

영상의 특성분석을 통한 지문영상의 적응적 개선*

박찬호, 윤은경, 조성배

연세대학교 컴퓨터과학과

Adaptive Enhancement of Fingerprint Images through Image Characteristics Analysis

Chanho Park, Eun-Kyung Yun, Sung-Bae Cho

Department of Computer Science, Yonsei University

요약

지문 영상의 품질은 지문 영상에서 특징점을 추출할 때 매우 중요한 요소로 작용하여, 시스템 성능에 크게 영향을 미친다. 시스템의 성능을 개선시키기 위해서, 영상 개선에 관한 많은 연구가 진행되어 왔지만, 영상의 품질에 관계없이 획일적으로 수행되었다는 단점이 있었다. 만약, 지문 영상의 특성에 따라 적응적으로 영상개선이 이루어진다면, 시스템의 성능은 더욱 향상될 것이다. 본 논문에서는, 지문 영상으로부터 다섯 가지 특징을 추출하고 계층적 클러스터링 알고리즘으로 영상의 품질을 분석한 후, 습성, 보통, 건성의 특성에 적합하게 영상을 개선하는 적응적 영상개선 방법을 제안한다. 체계적인 실험을 통하여 제안한 방법이 품질 지수와 블록 방향성 차이를 개선시키는 것을 알 수 있었다.

I. 서론

정보화 시대를 맞이하여, 개인 정보보호의 중요성은 날로 높아지고 있지만, 기존의 정보보호 방법들은 도용당하기 쉽다는 단점이 있다. 따라서 개인의 정보를 보호하기 위한 다른 방법이 요구되고 있는데, 개인의 독특한 물리적, 행동적 특징을 이용한 생체인식 방법은 분실 및 도난의 위험이 없어 많이 연구되고 있다.

생체인식 중에서도 지문인식은 그 역사가 가장 깊으며, 현재에도 Jain 등의 학자들에 의하여 활발한 연구가 진행 중이다[1, 2]. 지문인식의 문제점은 항상 좋은 품질의 지문 영상을 얻기 힘들다는 점이며, 지문인식 시스템이 좋은 성능을 내기 위해서는 입력받은 지문 영상을 개선시키는 작업이 먼저 필요하다. 그러나 기존의 방법들은 영상의 품질을 고려하지 않고, 획일적으로 필터링 과정을 입력 영상에 적용시킨다는 단점이 있

었다. 만약 영상의 품질이 고려된 영상개선이 이루어진다면, 지문인식 시스템의 성능은 더욱 향상될 것이다.

본 논문에서는 영상 개선을 위한 적응적인 필터링 방법을 제안한다. 먼저 입력받은 지문영상에 대하여, 클러스터링 분석을 사용하여 그것이 습성인지, 보통인지, 건성인지 판단한 후, 각 영상의 특성에 맞춘 필터링 과정을 진행한다. 즉, 건성 영상에는 융선 개선 작업을 하고, 습성 영상에는 골개선 작업을 수행한다. 끝으로 제안한 방법을 NIST DB 4와 인하대학교에서 만든 DB에 적용시켜 보아, 그 우수성을 검증하고자 한다.

II. 지문영상 품질

일반적으로, 지문영상의 품질은 융선과 골의 구분이 얼마나 명확한지, 전체적으로 얼마나 잘 연결되어 있는지에 따라 결정된다. 품질에 영향을 주는 요인은 여러 가지가 있지만 주로 습도와 피부 조건의 영향을 많이 받는다. 건조한 피부는

* 본 연구는 연세대학교 생체인식연구센터(BERC)를 통하여 한국과학재단(KOSEF)에 의해 지원받았음.

용선과 스캐너의 센서 표면과의 접촉이 잘 이루어지지 않아 용선이 갈라지거나 흰 점이 많이 생기며, 습한 피부는 골이 습기로 차 있어, 골과 용선을 구분하기 힘들다. 그림 1의 (a), (b), (c)는 각각 습성, 보통, 건성 지문 영상의 예이다.



