

히스토그램을 이용한 지문 이미지 개선에 관한 연구

한동훈, 하홍준, 이창훈
건국대학교 컴퓨터 공학부
e-mail :traxacun@gmail.com

A Study on Improvement in Fingerprint image using Standard Deviation of Histogram

Dong-Hoon Han, Hong-Joon Ha, Chang-Hoon Lee
Dept. of Computer Science, Konkuk University

요 약

일반적인 히스토그램 기법은 용선과 골로 이뤄진 지문 영상을 개선하는 효과가 미미하다. 히스토그램 스트레칭 기법은 명암 분포를 확장하여 전체 영상의 명암을 확장시키며, 히스토그램 스트레칭은 국소적인 명암 개선 효과에 탁월하므로 지문 영상 개선에 적합하지 않다. 따라서, 이 논문에서는 지문 영상을 개선하기 위해 평균과 표준 편차를 이용한 방법을 제안한다.

1. 서론

지문인식 시스템은 지문 스캐너로부터 지문 영상을 얻어오는 단계, 영상의 화질을 개선하는 전처리 단계, 세션화, 특징점 추출, 특징점 정합으로 이뤄진다. 지문 스캐너는 일반적으로 CMOS 센서를 사용하며, 이 센서로부터 얻어진 영상은 명암 분포가 고르지 못하다는 특징을 갖고 있다. CMOS 센서로 얻어지는 지문 영상을 보면 지문 바깥 부분이 짙은 형태로 보이는 것을 알 수 있다. 따라서, 전처리 과정에서 지문의 명암도를 향상시켜 지문의 특징이 보다 잘 드러나게 한다. 영상처리에서 명암도를 개선하는 방법으로는 히스토그램 평활화(Histogram Equalization)[1], 히스토그램 스트레칭(Histogram Equalization)[2]이 널리 쓰이고 있으며, 이 둘을 조합하는 방법도 사용된다. 이 외에도 히스토그램 기법 중에는 평균값 히스토그램 평활화(Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization)[3], 로그 함수를 이용한 히스토그램이 있으나 지문 영상 개선에는 적합하지 않다.

히스토그램 평활화, 히스토그램 스트레칭의 처리 방법을 살펴보고, 보다 효과적인 영상처리 개선 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 평균과 표준편차, 각 픽셀의 값을 토대로 가중치를 적용하여 영상 이미지를 개선한다.

2. 히스토그램을 이용한 영상 개선

히스토그램은 영상에서 픽셀들의 명암 값의 분포를 나타낸 것이다. 영상 안에서 밝은 픽셀과 어두운 픽셀이 존재하는데 이들 픽셀의 명암 값의 분포를 표현한 것이 히스토그램이다. 0 ~ 255 사이의 값을 갖는 gray 이미지 영상의 경우 픽셀의 명도는 0 ~ 255 사이의 값으로 표현된다. 영상에서 히스토그램의 분포가 255에 가까운 값으로 치우쳐 있으면 지나치게 밝은 영상을 얻게되며, 0에 가까운 값으로 치우쳐 있으면 지나치게 어두운 영상을 얻게 된다. 영상을 개선하기 위해 흔히 사용되는 기법으로는 히스토그램 평활화와 히스토그램 스트레칭이 있다.

2.1 히스토그램 평활화를 이용한 영상 개선

명암값의 분포가 균일하지 못하고 한쪽으로 치우친 경우 명암값의 분포를 균일하게 만들어 영상을 개선

본 논문에서는 영상을 개선하기 위해 사용되는 히스토그램 스트레칭을 개선하기 위하여 평균과 표준편차를 이용한 방법을 제안한다. 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 육성지원사업의 연구결과로 수행되었음.

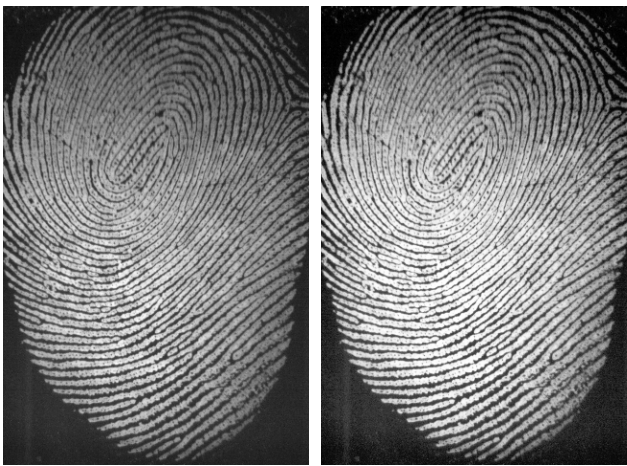
하는 방법이 히스토그램 평활화이다. 히스토그램 평활화는 어두운 부분을 밝게 만들고, 밝은 부분은 어둡게 만들어서 영상 전체에 걸쳐 적절한 명도를 유지하게 한다.

