

# Hybrid Segmentation을 이용한 Fingerprint Image Quality 측정 방법

박노준<sup>1\*</sup>, 장지현<sup>2†</sup>, 김학일<sup>2‡</sup>

<sup>1</sup>한국정보보호진흥원, <sup>2</sup>인하대학교 정보통신공학부

## Measurement of Fingerprint Image Quality using Hybrid Segmentation method

Noh-Jun Park<sup>1\*</sup>, Ji-Hyeon Jang<sup>2†</sup>, Hakil Kim<sup>2‡</sup>

Korea Information Security Agency, <sup>2</sup>School of Information & Communication Engineering, Inha University

### 요 약

본 논문은 지문 데이터베이스를 평가하는데 가장 큰 영향을 미치는 image quality를 측정하는 새로운 방법을 제안한다. 본 논문에서는 image quality를 측정하는 hybrid segmentation 방법을 소개하고, 다양한 지문 데이터베이스에 대해 실험한 결과를 분석한다. 개발한 방법의 객관적인 평가를 위해 NIST에서 제공하는 NFIQ 프로그램을 통해 얻은 결과와 variance와 coherence의 fusion을 이용한 hybrid segmentation 결과를 비교한다. NFIQ는 지문 영상의 품질을 정확하게 측정하지만 결과가 1~5로 세분화 되어 있지 못한 문제점을 가지고 있다. 반면 제안하는 hybrid 방법은 NFIQ보다 더 정확하고 세분화된 평가 결과를 제공한다. 두 방법에 의해 실험한 데이터베이스들을 평가한 결과, 동일한 영상에 대해 NFIQ와 hybrid segmentation의 결과가 유사하며 지문 영상의 품질을 세분화하여 측정할 수 있는 점에서 NFIQ보다 뛰어나다고 할 수 있다.

### ABSTRACT

The purpose of this paper is to present a new measure for fingerprint image quality assessment that has a considerable effect on evaluation of fingerprint databases. This paper introduces a hybrid segmentation method for measuring an image quality and evaluates the experimental results using various fingerprint databases. This study compares the performance of the proposed hybrid segmentation using variance and coherence of fingerprints against the NIST's NFIQ program. Although NFIQ is a most widely used tool, it classifies the image quality into 5 levels. However, the proposed hybrid method is developed to be conformant to the ISO standards and accordant to human visual perception. The experimental results demonstrate that the hybrid method is able to produce finer quality measures.

**Keywords** : Image quality, Fingerprint database, Segmentation, Coherence, Variance

접수일: 2007년 4월 20일 ; 채택일: 2007 10월 15일

\* 본 연구는 한국과학재단 지정 생체인식연구센터의 지원을 받아 이루어졌습니다.

† 주저자, njpark@kisa.or.kr

‡ 2저자, jhjang@vision.inha.ac.kr

‡ 교신저자, hikim@vision.inha.ac.kr

## 1. 서 론

일반적으로 지문 인식 기술은 크게 추출 과정과 정합 과정으로 나눌 수 있다. 추출 과정은 입력된 정보를

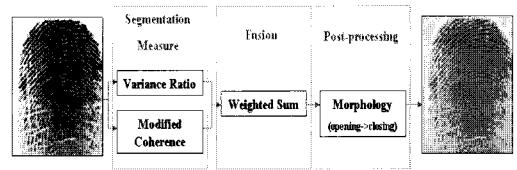
통해 매칭 과정에서 사용될 특징점을 추출하는 것을 말하며, 정합 과정은 추출된 특징점간의 유사도를 계산하는 것을 말한다. 이러한 추출과 정합의 성능을 높이기 위해서는 두 영상간의 translation 및 rotation의 차이가 적어야하며, overlap 되는 영역은 커야한다. 그러나 이들 보다 추출과 정합의 성능에 영향을 미치는 요소는 지문 영상의 품질이다. 영상의 품질이 좋고 나쁨에 따라 많은 차이가 생기게 된다. 영상의 품질이 좋을 경우 융선과 골의 구분이 뚜렷하여 특징점 및 특이점을 찾는데 용이할 것이며, 더 나아가 추출 및 정합 시에도 성능을 미친다.

본 연구의 목적은 variance ratio와 modified coherence의 fusion을 이용한 hybrid segmentation[1]을 통해 지문 영상의 품질을 측정하는 방법을 제안하는 것이다. Hybrid segmentation에서는 fusion을 이용하여 전경과 배경을 구분하였는데, 본 논문에서는 배경과 전경을 나눈 수치를 통해 지문 영상에서의 품질을 측정한다.

