된 특징 개수와 특징들의 신뢰도가 있고 또한, 입력 지문의 유효 면적과 영역별 영상 품질 등이 있다. 이러한 각 요소들은 독립적인 의미를 갖기보다는 서로 간에 유기적으로 연관되어 정합에 영향을 준다. 이러한 이유로 Tabassi 등<sup>[10~11]</sup>은 정합에 영향을 주는 요소들을 11가지로 선별하고 신경망(neural network)을 이용하여 11가지 요소들을 모두 고려할 수 있는 방법을 사용하였다. 신경망은 역전파망을 사용하였고 정합에 영향을 주는 11가지 요소들은 정량화한 후에, 각 요소들의 변화와 과거의 정합치를 학습하여 앞으로 입력되는 지문 영상의 정합을 예측하는 방

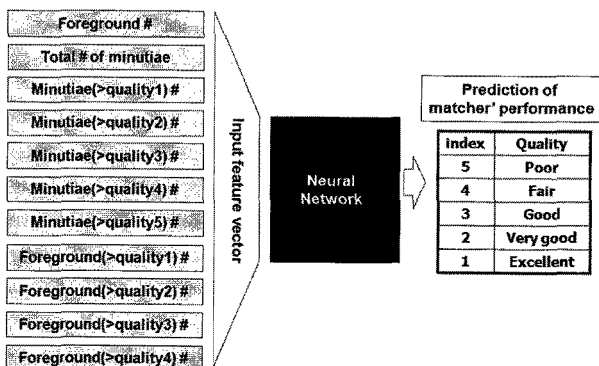


그림 8. 신경망을 이용한 전역적 품질 측정.  
Fig. 8. Global quality estimation using neural network.

식을 사용하였다.

본 논문에서 전역적인 품질 측정은 기존 방법<sup>[10~11]</sup>과 동일하게 신경망을 이용하였고, 다만 11가지 요소들은 제안하는 방법으로 계산된 지역적인 품질값을 사용하여 값을 할당하였다.

## III. 실험

실험에서 지역적 품질이 측정된 값을 기반으로 전역적인 품질을 계산하여 지문 영상을 선택적으로 검증하는 방식으로 비교 분석 하였다. 실험에 사용된 데이터는 공인된 지문 영상 (FVC 2002)<sup>[23]</sup>이고, 제안하는 전역적인 품질은 NFIQ(NIST Fingerprint Image Quality)<sup>[10~11]</sup>의 결과와 비교하였다.

### 1. 지역적 품질 측정

그림 9는 제안하는 방법으로 계산된 지역적인 품질 측정값을 밝기로 표현한 예를 보여주고 있다. 품질은 8×8 픽셀 크기의 블록단위로 계산하였고 밝은 영역일 수록 품질이 높은 것을 나타낸다. 그림 9(a)는 노이즈가 적고 융선과 골이 선명하게 구별되는 지문 영상의 예를 보여주고 대부분의 영역에서 품질이 높게 계산되었다.

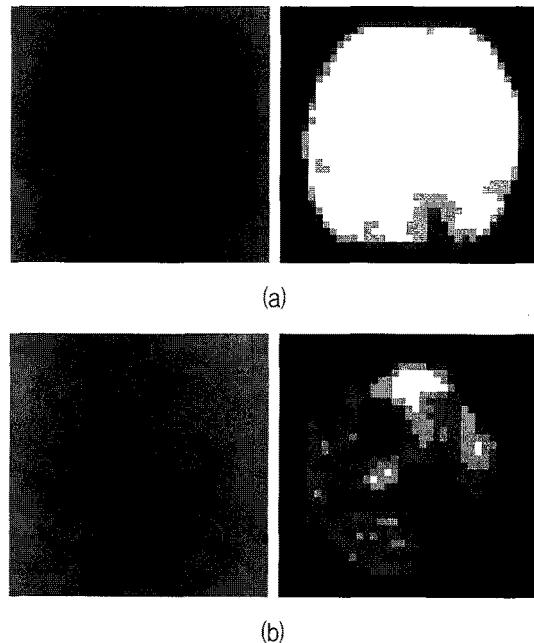


그림 9. 지역적인 품질값 예  
(a) 좋은 품질, (b) 열등한 품질.  
Fig. 9. The example of the local quality index.  
(a) good quality, (b) poor quality

그림 9(b)는 노이즈가 심하고 융선과 골이 불분명한 지문 영상의 예를 보여 주고 많은 영역에서 품질이 낮게 계산된 것을 볼 수 있다. 그리고 지역적인 품질은 5단계로 양자화(quantization)하였다.

