제25회 한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집 제13권 제1호 (2006. 5)

CDF 부합에 의한 영상 개선

강창옥*, 황재호*
*한밭대학교 전자공학과

An Image Enhancement using CDF fitting

Chang-Ok Kang*, Jae-Ho Hwang*
*Hanbat University

요 약

본 논문은 Cumulative Distribution Function(CDF) 부합에 의한 영상 개선 방법에 대해서 제안하였다. 제안한 방법은 원본 영상의 히스토그램 분포도를 조사하여 히스토그램 그래프상의 특정 색도 값들을 선정, 이 점들을 보간법을 이용하여 히스토그램을 재 작성한다. 이를 이용하여 원본 CDF 그래프를 크게 벋어나지 않고, 즉 밝기 정보가 크게 훼손 되지 않은 상태로 색도 값을 재 배치 함으로써 히스토그램 평활화와 스트레칭 효과를 모두 만족하는 영상 향상의 결과를 얻을 수 있다.
키워드 : 히스토그램 평활화(Histogram Equalization), 콘트라스트 향상(Contrast Enhancement), 누적분포 함수 부합(Cumulative Distribution Function fitting), 보간법(interpolation)

1. 서 론

히스토그램 평활화(Histogram Equalization)은 비교적 간단한 처리 방식으로 효과적인 콘트라스트(contrast) 향상을 얻을 수 있어 광범위 하게 사용되고 있다. 의료 영상처리 및 레이더 신호처리 분야 등에서 이러한 기법이 많이 사용되고 있다. 일반적인 히스트그램 평활화는 원본 이미지의 상태를 고려하지 않고 명암값 분포를 재배치하여 처리 영상의 콘트라스를 향상시키는 방법이다. 그러나 보편적인 평활화 방법으로 생성된 이미지의 색도 분포는 밝기가 과도하게 변화하여 분포되는 특성을 가지게 된다.

본 논문에서는 CDF 부합을 이용한 영상 개선 방안을 제안 하였다. 제안된 방법은 입력 영상의 히스토그램을 분석하여 히스토그램상에 분포된 색도 누적값들 중에서 히스토그램 분포도에 크게 기여하는 색도 값과 전 영역에서의 색도 분포를 위해 색도 값의 최대값과 최소값을 선정한다. 보간법을 이용하여 선정된 점들을 지나는 함수를 발생시켜 히스토그램을 재 작성하고, 재 작성된 그래프를 토대로 입력 화소값을 사상함으로써 히스토그램 평활화와 스트레칭 효과를 동시에 만족시키는 영상을 획득 할 수 있다.

본 논문의 본론에서는 히스토그램과 히스토그램 평활화에 대한 간략한 설명과 제안한 CDF 부합에 의한 영상 개선 방법에 대한 설명과 함께 실험 예제를 통하여 제안한 방법을 적용하여 비교 분석하였다. 끝으로 결론 및 향후 진행 방향을 논하였다.

2. 본 론

2.1 히스토그램(Histogram)

히스토그램은 이미지의 밝기를 표시하는 그래프로써 영상의 가장 어두운 영역에서 가장 밝은 영역의 범위를 나타낸다. 넓은 히스토그램 분포를 갖는 이미지는 어두운 영역과 밝은 영역의 범위를 갖게 됨으로 히스토그램의 분포도가 증가하면 이미지에서 더 많은 정보를 얻을 수가 있다. 이것은 영상의 정보 양은 전혀 증가하지 않고 순수한 시각 작용에 따른 것이다[1].

[0, L-1] 범위 내의 명암도를 가진 디지털 영상의 히스토그램은 이산함수 식(1)와 같다.

$$h(r_k) = n_k \qquad (1)$$

여기서 r_k 는 k번째 명암도이고, n_k 는 영상 내에서 k 번째 명암도를 가진 화소들의 수이다. 히스토그램은 각각의 값을 n 으로 표시되는 영상의 전체 화소수로 나누어 정규화 한다. 따라서 정규화된 히스토 그램은 식(2)와 같이 나타낸다.

$$p(r_k) = n_k / n \quad (2)$$

$$(k = 0, 1, \cdots, L-1),\ \sum_{0}^{L-1} p(r_k) = 1$$

디지털 영상처리에서 영상 $r = \{r(i,j)\}$ 는 L 개의 디지털 명암도로 이루어진 영상을 나타낸다. 영상 내의 모든 화소값 r 에 대한 명암도 s 는 식(3)와 같다.

$$s = T(r), \quad 0 \le r \le 1 \quad (3)$$

(a) $T(r)$ 은 구간 $0 \le r \le 1$ 내에서 단일 값을 갖고 단조 증가한다.
(b) $0 \le r \le 1$ 에 대해 $0 \le T(r) \le 1$ 이다.