NIST에서 제안하는 NFIQ(NIST Fingerprint Image Quality)[2]는 지문 영상의 품질을 측정하는 프로그램 중에 가장 많이 알려져 있으며, 이를 이용해 여러 종류의 지문 영상의 품질을 측정했을 때 사람의 눈으로 측정된 것과 유사함을 확인할 수 있었다. NFIQ는 전체 영상에 대한 품질을 평가하기 때문에 영상 내에 습한 영역 또는 건조한 영역의 품질을 구분할 수 없으며, 측정 결과도 국제표준이 영상 품질의 수치를 0~100 사이로 지정한 것과 다르게 1~5의 수치로 표현하는 것 또한 문제점이다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 Hybrid segmentation을 제안한다. 이 방법에서 두 가지 품질 측정치를 융합한 이유는 지문의 품질을 단 한가지의 방법으로 표현이 불가능하기 때문이다. 두 방법을 비교하기 위해서 다양한 센서로 지문 영상을 획득하였으며, 제안한 Hybrid segmentation 방법과 NFIQ 프로그램의 성능을 비교하였다.

[그림 1]은 본 연구의 전체적인 절차 및 흐름을 보여준다. 본 논문의 2장에서는 영상의 품질을 측정하는 방법에 대해 소개하고, 3장에서는 실험에 사용된 데이터베이스에 대해서 설명하며, 4장에서는 실험 결과에 대한 분석을 한다. 마지막으로 실험 결과에 대한 분석을 토대로 본 연구의 의의, 향후 연구 과제 그리고 결론을



(그림 1) 영상 품질의 측정 overview

정리한다.

## II. Image Quality

Image quality란 지문 영상 상에 융선과 골의 구분이 선명하게 표현되는가를 평가하는 것이다. 지문 영상의 품질이 좋을수록 추출 시에 정확한 특징점을 찾을 수 있으며, 정합 결과에도 영향을 미치게 된다.

지문 영상의 품질은 다양한 방법으로 측정될 수 있다. 일반적으로 지문 영상의 품질은 영상을 여러 블록으로 나눈 후 블록 별로 수치를 계산하는 지역적 품질 측정 방법[3]과 영상 전체에 대해 하나의 수치로 품질을 결정하는 전역적 품질 측정 방법[2]을 이용하여 얻어진다. 두 방법 중 어느 방법을 사용하든 지문 영상의 품질은 하나의 지문 영상에 대해 하나의 수치로 표현된다. Hybrid segmentation의 결과와 비교하기 위해 사용되는 NFIQ는 전역적 방법으로서 지문 영상 품질 결과를 1~5사이로 나타내며, 지문 영상이 고품질일 경우 1, 저품질일 경우 5로 표현된다. Aware사에서 개발한 QualityCheck[3] 프로그램은 지문 영상의 품질을 융선의 흐름, 특징점의 개수 그리고 contrast/brightness로 표현하여, 융선이 끊어짐 없이 잘 연결되고 특징점이 많이 발견되는 지문 영상에서 높은 품질을 나타낸다. 또한, 품질의 스코어도 국제표준과 동일하게 0에서 100사이로 나타내며, 100에 가까울수록 좋은 품질의 지문 영상이다.

이외에도 Nill[4]은 디지털 영상에 기반하여 객관적으로 영상의 품질을 측정하는 방법을 소개하였다. Bolle[5]은 방향성을 가지고 있는 영역과 그렇지 않은 영역의 비율로서 영상의 품질을 측정하는 방법을 설명하였다. Shen[6]은 융선과 골이 분명하게 반복되는 구조의 블록인지 알기 위해 영상의 sub-block에 게이버 필터를 적용하였다. Ratha[7]는 wavelet을 이용하여 지문 영상의 압축을 통해 품질을 측정하는 방법을 제안

하였다. 여기서 지문 영상은 WSQ(Wavelet Scalar Quantization)로 압축된다.

이중에서 지문 영상의 품질을 측정하는 방법 중에 하나인 NFIQ의 방법을 분석하여, 본 논문에서 제안하는 지문 영상 품질 측정 방법을 비교한다. NFIQ의 경우, 지문 영상 품질의 결과는 국제표준에 따르지 않고 있는 점과 500dpi를 갖는 지문 영상에 대해서만 정확한 품질을 측정하는 문제가 있다. 이에 NFIQ가 가지고 있는 문제를 해결하기 위한 Hybrid segmentation 방법을 제안한다.

### 2.1. NIST Fingerprint Image Quality

NFIQ는 NIST에서 개발한 지문 영상의 품질을 측정하는 프로그램이며, Multi-Layer Perceptron(MLP)[3]의 neural network 입력 값을 받아 출력 값인 neural network의 activation level를 이용하여 영상의 품질을 측정한다. NFIQ를 이용하여 영상의 품질을 측정하기 위해서는 아래와 같은 조건이 만족되어야 하며, 그 결과는 1~5사이의 값으로 나타나게 된다.

- 영상 파일의 포맷을 wsq로 변환(NIST에서 제공하는 fincvr 프로그램을 이용하여 wsq 포맷으로 변환)
- 영상에서 용선이 흰색, 배경이 검은색인 경우에는 용선을 검은색으로 배경은 흰색으로 변환
- 500 dpi 광학식 센서의 지문 영상에 대해 최적화

ISO/IEC 국제표준에서 영상의 품질 수치를 0~100으로 지정하고 있으나 NFIQ는 1~5 사이로 측정하고 있다. 이러한 문제는 국제표준에 맞추고 있는 프로그램들과 동일한 영상의 품질을 측정하는데 어려움을 겪게 한다.