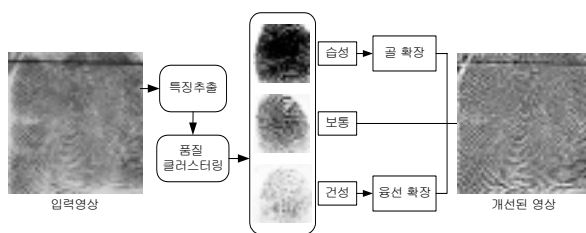
(a) 습성 영상 (b) 보통 영상 (c) 건성 영상

<그림 1> 지문 영상의 예

본 논문에서는 각 영상의 품질에 따라 서로 다른 영상 개선이 이루어진다. 습성 영상에는 골을 개선하여 너무 붙어있는 용선을 분리시키고, 건성 영상에서는 용선의 골격 추출을 통하여 영상에 존재하는 흰 점들을 제거하며 용선의 구조를 유지한다.

III. 품질평가 및 적응적 영상개선

그림 2는 제안한 방법의 개요를 보여준다. 지문 영상의 품질 분석을 위하여 방향성 정보에 기반을 둔 여러 가지 특징들을 추출한 후, 클러스터링 한다. 각 클러스터에 속하는 영상들의 품질이 분석된 후 적응적인 개선과정으로 들어간다.



<그림 2> 영상개선 과정의 개요

1. 지문영상의 특징 추출

본 논문에서는 영상품질의 측정을 위하여 다섯 가지의 특징을 사용한다. 영상의 평균(M)은 영상의 전체적인 명암의 높낮이 정보를 나타내며, 분산(V)은 영상 전체 명암값의 균일성 정도를 파악할 수 있다. 블록 방향성 차이(B)는 영상을 동일한 크기의 블록으로 나눈 후 계산할 수 있는데, 용선과 골의 선명도 차이를 알 수 있다

[3]. 용선과 골 두께의 비율(R) 역시 블록 단위로 계산하며, 이를 이용하여 전체 영상에서의 용선과 골 두께의 변화도를 측정할 수 있다. 마지막으로 방향성 변화도(O)는 방향성 변화의 합으로써 전체 용선의 연속성 정도를 나타내는 값이다 [3].

2. 클러스터링을 통한 품질 평가

앞에서 언급하였듯이, 지문영상은 크게 습성, 보통, 건성으로 나눌 수 있으며, 이를 위한 기준으로 지문영상이 가지고 있는 특징을 사용한다. 본 논문에서는 앞서 구한 다섯 개의 특징을 기반으로, 계층적 클러스터링 방법 중 한 가지인 워드(Ward)의 클러스터링 알고리즘을 사용하여 지문영상을 클러스터링 한다[4].

클러스터링은 모든 데이터가 초기에는 독립적인 클러스터로 시작하여 가장 유사한 클러스터끼리 병합하는 방식으로 진행된다. 워드 방법은 클러스터 내부의 제곱 합을 기반으로 유사도를 계산하며, 모든 데이터가 하나의 클러스터로 묶일 때까지 클러스터링을 진행한다.

클러스터링에서 고려해야 할 사항 중 하나는 클러스터의 개수를 정하는 것인데, 본 논문에서는 적절한 클러스터의 수를 결정하기 위하여 클러스터 덴드로그램 높이의 평균(\bar{h})과 높이의 표준편차(αs_h)를 이용한 Mojena의 cut-value를 사용한다[5].

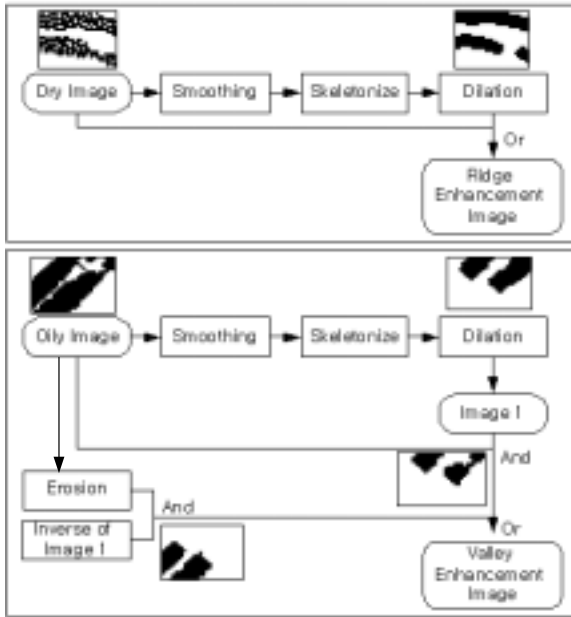
$$Mojena's\ Value = \bar{h} + \alpha s_h \quad (1)$$

α 값으로는 많이 사용되는 1.25를 사용하였다.