영상을 개선하기 위해 먼저 각 명암의 분포를 세서 축적 히스토그램을 만든다. 축적 히스토그램의 정규화식은 다음과 같다.

$$k_i = \frac{g_{max}}{n_i} H(i)$$

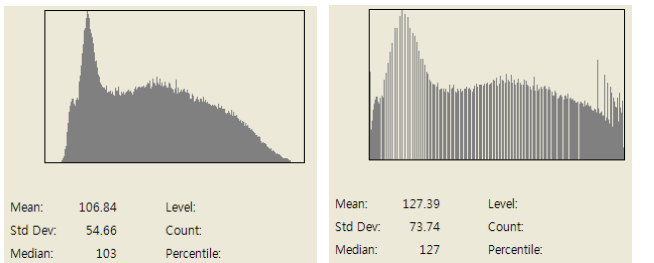
(식 1) 축적 히스토그램의 정규화식

g_{max} 는 픽셀 명암값의 최대값이며, n_i 는 전체 픽셀의 수, $H(i)$ 는 축적 히스토그램이며, k_i 는 픽셀의 새로운 명암값이 된다. 다음은 원 지문영상과 히스토그램 평활화를 한 지문영상이다.



<a- 원 지문영상> <b- 히스토그램 평활화 영상>
(그림 1) 원 지문영상과 개선된 지문영상

지문 영상을 비교하면 전체적인 명암 분포가 개선되어 지문 영상이 개선된 것을 알 수 있으며, 지문 바깥 부분의 배경 영역의 명암도 함께 개선되는 것을 볼 수 있다. 각 영상의 히스토그램은 다음과 같다.



<a- 원 지문영상의 히스토그램> <b- 평활화 이후의 히스토그램>
(그림 2) 원 지문영상과 개선된 영상의 히스토그램

히스토그램 분포에서 알 수 있는 것처럼 원 영상과 달리 평활화된 영상의 명암 분포가 전체적으로 고르게 된 것을 알 수 있다.

2.2 히스토그램 스트레칭을 이용한 영상 개선

히스토그램 스트레칭은 영상 분포에서 기준값 이하이면 명도를 압축하고, 기준값 이상이면 명도를 확대하

는 방법이다. 입력값과 출력값을 두 축으로 하는 그래프에서 기울기를 1 로 설정한 경우가 가장 흔하게 쓰이며, 로그값을 이용하여 명도를 개선하는 방법도 있다. 히스토그램 스트레칭은 히스토그램의 범위는 그대로 유지하면서 범위 안의 픽셀에 대한 명암값을 재계산하는 방법으로 영상을 개선하는 방법이다.

$$\text{새로운 픽셀값} = \frac{\text{이전픽셀} - \text{최소픽셀}}{\text{최대픽셀} - \text{최소픽셀}} \times 255$$

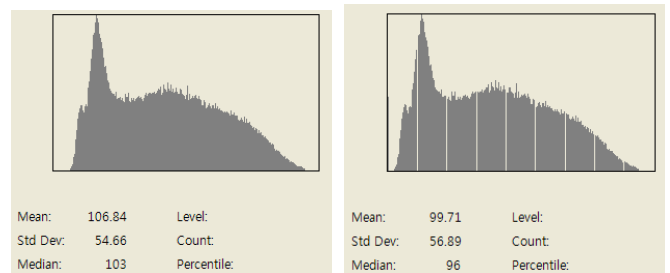
(식 2- 히스토그램 스트레칭의 변환식)

다음은 원 영상과 히스토그램 스트레칭을 거친 후의 지문 영상이다.



<a- 원 지문영상> <b- 히스토그램 스트레칭 영상>
(그림 3) 원 지문영상과 개선된 지문영상

히스토그램 스트레칭은 명암값의 범위를 그대로 유지한 채 범위안의 픽셀에 대해서만 명암을 개선하는 방법이기 때문에 그렇게 큰 영상의 개선을 보이지 않는다. 다음은 원 영상과 히스토그램 스트레칭을 거친 후의 히스토그램이다.