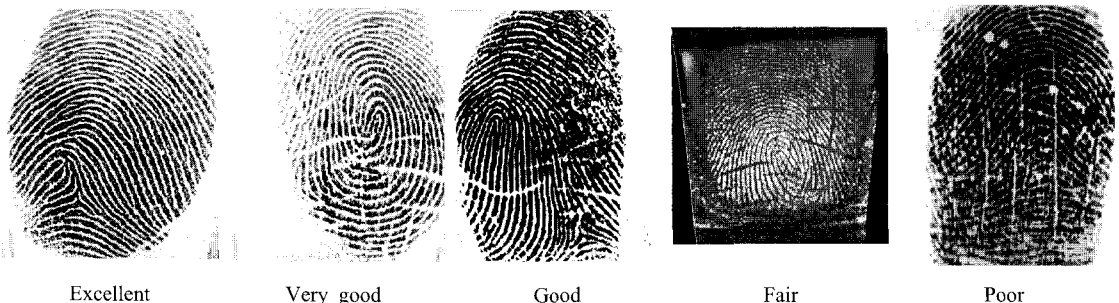
위의 첫 번째 조건처럼 영상의 파일 포맷을 wsq로 변환할 경우 영상의 크기는 1/10 수준으로 압축된다. 또한 영상에서 용선이 흰색으로 표현되는 영상에 대해서는 용선을 검은색으로 변환해야하며, 마지막 조건에 명시되어 있는 것처럼, 해상도가 500 dpi가 아닌 영상에 대해서는 결과가 나오기는 하나 정확하다고 말할 순 없다. [그림 2]는 NFIQ를 이용하여 다양한 센서로 얻어진 지문 영상 품질의 측정결과를 보여준다.

### 2.2. Hybrid segmentation을 이용한 지문 영상의 품질

본 연구에서 지문 영상의 품질을 측정하기 위해서 사용한 방법은 hybrid segmentation이다. 이 방법은 전경과 배경을 구분해줄 뿐만 아니라 각각의 블록에서 전경과 배경의 품질 또한 측정할 수 있다. 지문 영상의 품질을 측정하기 전에 segmentation을 이용하여 지문 영상에서의 노이즈 부분을 제거하게 되는데, 블록이 4x4일 때 전경과 배경을 구분하는 성능이 가장 높게 측정되었다. 이에 영상의 품질 측정도 4x4 블록의 품질을 측정한 후 영상 전체의 품질을 측정하였다.

[표 1]. NFIQ 결과

결과	Image Quality
1	Excellent
2	Very good
3	Good
4	Fair
5	Poor



(그림 2) NFIQ 영상 품질의 예

전경의 품질 수치는 배경의 품질에 비해 상당히 높은 수치로 측정된다. 또한 건조한 부분이나 습한 부분에서도 영상의 품질 수치는 낮게 측정되어 품질이 좋은 부분과 그렇지 않은 부분을 잘 측정하는 장점을 가지고 있다. 이 방법의 전체적인 진행은 [그림 3]과 같이 이루어진다. 영상의 품질은 [그림 3]의 결과와 같이 각 블록 별로 나타나고 영상의 품질에 따라 빨간색에서 파란색으로 표현된다. 용선이 선명한 부분은 파란색에 가깝게 표현되며, 건조한 영역은 노란색으로, 배경 또는 품질이 안 좋은 경우는 빨간색으로 표현된다.

Segmentation measure 중에 variance ratio[8]와 modified coherence[9]를 측정하는 방법은 아래와 같다. Variance ratio는 전체 지문의 화소 값들의 분산과 비교하여 각 구부 영역의 분산의 크기를 나타냄으로써, 해당 영역 내의 지문의 용선들의 화소 값 대비 (Contrast)를 측정한다. 식(1)에서  $Var_g$ 은 전체 영상의 variance,  $Var_l$ 은 한 블록에서의 variance를 나타내고, 지문의 전경에 해당하는 영역에서는 용선과 골이 존재함으로  $Var_l$ 이 증가하여,  $R_v$ 가 커지게 되며, 배경 영역에서는  $Var_l$ 이 0에 가까우므로  $R_v$  역시 0에 가깝게 된다.

$$R_v = \frac{2 \times Var_l}{Var_g + Var_l} \quad (1)$$

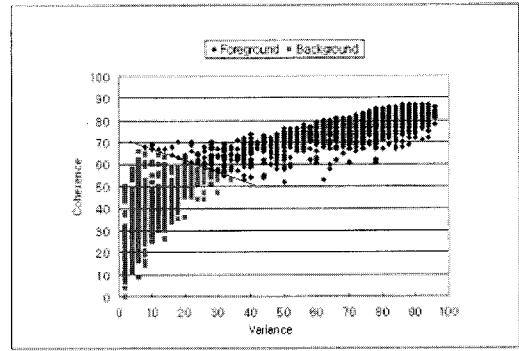
Modified coherence는 용선의 방향성의 집중도를 측정하는 것으로서 용선의 방향성이 좋을수록 집중도는 높게 측정되며, 배경보다 전경에서 수치가 높게 나타난다. Gradient vector 쌍의 auto-covariance matrix C의 평가는 식(2)에 의해 구해진다.