3. 적응적 영상개선

일반적으로 영상개선 방법으로 영상평활화(smoothing) 방법을 많이 사용한다[6]. 하지만 모든 영상에 일괄적으로 평활화 방법을 사용하는 것은 문제가 있다. 예를 들어, 건성 영상에서는 흰 점들을 제거하는 효과는 있지만, 용선이 얇은 곳은 끊어질 가능성이 있으며, 습성 영상에서는 골에 있는 검은 잡음들이 제거되며 골의 두께가 얇은 부분이 사라져버리기도 한다. 따라서 영상의 특성에 맞는 영상개선 방법이 필요하며, 본 논문에서는 그림 3과 같은 적응적 영상개선

방법을 제안한다.



<그림 3> 영상의 특성에 따른 영상 개선 과정

- 1) Dry 영상의 용선개선
 - A. 원영상에 블러링 적용: 잡음 제거를 위해 블러링을 적용한다.
 - B. 세션화 작업 수행: 용선의 골격을 추출한다.
 - C. 세션화 영상을 확장
 - D. 원영상과 C의 확장된 영상에 or 연산수행: 원영상의 검은 픽셀과 용선의 중심 골격을 확장시킨 영상을 결합함으로써 용선의 구조를 유지하면서 흰 점들만을 제거할 수 있다.
- 2) Oily 영상의 골개신
 - A. 원영상에 블러링 적용: 매우 가늘고 끊어진 골은 제거한다.
 - B. 세션화 작업 수행: 용선의 골격을 유지한다.
 - C. 세션화 영상을 확장: 골이 매우 가는 부분을 제외한 나머지 부분의 용선과 골의 구분으로 명확한 영상을 얻을 수 있다.
 - D. 원영상과 C의 확장된 영상에 and 연산수행: 원영상의 검은 픽셀과 C영상의 검은 부분을 합성함으로써 용선 간격이 너무 좁지 않은 부분의 용선 구조를 찾는다.
 - E. 원영상을 침식시킨 영상과 C영상의 inverse 영상에 and 연산수행
 - F. D영상과 E영상에 or 연산 적용: 두 영상의 검은 픽셀들을 결합함으로써 골개신된 영상을 얻을 수 있다.

IV. 실험 및 결과

본 논문에서는 제안한 방법을 검증하기 위하여 NIST DB 4(DB1)[7]와 인하대학교에서 작성한 DB(DB2)[8]를 사용하였다. 두 가지 DB모두 gray 영상이며, DB2는 특징점 추출이 정확한지 알아보기 위하여 사용되었다. DB1에서 2000장은 클러스터링에 사용하였고, 그 결과를 나머지 2000장에 적용시켜 적응적 필터링을 하였다.

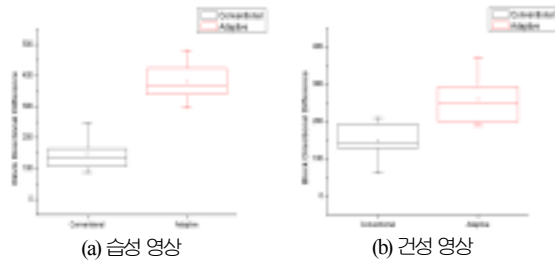
클러스터링 결과 Mojena의 cut-value에 의하여 5개의 클러스터가 결정되었고, 그 중 클러스터 4는 건성으로, 클러스터 5는 습성으로, 나머지는 보통 영상으로 지정되었다. 클러스터링으로부터 23개의 규칙을 발견할 수 있었고, 용선 두께가 골 두께보다 큰 경우 습성 클러스터에 속함을 확인 할 수 있었다. 건성 영상의 경우는, 용선과 골 두께의 비율과 평균이 다른 클러스터와 차이가 남을 알 수 있었다. 표 1은 발견된 규칙에 사용된 각 특징의 사용빈도를 나타내는데, 일반적으로 사람이 지문영상의 특성을 파악할 때 사용되는 기준인 용선과 골 두께 비율을 많이 사용하는 것을 알 수 있었다.