식(3)를 확률밀도함수를 이용하여 식(4)와 같이 정의된다.

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^{k} p_r(r_j) = \sum_{j=0}^{k} \frac{n_j}{n} \quad (4)$$

$$k = 0, 1, 2, \ldots, L-1$$

출력 영상은 입력 영상에서 명암도 r_k 를 갖는 각 화소를 식(4)에 적용하여 출력 영상에 대응되는 명암도 s 로 사상시킴으로써 얻을 수 있다. 식(4)에 주어진 변화를 히스토그램 평활화(Histogram Equaliza-tion)라고 한다[2].

2.2 CDF 부합 방식(The method of CDF fitting)

제안한 영상 개선 방법은, 우선 처리하고자 하는 입력 영상의 히스토그램 분포도를 조사한다. 입력 영상의 히스토그램 그래프를 유지하면서 색도 분포률을 색도 범위 전 영역에 넓게 분포 시키기 위하여 특정 색도를 선정, 이 점들을 지나는 다차 함수를 발생한다. 0 ~ 255 그레이 스케일을 갖는 영상에서 색도 분포를 전 영역으로 넓혀주기 위하여 색도값 0 과 255 의 점들은 선정한다. 그리고 원본 이미지의 색도 빈도수가 가장 큰 색도값(빈도 최대값)과 가장 작은 색도값(빈도 최소값)을 선정하고 빈도 최대값과 빈도 최소값 사이를 적절히 등분하여 그 등분 값에 해당하는 색도값을 선정한다. 이는 원본 이미지의 히스토그램 분포도를 조사하기 위함이다.

히스토그램에서 빈도 최대값과 빈도 최소값 사이를 N 등분하기 위한 값은 식(5)에서 얻을 수 있다.

$$S_{div_range} = (S_{\max} - S_{\min}) / N \quad (5)$$

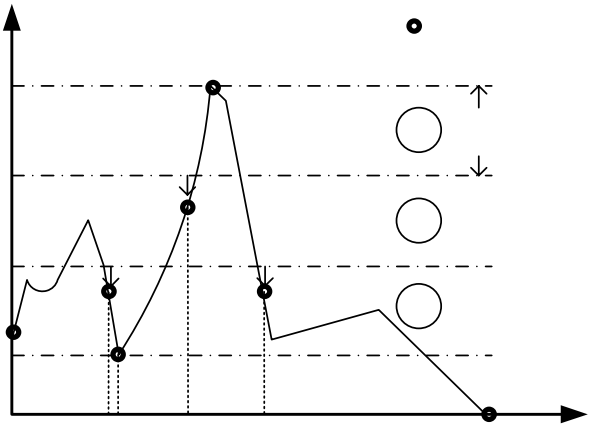
여기서 $S_{\max}$ 는 빈도 최대값을 $S_{\min}$ 은 빈도 최소값은 의미하며 식(6)과 식(7)으로 나타낸다.

$$S_{\max} = \max(hist(range)) \quad (6)$$

$$S_{\min} = \min(hist(range)) \quad (7)$$

$$0 \le range \le 255$$

그림 1 은 임의의 영상의 히스토그램에서 샘플링 포인트를 선정하는 방법을 나타내고 있다. 빈도 최대값과 빈도 최소값의 등분점이 결정되게 되면 그 등분값에서부터 1 식 감소하면서 범위 내에 존재하는 빈도 최대값을 찾게 되고 이 지점을 샘플링 포인트로 선정한다.



(그림 1) 샘플링 포인트 선정

그림 1 의 ②영역에서 빈도 최대값 S_{p1} 와 ③영역에서의 빈도 최대값 S_{p2} 는 식(8)과 식(9)와 같이 구할 수 있다.

$$S_{p1} = \max(S_{\max} - S_{div_range} : S_{\min}) \quad (8)$$

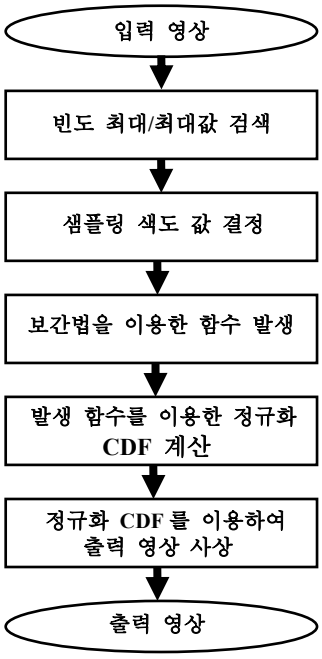
$$S_{p2} = \max(S_{\min} + S_{div_range} : S_{\min}) \quad (9)$$