$$C = \begin{bmatrix} G_{xx} & G_{xy} \\ G_{xy} & G_{yy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_x^x & G_x G_y \\ G_x G_y & G_y^y \end{bmatrix} \quad (2)$$

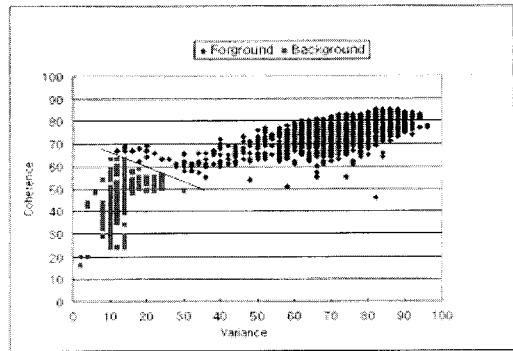
여기서  $G_{xy} = \sum_w G_x G_y$ 로 나타낸다. 식(2)의 co-variance matrix에 의해서 eigenvalue의 최대치와 최소치인  $\lambda_{max}$ 와  $\lambda_{min}$ 을 계산할 수 있다. Coherence는 식(3)을 이용해 계산 한다.

$$Coh = \frac{\lambda_{max} - \lambda_{min}}{\lambda_{max} + \lambda_{min}} = \frac{\sqrt{(G_{xx} - G_{yy})^2 + 4G_{xy}^2}}{G_{xx} + G_{yy}} \quad (3)$$

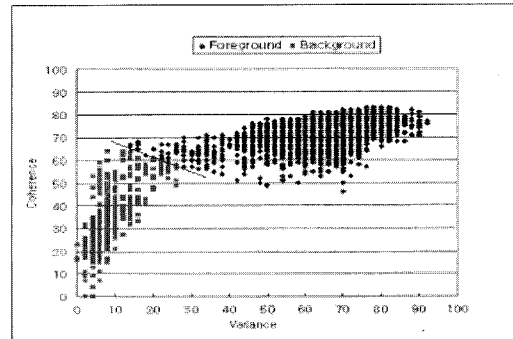
식(4)를 통해 각각의 블록의  $\lambda_{max}$ 와  $\lambda_{min}$ 를 계산한다. 그러면  $\lambda_G$ 는 모든 블록들 중에 ( $\lambda_{max} + \lambda_{min}$ )이 가장 큰 값에 의해 정의된다. 각각의 블록에 대한 modify coherence는 아래의 식(4)에 의해 측정된다.



(a) Sensor A(High Quality)



(b) Sensor B(High Quality)



(c) Sensor B(Low Quality)

[그림 3] 블록 별 variance와 coherence의 비교

$$Coh_m = \frac{\lambda_{max} - \lambda_{min}}{\lambda_G} = \frac{\lambda_{max} - \lambda_{min}}{\lambda_{max} + \lambda_{min}} = Coh \times \frac{\lambda_{max} + \lambda_{min}}{\lambda_G} \quad (4)$$

위에서 측정된 수치를 이용하여 아래의 “가중치 합” 식(5)를 통해 구할 수 있으며 측정된 수치를 통해 해당 블록을 전경 또는 배경으로 구분할 수 있으며, 블록의 품질도 측정할 수 있다. 영상의 품질은 위의 2가지 방법을 사용하여 측정되며, Variance ratio를 통해 얻어지는 값에  $a_0$ 의 가중치를 두고, modified coherence을

통해 얻어지는 값에  $a_1$ 의 가중치를 두어 나온 값의 합을 그 블록의 영상 품질로 정의하였다. 여기서  $\vec{a} = [a_0, a_1]^T$ ,  $\vec{x} = [R_v, Coh_m]^T$ 로 정의된다. 식(6)에서 N은 전경의 블록의 개수를 말하며, 영상의 품질은  $Q_{ij}$ 의 수치와 같다.

$$q_{ij} = \vec{a} \cdot \vec{x} = (a_0 \times R_v) + (a_1 \times Coh_m) \quad (5)$$

$$Q_{ij} = \frac{1}{N} \sum_i \sum_j q_{ij} \quad (6)$$

[그림 3]은 위의 측정값을 가지고 배경과 전경을 구분한 것이다. 전경과 배경이 정확하게 구분되는 것을 볼 수 있다. [그림 3]의 (b)와(c) 경우를 보면 높은 품질과 낮은 품질을 갖는 영상에 적용한 결과, 품질에 상관없이 두 영상 모두 전경과 배경을 잘 구분하였다. 그림을 통해 Hybrid segmentation에서 variance와 coherence의 가중치를 판단할 수 있다. 또한, 분포가 품질이 좋은 영상에 비해 크게 나타남으로 영상의 품질이 떨어진다는 것을 의미하기도 한다. [그림 4]는 동일한 영상에 대해 variance ratio, modified coherence 그리고 hybrid segmentation의 품질을 측정하였다. 상대적으로 variance ratio만 가지고 품질을 측정했을 경우 영상의 품질이 낮게 측정되었고, modified coherence만을 이용했을 경우는 높게 측정되었다. Hybrid segmentation 방법은 앞의 방법들의 가중치를 통해 얻은 결과임으로 그래프 상 중간에 위치하는 것을 볼 수 있다. 실험에 사용된 센서는 회사들이 제공하는 스펙에 따라 500dpi를 갖는 센서 3개와 500dpi가 아닌 센서 1개를 선택하였으며, 영상의 품질 스코어가 높게 측정됨으로서 사용된 영상들의 품질은 좋은 것으로 확인되었다.