<a- 원 지문영상의 히스토그램> <b- 스트레칭 이후의 히스토그램>
(그림 4) 원 지문영상과 스트레칭 이후의 히스토그램

지금까지 살펴본 바와 같이 지문영상을 개선하는 데에는 히스토그램 평활화와 스트레칭 기법이 큰 도움이 되지 않는다. 따라서, 지문영상을 개선하기 위해 히스토그램의 평균값과 표준 편차를 이용하고, 각 픽셀에서의 명암값을 계산하는 데에는 가중치를 적용한 방법을 제안한다.

3. 히스토그램 가중치를 이용한 지문 영상 개선

지문 영상에서 각 픽셀의 값을 결정할 때 히스토그램

의 평균값과 표준 편차를 이용하여 새로운 픽셀의 명암값을 결정하는 방식을 제안한다. 먼저 원 영상에 대한 표준 편차를 구하기 위해 히스토그램을 구성한다. 전체 픽셀의 명암값을 합해도 되지만 히스토그램이 명암값의 분포이므로 히스토그램을 이용해서 명암값의 평균을 구한다. 이 평균값을 토대로 히스토그램의 표준 편차를 계산한다. 이렇게 구한 표준 편차를 H_{dev} 라 하면 가중치는 다음과 같은 식으로 구할 수 있다.

$$C = \frac{I_{dev}}{H_{dev}}$$

(식 3- 가중치 계산)

I_{dev} 는 이상적인 히스토그램을 갖는 영상의 표준 편차로 여기서는 $\sqrt{128*128}$ 을 값으로 사용하였다. gray 이미지는 0 ~ 255 까지의 값을 범위로 가지며, 이상적인 명암 분포를 가진 영상이면 영상의 평균값도 128, 표준 편차도 $\sqrt{128*128}$ 이 된다.

다음은 이 가중치를 이용해서 새로운 명암값을 구하는 정규화식이다.

$$N_i = I_{avg} + C(P_i - I_{avg})$$

(식 4- 가중치를 이용한 정규화식)

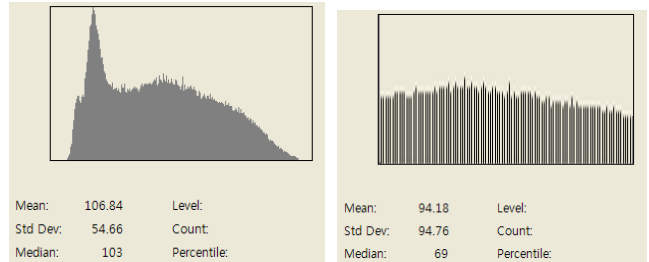
P_i 는 원 영상 픽셀의 명암값이며, N_i 는 정규화된 픽셀의 명암값이다. I_{avg} 는 이상적인 명도 분포를 갖는 영상의 평균값으로 gray 이미지는 0 ~ 255 까지의 값을 범위를 가지며, 이 경우 평균은 128 이므로 I_{avg} 도 128 이 된다. 다음은 원 지문 영상과 가중치를 이용해 개선한 이미지이다.



<a- 원 지문영상> <b- 가중치를 이용해 개선한 영상>
(그림 5) 원 영상과 가중치를 이용해 개선한 영상

기존의 영상 개선 방법보다 더 선명하게 영상이 개선된 것을 알 수 있으며, 특히 전경 분리가 이뤄지는 것을 알 수 있다. 다음은 원 영상과 제안한 방법으로 개

선한 이미지의 히스토그램이다.



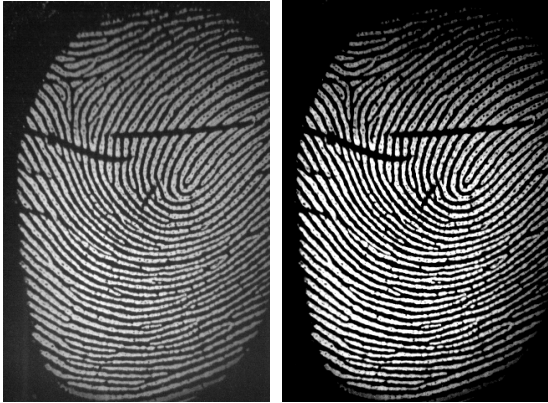
<a- 원 지문영상의 히스토그램> <b- 스트레칭 이후의 히스토그램>
(그림 6) 원 지문영상과 가중치를 이용해 개선한 영상의 히스토그램

히스토그램에서 알 수 있는 것처럼 명암값의 분포가 보다 고르게 되는 것을 알 수 있으며, 개선된 영상은 규칙적이며, 이산적인 특징을 갖는 것을 알 수 있다. 여기서는 이상적인 지문 영상의 평균값을 128 로 고정했는데, 평균값은 원 지문 영상의 평균값으로 대입하고, 표준 편차만 $128*128$ 로 고정하면 보다 개선된 지문 영상을 얻을 수 있다. <그림 7>에서 평균값을 동적으로 변화시키면 위 부분의 어두운 부분의 영상도 덜 손실되는 것을 알 수 있다.