단, $S_{p1} \neq S_{p2}$

식(5) ~ 식(9)을 이용하여 $S_{\max}$, $S_{\min}$, S_{p1}, S_{p2} 를 구하고 색도값 0 와 255 일 때의 샘플링 포인트 S_0, S_{255} 을 구할 수 있다. 샘플링 포인트가 결정 되면 그 점들을 연결하는 함수를 발생시켜 부드러운 형태의 히스토그램을 생성한다. 이때, 그림 1 에서와 같이 7 개의 점을 지나는 함수를 생성하기 위해서는 고차 다항식을 적용하여 함수를 발생시켜야 하는데 원치 않은 진동을 막기 위하여 소구간별 3 차 Hermite 보간법(Piecewise Cubic Hermite Interpolation)을 이용하였다[3]. 발생한 함수를 적용하여 정규화 CDF 를 계산하고 이를 식(4)에 적용하여 입력 영상의 화소값을 사상 시켜 개선된 영상을 획득 할 수 있다.

제안한 영상 개선 방법은 히스토그램 그래프를 부드럽게 하고 색도 값을 전 영역에 분포 할 수 있게 고려되었다. 이 방법을 사용함으로써 히스토그램 평활화와 히스토그램 스트레칭 효과를 동시에 수행 할 수 있는 이점이 있다.

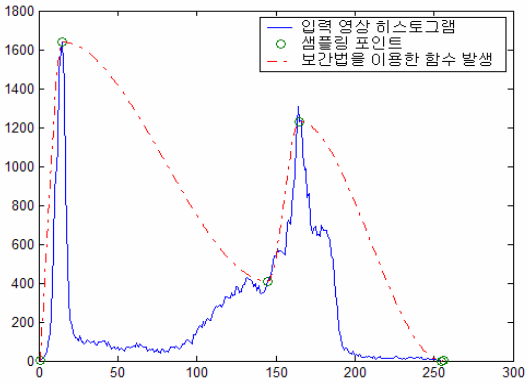
그림 2 는 제안한 방식의 처리 절차를 나타내고 있다.



(그림 2) 제안한 방식의 처리 절차

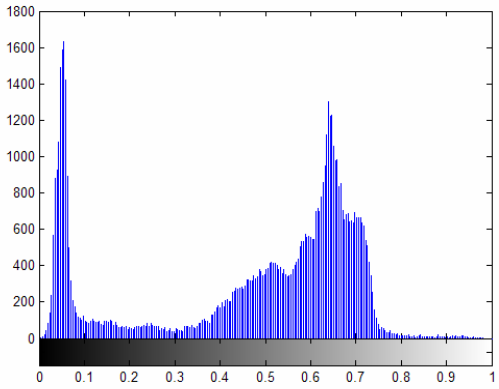
2.3 시뮬레이션(Simulation)

제안한 방법을 시뮬레이션 하기 위하여 카메라맨 예제 영상을 이용하여 실제 적용하였다. 그림 3 은 카메라맨 영상의 히스토그램과 새로운 히스토그램 생성을 위한 샘플링 포인트 선정 및 함수 발생을 나타내고 있다.