2. 전역적 품질 측정과 인증 성능 비교

제안하는 방법의 전역적인 품질은 NFIQ(NIST Fingerprint Image Quality)<sup>[10~11]</sup>와 비교하였다. NFIQ는 NIST에서 제공하는 프로그램으로 전역적인 품질을 5단계로 양자화 하였다. 그림 10은 NFIQ 방법으로 전역적 품질 측정 결과를 FVC2002 데이터별 분포를 보여 주고 있다. 히스토그램을 보면 FVC 2002 DB2는 좋은 지문 영상이 상대적으로 많은 것을 볼 수 있고 FVC 2002 DB3, DB4는 상대적으로 열등한 지문 영상이 상대적으로 많은 것을 볼 수 있다. 그림 11은 NFIQ에 의해서 계산된 전역적 품질을 기반으로 선택적으로 정합하여 ROC(Receiver Operating Characteristic) 커브를 보여주고 있다. 데이터베이스별 그래프는 4단계로 Excellent, Very good 이상, Good 이상, 모든 영상으로 하였다. 그림 10에서 보는 바와 같이 Poor의 영상 개수가 상대적으로 적어서 5단계로 나누었을 때, 인증 성능의 영향이 매우 적어 4단계로 하였다.

그림 12는 제안하는 방법으로 지역적인 품질을 측정하고 이를 기반으로 전역적인 품질을 측정하여 NFIQ와 동일한 방법으로 선택적으로 정합하였다. 그림 8과 동일한 방법으로 11가지 요소들을 고려하였고, 동일한 정합 알고리즘(심사중)을 사용하였다. NFIQ와 동일한 조건으로 인증 성능을 비교하기 위하여 DB별로 동일한

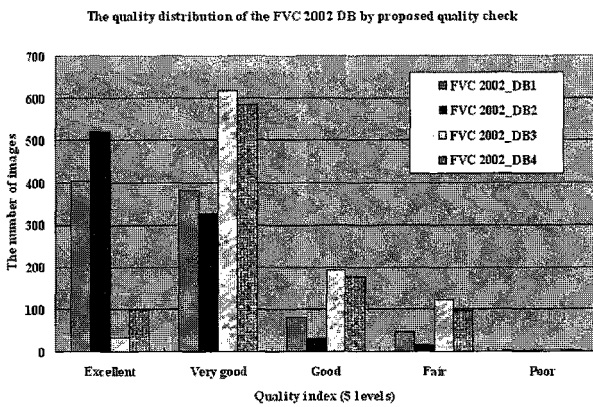
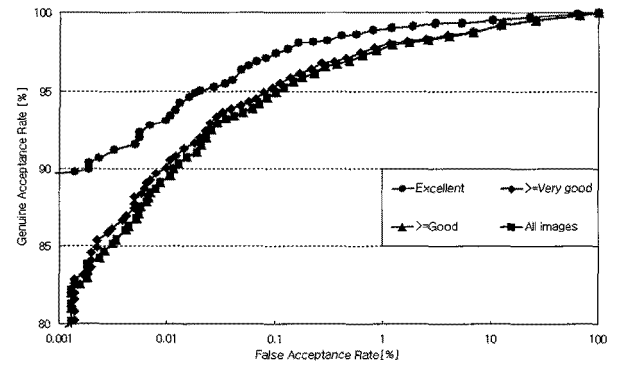
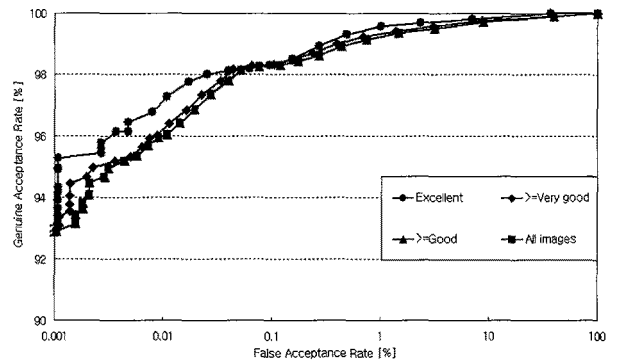