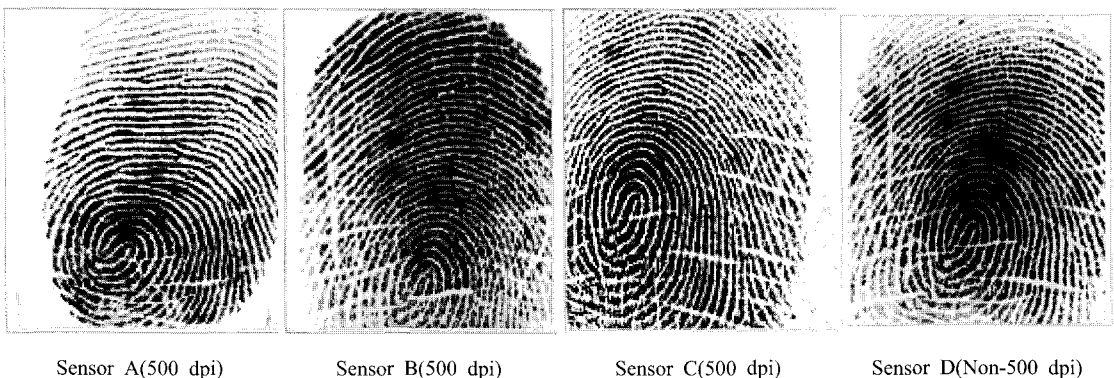
### Ⅲ. 지문 인식 알고리즘 성능의 영향 요소

이 장에서는 실험에 사용된 영상들과 500dpi와 500 dpi가 아닌 광학식 센서의 종류와 원리에 대해 설명하고, 데이터베이스의 선정 방법 및 사용된 영상에 대해 서술한다. 또한 센서 별로 영상이 갖는 특성에 대해 정리하고, 그 특성에 따라 image quality를 측정할 때 장점 및 단점을 분석한다.

#### 3.1. 500dpi 광학식 센서

지문 센서에는 광학식 센서, 반도체식 센서, 열감지 방식 센서, 초음파식 센서, 그리고 비접촉식 센서 등이 있다. 이 중 실험에 사용된 광학식 센서의 방식은 광원으로 부터 프리즘에 입사된 빛의 전반사를 이용하여 지문을 획득하는 방법으로 사용이 편리하며 유지 및 보수가 용이하다는 장점이 있는 반면, 크기가 크고 건조한 손가락의 지문 획득 시에는 융선의 단절되는 현상과 습한 지문의 경우 융선의 구조가 구분이 되지 않는 단점도 있다. 또한 어린이의 경우는 손가락의 크기가 너무 작아서 입력 창에 접촉했을 경우 광학식 센서가 제대로 인식하지 못해 영상을 표현하지 못하는 경우도 발생한다.

본 연구에서는 해상도가 500dpi와 500dpi가 아닌 센서를 대상으로 실험하였다. 그 이유는 NFIQ와 Hybrid segmentation의 영상 품질의 성능을 비교하기 위해서 500dpi를 갖는 센서를 선정하였고, Hybrid segmentation의 방법은 센서에 관계없이 동일한 결과



(그림 4) 500 dpi와 non-500 dpi의 광학식 센서로 얻은 영상



(a) Sensor A(500 dpi)

(b) Sensor B(500 dpi)

(c) Sensor C(500 dpi)

(d) Sensor D(Non-500 dpi)

(그림 5) 동일한 지문에 대한 센서별 취득 영상의 예

를 얻어낼 수 있기 때문에 500dpi가 아닌 센서를 추가하여 실험을 하였다. [그림 4]는 실험에 사용된 광학식 센서를 통해 얻어진 동일한 영상을 보여준다.

### 3.2 데이터베이스

지문 영상은 각 센서별(500dpi 센서 3개, non-500dpi 센서 1개)로 125장씩의 영상을 선정하였다. 선정 방법은 사람의 눈으로 NFIQ와 동일한 등급을 나눠 각 등급 당 25장씩으로 하였다. Hybrid segmentation과 달리 NFIQ에서는 500dpi를 갖는 영상만 취급하기 때문에 non-500dpi 센서의 실험 결과는 정확하다고 할 수 없다.