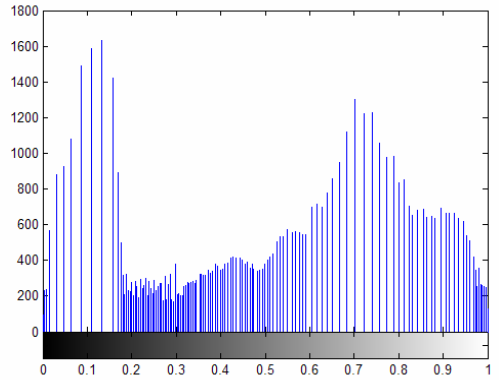


(그림 3) 카메라맨 히스토그램

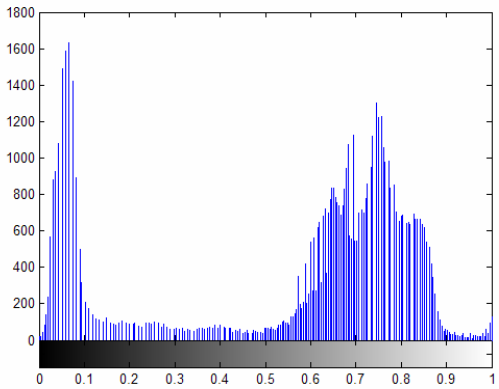
그림에서 알 수 있듯이 6 개의 점을 잇는 점선의 그래프는 색도값 분포가 양극화 되어진 히스토그램을 부드럽게 연결하고 색도값 전 범위에 펼쳐지게 생성되었다. 이 그래프를 바탕으로 정규화된 CDF 를 계산하였고, 이를 식(4)에 적용하여 개선된 영상을 획득 할 수 있었다.



(그림 4) 원본 이미지



(그림 5) 일반적인 평활화 적용



(그림 6) 제안한 방법 적용

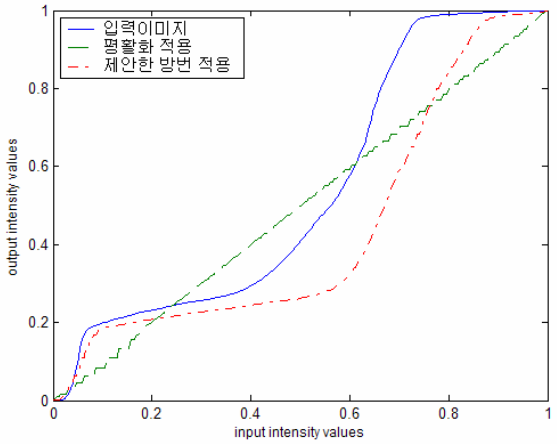
그림 4, 그림 5, 그림 6 은 입력 영상, 일반적인 히스토그램 평활화, 제안한 방법을 적용하였을 때의 히스토그램을 나타낸다. 그림 6 에서 알 수 있듯이 입력 영상의 히스토그램의 형태를 유지하면서, 즉 밝기 변화가 급격히 변화되지 않으면서 조금 더 완만하고 색도값이 전 대역으로 펼쳐진 형태로 히스토그램 그래프가 작성 되었음을 확인 할 수 있다. 이에 비해 그림 5 는 영상의 밝기 정보가 급격히 변화 될 것임을 예측 할 수 있다.

(그림 7) 원본 이미지

(그림 8) 일반적인 평활화 처리된 이미지

(그림 9) 제안한 방법으로 개선된 이미지

그림 7 은 입력 영상을 나타내고, 그림 8 은 일반적인 히스토그램 평활화를 적용한 영상이며, 그림 9 는 제안한 방법을 적용하여 얻은 결과 영상을 나타내고 있다. 제안한 방법으로 개선된 영상은 전체적으로 밝으면서 보다 선명하다는 것을 알 수 있다.
그림 10 은 히스토그램의 CDF 를 나타낸다. 붉은 점선은 제안한 방법을 적용한 CDF 그래프이다. 입력 영상의 CDF 형태를 유지하면서 평활화 CDF 에 부합하려는 형태로 그래프가 작성 되어짐을 알 수 있다.



(그림 1) 히스토그램 CDF

3. 결론

본 논문에서는 CDF 부합에 의한 영상 개선 방법을 제안 하였다. 제안한 방법은 보간법을 이용하여 개선할 함수를 어떻게 발생 시키느냐에 따라 다양한 활용도가 발생한다. 본 논문에서는 빈도 최대점과 빈도 최소점을 잇는 함수가 발생하도록 하였으나 빈도 최대점이 아주 돌출하는 영상의 경우에 커브 피팅(curve fitting) 함수를 사용하여 돌출된 부분을 어느 정도 완화시켜주는 효과를 가져 올 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] H. Y. Cho, “선형 추정 CDF 에서 밝기 보존을 위한 이미지 콘트라스트 향상 기법”, 정보처리학회논문지 B, 제 11 권, 제 7 호, pp.779~784. Dec, 2004.
[2] 도서출판 그린, 디지털 영상처리, pp.79-111, 2003
[3] 도서출판 아진, “Matlab 을 이용한 수치해석 및 그래픽”, pp.143-185, 1999.
[4] Y. T. Kim, “Contrast Enhancement using Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization”, IEEE Trans, On Consumer Electronics, Vol.43, No.1, pp.1-8, Feb, 1997.