그림 10. NFIQ 방법으로 계산된 FVC 2002 DB의 전역적인 품질 분포

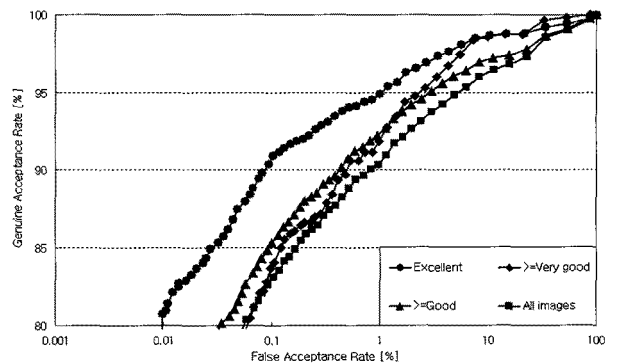
Fig. 10. The global quality distribution of FVC 2002 DB by using NFIQ.



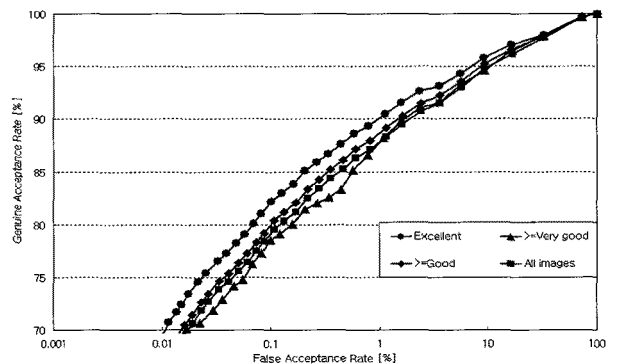
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 11. NFIQ의 전역적인 품질별 ROC 비교 (FVC2002) (a) DB1, (b) DB2, (c) DB3, (d) DB4.

Fig. 11. The comparison of global quality index of NFIQ (FVC2002) (a) DB1, (b) DB2, (c) DB3, (d) DB4.