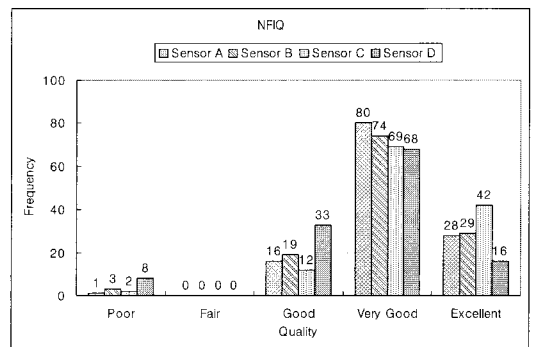
실험에 사용된 500dpi & non-500dpi를 갖는 영상의 품질은 모두 좋은 품질을 갖는 것으로 측정되었다. 하지만 각각의 센서마다 차이점을 가지고 있으며, [그림 5]는 동일한 영상의 예를 보여준다. 센서들의 특성을 살펴보면 센서 A의 경우, [그림 5]의 (a)와 같은 건조한 영상이 많이 보이는 것이 특징이다. 이로 인해 영상의 image quality를 측정함에 있어 건조한 영역에서의 품질이 낮게 측정됨을 볼 수 있었다. 센서 B의 경우, (b)와 같이 융선이 선명하게 표현되었으며, 그로 인해 압력이 가해질 경우 융선과 골의 구분이 힘든 지역도 생겼다. 하지만, 그런 부분은 배경처리하기 때문에 영상의 품질에는 영향을 미치지 않는다. 센서 C의 경우, 센서 B와 비슷한 특성을 지니고 있으며, 센서 B보다는 건조하고, 압력에 영향을 덜 받는 것으로 측정되었다. 센서 D의 경우, 센서 A와 B의 중간 정도의 품질이 측정되었다.

## IV. 실험 결과

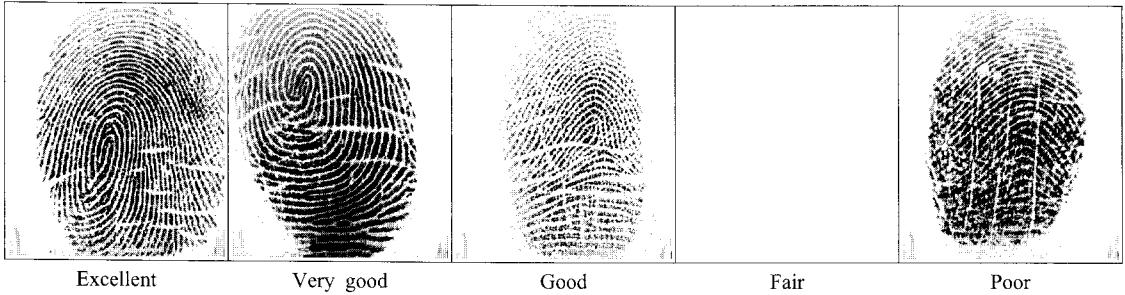
본 논문에서는 Hybrid segmentation 방법으로 500 dpi와 non-500 dpi의 광학식 센서들로 획득한 지문 영상의 품질을 측정하는 것을 제안하였다. 또한 그 결과의 성능을 비교하기 위해서 동일한 영상에 대해 NFIQ로 측정하였다. 이 장에서는 각각의 방법을 통해 얻은 결과에 대해 분석하고, 두 결과를 비교한 것에 대해 서술한다.

### 4.1. NFIQ를 이용한 지문 영상 품질의 실험 결과

NFIQ의 결과는 영상에 대해 전체적으로 품질을 측정하여 1~5사이의 값으로 표현한다. [그림 6]은 NFIQ를 이용하여 데이터베이스의 영상 품질을 측정한 결과이다. 전체적으로 모든 센서들의 영상 품질은 높게 측



(그림 6) NFIQ를 이용한 영상 품질 측정 결과



(그림 7) Sensor A 영상의 품질의 결과 예



(그림 8) 센서별 영상 전체의 품질 측정 시 문제점

정되었으며, 어느 센서에서도 fair의 영상은 발견되지 않았으며, poor의 품질을 갖는 영상도 2.8%정도 밖에 되지 않았다. [그림 7]은 각 센서 별로 품질에 맞는 영상을 보여준다. 각 센서별로 영상은 앞서 언급한 센서의 특성과 무관하지 않다. 센서 A의 영상은 다른 센서들의 영상에 비해 건조한 영상들이 많이 보이며, 다른 센서의 영상들도 3장에서 설명한 바와 일치한다. 모든

센서에서 fair의 품질 등급이 나타나지 않은 것이 특이 사항 이었으며, poor의 영상 경우는 동일한 사람의 지문임을 알 수 있다. Excellent의 품질이 나온 영상들은 대체로 융선과 골이 분명하게 반복되는 것을 볼 수 있으며, 품질이 낮아질수록 융선의 끊어짐이나 뭉개진 영역들이 생기는 것을 볼 수 있다.