[표 1] 각 특징의 사용빈도

특징	사용빈도(%)
평균(M)	25.8
분산(V)	7.7
블록 방향성 차이(B)	14.2
방향성 변화도(O)	13.8
용선과 골 두께 비율(R)	38.5

영상의 품질은 두 가지 다른 방법으로 측정하였다. 먼저 앞서 사용한 특징 중, 영상의 블록 당 방향성차이를 평균한 값을 이용하여 품질을 판단하였다. 사람이 눈으로 지문영상을 평가할 때 용선과 골이 얼마나 선명하게 구분되는지의 여부가 중요한 기준이 되기 때문에, 이 특징이 클수록 좋은 영상이라 할 수 있다. 그림 4는 그 결과를 보여주고 있는데, 이 그림을 통하여 영상 품질의 분석 없이 확실적인 필터링을 하였을 경우 블록 방향성 차이 값이 146-147 정도인 반면, 적응적 필터링 모듈을 적용한 경우에는 그 값이 유의하게 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서 적

응적 필터링을 통하여 지문영상의 용선과 골의 구분이 더 명확해졌다고 할 수 있다.



<그림 4> 영상 개선에 따른 블록방향성 차이

두 번째 품질 측정 도구는 추출된 특징점을 기반으로 하였다. 인식시스템의 성능은 특징점의 정확한 추출에 영향을 많이 받으므로, 특징점 기반의 평가가 보다 정확하다고 할 수 있다. 일반적인 필터링과 적응적 필터링을 각각 적용한 영상에서 특징점을 추출하여 바르게 추출된 특징점의 개수(c)와 잘못 추출된 특징점의 개수(f), 추출되지 않은 특징점의 개수(u)를 이용하여 다음과 같은 품질 계수(quality index)를 측정하였다.

$$quality\ index = \frac{c}{c + f + u} \quad (2)$$

기준이 되는 특징점은 전문가가 수작업으로 추출하였다. 표 2에 기존의 방법과 적응적 영상 개선 방법의 품질 계수 측정 결과가 나와 있다. 표를 통하여 적응적 영상 개선을 통하여 품질 계수가 향상됨을 알 수 있었다.

[표 2] 품질 계수 측정 결과

영상 번호	전통적 필터링	적응적 필터링
1	0.16	0.37
2	0.25	0.27
3	0.0	0.25
4	0.35	0.40
5	0.33	0.56
6	0.27	0.41
7	0.22	0.45
8	0.11	0.18
9	0.32	0.41
10	0.08	0.32
평균	0.15	0.22
분산	0.01	0.02

V. 결론

지문 인식 시스템의 성능은 영상의 품질에 매우 큰 영향을 받는다. 입력 지문 영상이 제대로 인식되기 위해서는 영상 개선 과정이 필요한데, 지금까지는 대부분 획일적인 필터링 작업만 적용하였다. 본 논문에서는 시스템의 성능을 향상시키기 위해서 지문의 특성에 기반을 둔 적응적 영상 개선 방법을 제안하였다. 지문 영상의 특성에 적합한 필터링을 한 결과 기존의 방법에 비하여 품질이 크게 향상되는 것을 블록 방향성 차이와 품질 계수의 두 가지 품질 평가 척도를 통하여 알 수 있었다.

[참고문헌]

- [1] A. K. Jain, S. Pankanti, S. Prabhakar and A. Ross, "Recent Advances in Fingerprint Verification," *Int. Conf. on Audio- and Video-Based Person Authentication*, pp. 182-191, 2001.
- [2] N. K. Ratha, K. Karu, S. Chen, and A. K. Jain, "A Real-Time Matching System for Large Fingerprint Databases," *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 18(8), pp. 799-813, 1996.
- [3] K. Karu, and A. K. Jain, "Fingerprint Classification," *Pattern Recognition*, 29(3), pp. 389-404, 1996.
- [4] J. H. Ward, "Hierarchical grouping to optimize an objective function," *Journal of the American Statistical Association*, 58(301), pp. 236-244, 1963.
- [5] R. Mojena, "Hierarchical Grouping Methods and Stopping Rules: An Evaluation," *Computer Journal*, 20, pp. 353-363, 1977.
- [6] F. Galton, *Finger Prints*, Macmillan, London, 1892.
- [7] C. I. Watson and C. L. Wilson, *NIST Special Database 4, Fingerprint Database*. U. S. Nat'l Inst. of Standards and Technology, 1992.
- [8] H. Kang, B. Lee, H. Kim, D. Shin, and J. Kim, "A Study on Performance Evaluation of Fingerprint Sensors," *The 4th Int. Conf. Audio- and Video-based Biometric Person Authentication*, pp. 574-583, 2003.