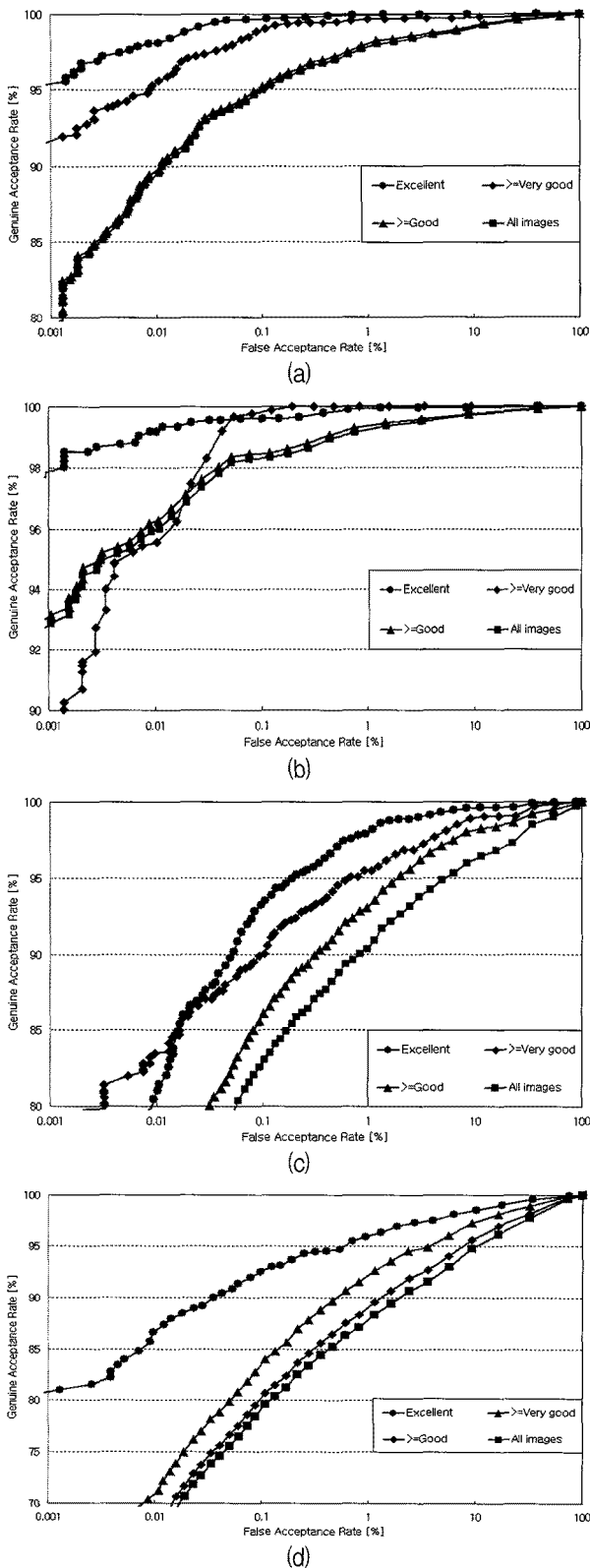


그림 12. 제안 방법의 전역적인 품질별 ROC 비교 (FVC2002) (a) DB1, (b) DB2, (c) DB3, (d) DB4.

Fig. 12. The comparison of global quality index of proposed method(FVC2002) (a) DB1, (b) DB2, (c) DB3, (d) DB4.

지문 영상 개수를 정합하였다. 예를 들어, NFIQ가 DB 별로 Excellent(400장), Very good 이상(700장), Good 이상(780장), 모든 영상(800장)의 지문 영상들을 정합하였다면, 제안하는 방법은 800장의 DB의 전역적 품질값을 정렬하여 상위 400장을 Excellent, 상위 700장을 Very good 이상, 상위 780장을 Good, 모든 영상을 선택적으로 정합하였다. 그림 12를 살펴보면 입력 지문 영상의 정합을 그림 11에 비해서 상대적으로 잘 예측하여 품질별로 인증 성능이 잘 구분되는 것을 볼 수 있다.

특히 FVC 2002 DB2와 DB4를 사용한 품질별 인증 성능을 살펴보면 NFIQ 방법(그림 11(b),(d))은 품질별로 인증 성능의 차이가 거의 없지만, 제안한 방법(그림 12(b),(d))은 인증 성능의 차이가 상대적으로 확인한 것을 알 수 있다. 따라서 제안한 전역적 품질 측정 방법이 NFIQ에 비해서 입력 지문 영상의 정합의 예측 성능이 더 우수한 것을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 인식 성능을 높이기 위해 신뢰도가 높은 특징이 추출되는 영역을 추정하는 지역적인 품질 측정 방법과 정합에 유리한 지문 영상을 선택하는 전역적인 품질 측정 방법을 제안하였다.

지역적인 품질 측정 방법은 이상적인 지문 모델을 단일 차원의 정현파로 가정하였고 그레디언트의 확률밀도 함수의 형태를 이용하여 품질을 측정하였다. 입력 지문 영상이 이상적이고 용선의 방향도 올바르게 추정하였을 경우에는 확률밀도함수는 용선 수직 방향은 sub-gaussian, 용선 방향은 super-gaussian의 형태를 갖는다. 노이즈가 많은 지문 영상에서의 확률밀도함수의 형태는 가우시안(gaussian)에 가깝고, 지문의 골과 용선이 구분이 거의 없는 지문 영상에서는 super-gaussian 형태를 갖는다. 용선 방향 추정에 오류가 발생하면 오류가 발생한 정도에 따라 확률밀도함수는 가우시안 형태를 갖는다. 이와 같이 확률밀도 함수의 형태만으로 지역적인 지문 영상의 품질을 추정하였다. 전역적인 품질 측정 방법은 지역적인 품질을 기반으로 하였고 과거에 정합된 지문들이 갖는 지역적인 품질 값의 분포와 특징점 등을 고려하여 신경망에 학습하여 미래의 입력 영상의 정합을 예측하였다.

실험결과 NFIQ에 비해서 제안하는 알고리즘의 정합 예측 성능이 우수한 것을 확인하였다. 따라서 제안하는

방법을 사용하면, 지문 인식 시스템에서 실시간으로 입력되는 여러 지문 영상들 중에서 품질 좋은 지문 영상의 선택(전역적인 품질 측정)할 수 있고 지문 영상 내에서 안정적인 특징 추출 영역 예측(지역적인 품질 측정)할 수 있게 되어 인식 성능 향상을 기대할 수 있다.