### 4.2. Hybrid segmentation을 이용한 지문 영상 품질의 실험 결과

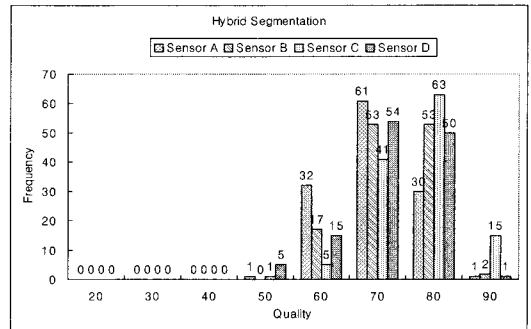
Hybrid segmentation 방법은 NFIQ와 달리 영상에서 각 블록에 품질을 측정한다. 각 블록의 품질을 측정하는 관계로 영상 내에 습한 영역이나 건조한 영역에서의 품질은 낮게 측정되지만, NFIQ와 같이 영상 하나에 대해 품질을 측정하기 위해서 모든 블록의 값의 평균을 구하였다. 그로 인해 평균의 수치가 높게 나올 경우 영상의 품질이 좋은 것으로 분석하였다. 하지만, 이런 경우에 [그림 8]과 같은 문제가 발생하였다. [그림 8]의 영상을 보면 영상의 품질 스코어와 시각적 인식과는 차이가 있어 보인다. [그림 8]에서 얻을 수 있는 결론은 영상의 품질이 좋아도 배경의 영역이 크면 품질의 스코어는 떨어진다는 점이다. 이러한 문제를 없애기 위해서 배경의 영역을 제외한 전경의 품질만을 가지고 실험을 하였으며, [그림 9]는 각 센서별로 전경만을 이용하여 영상의 품질을 측정한 결과이다.

전경만을 이용하여 지문 영상의 품질을 측정한 결과 영상전체를 이용했을 때 보다 더 정확한 결과가 측정되었다. Hybrid segmentation 결과는 수치의 범위가 좁게 분포하고 있지만, 모든 광학식 센서로 측정된 영상에서는 품질이 좋은 것으로 나타났다.

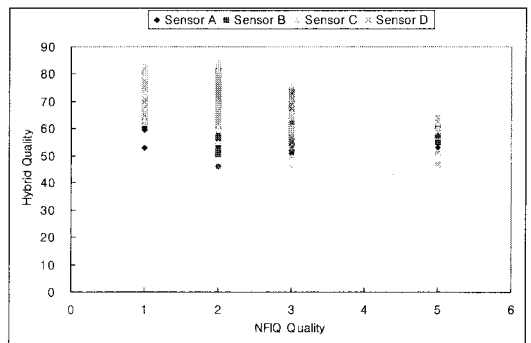
### 4.3. 지문 영상 품질 평가 결과의 비교

[그림 6]과 [그림 9]는 각각의 방법을 통해 얻은 결과의 그래프를 보여준다. 두 방법 모두 품질이 좋은 하나의 지문 영상에 대해 높은 수치를 주었고, 그렇지 않은 영상에 대해 낮은 수치로 성능평가를 하였다. 또한 실험에 사용된 동일한 데이터베이스들에 대해서도 두 방법 모두 좋은 품질을 갖는 것으로 평가되었다. NFIQ 결과에서 excellent와 very good의 품질이 측정된 영상의 수와 hybrid segmentation의 80이상으로 측정된 영상의 수가 거의 동일하였다. 두 방법의 차이점이라면 결과의 세분화라 할 수 있는데, 결과 값을 5등분하는 것과 0~100사이로 평가하는 것은 큰 차이가 있다. 동일하게 good으로 측정된 지문 영상 안에서도 품질의 차이는 있기 마련이다. 하지만 정확한 수치로서 지문 영상의 품질을 측정해준다면 지문 영상 데이터베이스의 품질을 더 정확히 측정할 수 있으며, 그에 따라 부가적으로 지문 알고리즘의 성능 또한 측정하는데 도움

을 줄 수 있다. [그림 10]은 동일한 데이터베이스에 대해 센서별로 품질을 측정한 결과이다. 위의 결과를 토대로 하나의 동일한 영상에 대해 각 방법들이 어떤 결과를 나타내는지 보여준다. Hybrid 방법을 통해 지문 영상의 품질을 측정한 결과, 측정된 수치의 높고 낮음에 따라 사람의 눈으로 보는 것과 동일하게 지문 영상의 품질이 측정되었다. 두 방법의 결과가 정확히 일치하지는 않았으나, 두 방법이 유사한 결과를 측정함을 확인 할 수 있었다. 또한, Hybrid 방법의 경우는 NFIQ에 비해 세분화된 결과를 보여줌으로써, 지문 영상의 품질을 선정하는데 있어 많은 도움이 될 것이다. 특히 NFIQ에서 poor 등급으로 측정된 영상이 Hybrid segmentation방법에서는 높은 품질로 측정된 경우 또는 그 반대의 경우가 있었다. 이러한 결과가 나온 원인을 분석하여 영상의 품질 스코어와 사람의 시각적 인식으로 평가 결과가 일치하도록 수정해야 할 필요가 있다.