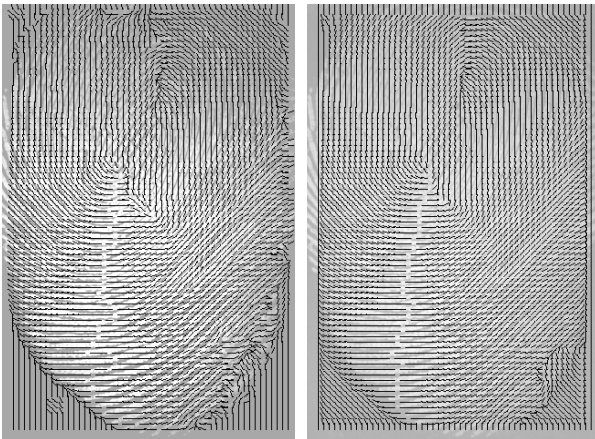
<a- 이상적인 평균값> <b- 원 영상의 평균값>
(그림 7) 이상적인 평균값과 원 영상의 평균값을 이용한 이미지의 비교

(그림 8)에서는 다른 지문 이미지에 본 논문에서 제안하는 평균과 표준편차를 이용하여 영상을 개선한 것으로 지문 영상의 특징이 잘 드러나며, 전경 분리도 깨끗하게 이뤄지는 것을 볼 수 있다.



(그림 8) 다른 지문 영상을 개선한 결과

다음은 지문 영상에서 방향성을 추출한 것으로 왼쪽의 이미지는 기존의 영상 개선 방법인 히스토그램 평활화와 히스토그램 스트레칭을 차례대로 적용한 후 방향성을 추출한 것이다. 오른쪽의 이미지는 제안한 방법으로 영상을 개선한 후에 방향성을 추출한 것이다. (그림 9)에서 두 영상의 비교에서 알 수 있는 것처럼 영상의 개선에 따라 방향성 추출에서도 방향의 왜곡 현상이 개선된 것을 알 수 있다.



<a- 기존 영상의 방향성 추출> <b- 제안한 영상의 방향성 추출>
(그림 9) 기존 히스토그램 기법과 제안한 기법을 적용한 방향성 이미지

(그림 1) - (그림 7)까지 사용된 지문 이미지는 (그림 8)의 지문 이미지에 비해 융선 간격이 보다 촘촘한 특징이 있다. 본 논문에서 제안하는 방법은 융선의 간격이 좁은 지문 영상에서도 영상 개선 효과가 뛰어나다는 것을 보여줬으며, (그림 9)에서 볼 수 있는 것처럼 방향 연산의 결과에도 긍정적인 영향을 끼치는 것을 알 수 있다.

4. 결론 및 향후 과제

영상 처리에 있어 히스토그램은 영상의 개선, 배경 분리 등에 널리 사용된다. 얼굴 이미지 인식에 있어서는 히스토그램 스트레칭 기법이 가장 뛰어나며, 배경 이미지를 추출하는 데에는 로그 함수에 따른 히스토그램 기법이 뛰어나다. 즉, 영상의 특징에 따라 히스토그램을 이용하는 방법이 다르며, 본 논문에서는 지문 이미지에서 지문의 융선과 골의 특징을 두드러지게

하면서, 배경 영역을 효과적으로 분리하며, 방향 연산에서 방향의 왜곡을 줄이는 영상 개선 방법을 제안하였다. 지문 영상 각각의 평균값을 이용하여 지문 이미지의 명암 분포에 관계없이 동적으로 이미지를 개선하는 방법을 제안하였다. 그러나, 어두운 부분의 영상이 더 어두워지거나 소실되는 단점이 있기 때문에 이를 예방할 수 있는 적절한 평균값과 표준 편차값을 찾는 방법을 개발할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] 천윤수, "새로운 히스토그램 평활화 알고리즘을 통한 영상의 콘트라스트 향상", 한양대학교, 2004
- [2] 장동혁, 디지털 영상처리의 구현, pp109-115, 와이미디어, 2003
- [3] Yeong-Taeg Kim, "Contrast Enhancement Using Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization", IEEE Transaction on Consumer Electronics, Vol. 43, No. 1, pp 1-8, 1997.