### 참 고 문 헌

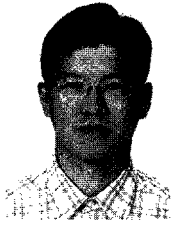
- [1] A. Jain, A. Ross, and S. Prabhakar, "An Introduction to Biometric Recognition", IEEE Trans. Circuit and Systems For Video Technology, Vol. 14, No.1, pp. 4-20, Jan. 2004.
- [2] A. Jain, L. Hong, and R. Bolle, "On-line fingerprint verification", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, no. 4, pp.302-314, Apr. 1997.
- [3] L. Hong, Y.Wan, and A. Jain, "Fingerprint image enhancement: Algorithm and performance evaluation," IEEE Transaction Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 20, no. 8, pp. 777-789, Aug. 1998.
- [4] M. Yao, S. Pankanti, N. Haas, N. Ratha, and R. Bolle, "Quantifying quality: A case study in fingerprints," in Proc. IEEE Automatic Identification Advanced Technologies, pp. 126-131, Mar. 2002.
- [5] R. Bolle, S. Pankanti, and Y. Yao, "System and method for determining the quality of fingerprint images," U.S. Patent US 5 963 656, Oct. 1999.
- [6] L. Shen, A.Kot, and W. Koo, "Quality measures of fingerprint images," in Proc. 3rd Int. Conf. Audio- and Video-based Biometric Person Authentication, pp. 266-271, Jun. 2001.
- [7] N. Ratha and R. Bolle, "Fingerprint image quality estimation," IBM Comput. Sci. Res., Rep. No. RC21622, 1999.
- [8] E. Lim, X. Jiang, and W. Yau, "Fingerprint quality and validity analysis," in Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing, vol. 1, pp. 469-472, Sep. 2002.
- [9] T. Chen, X. Jiang, and W. Yau, "Fingerprint image quality analysis," in Proc. Int. Conf. Image Process, pp. 1253-1256, 2004.
- [10] E. Tabassi, C. Wilson, and C. Watson, "Fingerprint image quality," National Institute of Standards and Technology, NISTIR7151, Aug. 2004.
- [11] E. Tabassi and C. Wilson, "A novel approach to fingerprint image quality," in Proc. Int. Conf. Image Processing, vol. 2, pp. 37-40, 2005.
- [12] S. H. Lee, H. S. Choi, K. T. Choi, J. H. Kim, "Fingerprint-Quality Index Using Gradient Components" in IEEE Trans. Information Forensics and Security, Vol. 3, no. 4, pp. 792-800, Dec. 2008.
- [13] S. H. Lee, C. H. Lee, and J. H. Kim, "Model-based quality estimation of fingerprint images," in Proc. IAPR Int. Conf. Biometrics, ser. Lect. Notes Comput. Sci. 3832. New York: Springer, pp. 229-235, Jan. 2006.
- [14] A. Hyvarinen, J. Karhunen and E. Oja, "Independent Component Analysis", John Wiley and Sons. Inc, 2001.
- [15] D. Maio and D. Maltoni, "Ridge-line density estimation in digital images," in Proc. Int. Conf. Pattern Recognition, Australia, Aug. 1998.
- [16] K. Mardia, A. Baczkowski, X. Feng, T. Hainsworth, "Statistical Methods for Automatic Interpretation of Digitally Scanned Fingerprints", Internal Report STAT 97/23, 12, 1997.
- [17] X. Feng, P. Milanfar, "Multiscale Principal Components Analysis for Image Local Orientation Estimation", The 36th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, 2002.
- [18] Jinwei Gu, Jie. Zhou, David Zhang, "A combination model for orientation field of fingerprints", Pattern recognition, vol. 37, pp. 543-553, 2004.
- [19] A. Almansa and T. Lindeberg, "Fingerprint enhancement by shape adaptation of scale-space operators with automatic scale-selection," IEEE Trans. Image Process., vol. 9, no. 12, pp. 2027-2042, Dec. 2000.
- [20] D. Maio and D. Maltoni, "Direct gray-scale minutiae detection in fingerprints," IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 19, no. 1, pp. 27-40, Jan. 1997.
- [21] J. Weickert, "Coherence-enhancing diffusion filtering," Int. J. Comput. Vis., vol. 31, pp. 111-127, 1999.
- [22] JOY A. THOMAS, "Elements of Information Theory" John Wiley & Sons Inc, 1991.
- [23] FVC2002, <http://bias.csr.unibo.it/fvc2002>



---

저 자 소 개

---



이 상 훈(학생회원)

1997년 명지대학교 전자공학과  
학사 졸업

1999년 명지대학교 전자공학과  
석사 졸업

2009년 연세대학교 전기전자  
공학과 박사 과정

<주관심분야 : 생체인식, 컴퓨터 비전, 패턴인식>