(그림 9) Hybrid segmentation을 이용한 영상 품질 결과



(그림 10) 센서들의 분산형 결과



## V. 결 론

본 논문은 지문 영상의 품질을 측정하는 hybrid segmentation 방법을 제안하였다. 제안한 방법의 성능을 평가하기 위해서 동일한 데이터베이스에 대해서 NIST에서 개발한 NFIQ의 결과와 비교하였다. 결과적으로 동일한 영상에 대해 유사한 수치를 측정하였으며, NFIQ에 비해 결과를 세분화 한 점은 더 우수하다고 할 수 있다.

Hybrid segmentation 방법은 variance ratio와 modified coherence의 두 가지 방법을 융합하여 기존의 단일 방법만을 사용한 것보다 더 명확한 전경과 배경을 구분한다. 전경과 배경으로 나뉜 지문 영상의 블록들에 대해서 품질의 수치 차이가 구분됨으로 인해 지문 영상 내에 건조하거나 습한 영역과 품질이 좋은 영역의 구분이 정확하게 측정되었다. 또한, NIST의 NFIQ와 달리 센서의 종류에 상관없이 모든 지문 영상에 대해 일관적으로 동일한 결과를 측정하는 장점을 보여주었으며, 국제표준과 마찬가지로 지문 영상의 품질 스코어를 0~100사이로 정해놓아 동일한 포맷으로 진행되고 있는 점도 장점이라 할 수 있다.

향후 과제로 블록별로 영상의 품질을 측정하는 방법에서 전경의 수치만을 가지고 측정하는 것보다 새로운 측정 방법이 필요하며, 낮은 품질의 영상임에도 불구하고 지문 영상 내에 품질이 낮은 영역들이 배경 처리됨으로써 hybrid segmentation에서 높은 품질을 갖는 것으로 측정되는 문제에 대한 해결이 필요하다. 최종적으로 영상 품질의 결과는 사람의 시각적 인식과 동일하도록 해야 하는 문제를 해결해야 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] 박노준, "이기종 지문센서의 호환을 위한 Segmentation & Orientation 알고리즘 개발", 인하대학교 대학원 석사학위 논문,
- [2] <http://fingerprint.nist.gov/NFIS/index.html>
- [3] C.L. Wilson, J.L. Blue and O.M. Omidvar, "Training Dynamics and Neural Network Performance", Neural Networks, Vol. 10, No. 5, pp. 907-923, 1997
- [4] N. Nill and B.H. Bouzas "Objective image quality measure derived from digital image power spectra." Optical Engineering, Vol. 31 No, 4, pp. 813-825, April 1992.
- [5] R.M. Bolle et al. "System and methods for determining the quality of fingerprint images", United States patent number US596356, 1999
- [6] L.L. Shen, A. Kot and W.M. Koo. "Quality measures of fingerprint images." 3rd international conference AVBPA 2001, pp. 182-271, June 2001
- [7] N.K. Ratha and R.M. Bolle. "Fingerprint image quality estimation", IBM computer science research report RC21622, 1999
- [8] N. Ratha, S. Chen, and A. Jain, "Adaptive flow orientation based feature extraction in fingerprint images," Pattern Recognition, vol.28, no.11, pp. 1657-1672, 1995
- [9] A.M. Bazen and S.H. Gerez, "Directional Field Computation for Fingerprints Based on the Principal Component Analysis of Local Gradients," Proc.ProRISC2000 Workshop on Circuits, Systems and Signal Processing, pp. 215-222, 2000

< 著 者 紹 介 >



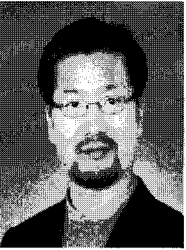
**박 노 준 (Nohjun Park) 정회원**

2004년 3월~2007년 2월 : 인하대학교 정보통신대학원 정보통신공학과 석사 졸업  
 2007년 2월~현재 : 한국정보보호진흥원 근무 중  
 <관심분야> 바이오인식, 영상처리, 패턴인식



**장 지 현 (Jihyeon Jang) 정회원**

2002년 2월 : 대전대학교 컴퓨터공학과 학사 졸업  
 2004년 2월 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 석사 졸업  
 2004년 3월~현재 : 인하대학교 정보통신공학과 박사 과정  
 <관심분야> 바이오인식, 패턴인식, 영상처리



**김 학 일 (Hakil kim) 종신회원**

1983년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 학사 졸업  
 1985년 8월 : (미) 퍼듀대학교 전기컴퓨터공학과 석사 졸업  
 1990년 8월 : (미) 퍼듀대학교 전기컴퓨터공학과 박사 졸업  
 1990년 9월~현재 : 인하대학교 공과대학 교수  
 2001년 2월~현재 : 한국바이오인식포럼 시험평가분과 위원장  
 2002년 1월~현재 : 한국정보보호학회 바이오인증연구회 위원장  
 2003년 3월~현재 : ISO/IEC JTC1/SC37(생체인식) WG5(성능평가) Rapporteur Group  
 2005년 4월~현재 : ITU-T SG17 Q.8 (Telebiometrics) Rapporteur  
 <관심분야> 바이오인식, 패턴인식, 영상처리