

명암대비 향상을 위한 히스토그램 압축 평활화 기법

김종인*, 이재원*, 홍성훈**

*전남대학교 전자컴퓨터공학과

**전남대학교 전자컴퓨터공학부, 정보통신연구소

e-mail : boss0327@naver.com, 777kamja@naver.com, hsh@jnu.ac.kr

A Method of Histogram Compression Equalization for Image Contrast Enhancement

Jong-in Kim*, Jae-Won Lee*, Sung-Hoon Hong**

*Dept of Electronic & Computer Engineering, Chonnam National University

**School of Electronic & Computer Engineering, Chonnam National University, Information & Telecommunication Research Institute

요 약

화질향상에 큰 영향을 주는 요소 중의 하나는 명암대비 향상이다. 영상의 명암대비를 향상시키는 대표적인 방법으로 히스토그램 평활화(Histogram Equalization) 방법이 있으며, 히스토그램 평활화의 변형된 방법에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 그러나 기존의 방법들은 평균 밝기의 급격한 변화로 인하여 부자연스러운 결과영상을 얻거나, 대비 향상 효과가 낮은 결과를 얻는 단점이 종종 발생한다. 본 논문에서는 히스토그램 압축방법을 통해서 개선된 명암대비 향상 기법을 제안한다. 제안한 방법은 과도한 명암대비 증가로 인한 과포화 현상을 억제하기 위하여 히스토그램의 빈도수에 따라 히스토그램을 차등 압축시킴으로써 설계되어 있다. 실험결과 제안방법은 기존 방법에 비해 과포화 현상 없이 좋은 명암대비 향상 효과를 보였다.

1. 서론

화질향상(Image enhancement)은 영상처리를 통하여 인간의 눈에 보다 자연스러운 영상을 보여주는 처리과정으로, 최근 디지털 TV, 카메라, 스마트폰, 휴대용 기기 등의 확산으로 다양한 멀티미디어 응용 분야에서 고품질 영상에 대한 화질향상의 필요성이 증가하고 있다. 컬러 영상의 화질에 큰 영향을 주는 요소는 밝기(brightness), 대비(contrast) 및 채도(saturation)이며, 사람은 명암대비와 채도가 높은 선명한 영상을 좋은 영상으로 인지한다고 알려져 있다[1]. 이에 따른 영상의 화질을 개선하기 위한 다양한 연구가 진행되어 왔다.

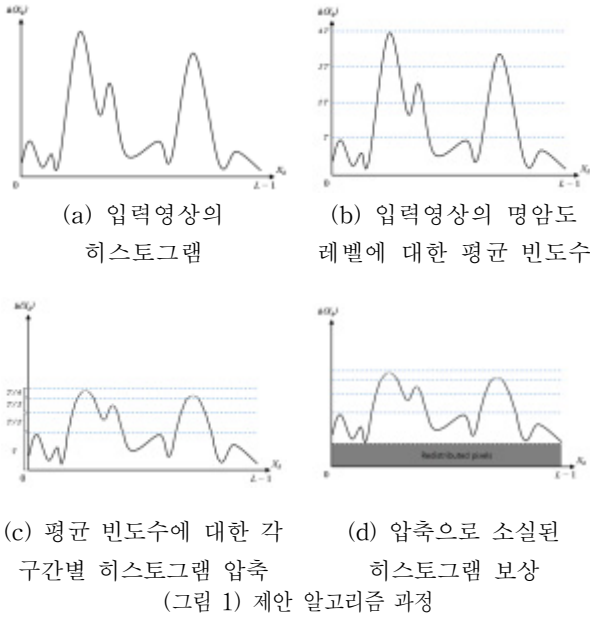
그 중에서 영상의 명암대비를 향상시키는 대표적인 방법으로 많이 알려진 히스토그램 평활화(histogram equalization) 방법은 영상의 누적 히스토그램 분포를 변환함수로 이용하여 밝기값을 재분배하는 방법으로, 빠르고 쉽게 구현이 가능하여 많이 활용되는 방법이다. 그러나 이 방법은 밝기 변환 후 영상의 평균 밝기가 과도하게 변하거나 이로 인해 영상의 배경에 없었던 잡음이 생기고 밝기값의 수가 매우 많은 히스토그램의 평활화로 인하여 수가 적은 밝기 값이 하나의 밝기 값으로 뭉쳐지는 과포화 현상 등이 나타나는 단점이 있다.

과포화 현상 및 과도한 밝기 변화를 방지하기 위한 대표적인 방법으로 입력영상의 히스토그램을 클리핑(clipping)하여 특정 밝기값에 집중되어 있는 히스토그램을 분산하여 과도한 밝기 변화를 막는 CLAHE(Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization)방법이 제안되었다. 한편, 영상의 평균 밝기를 보존하기 위해 화소의 평균값 또는 중간

값을 이용한 히스토그램 분할 기법으로 BBHE(Brightness preseving Bi-Histogram Equalization)[3], DSIHE(Dualistic Sub-Image Histogram Equalization), RMSHE(Recursive Mean-Separate Histogram Equalization), 중첩 서브블록 히스토그램 평활화(Partially Overlapped Sub-Block Histogram Equalization), RSIHE(Recursive Sub- Image Histogram Equalization), BHEPL(Bi-Histogram Equalization with a Plateau Limit) 등이 제안되었다. 이 방법들은 영상의 히스토그램을 단일 분할하거나(BBHE, DSIHE, BHEPL) 반복적으로 분할하여(RMSHE, RSIHE) 서브히스토그램(sub-histogram)을 생성하고, 각 서브히스토그램을 평활화하여 영상을 개선한다. 이 때 분할 기준으로 BBHE, RMSHE 및 BHEPL는 평균(mean) 명도 값을 이용하고, DSIHE와 RSIHE는 중간(median) 명도 값을 이용하여 히스토그램을 분할한다. 이와 같은 히스토그램 분할 기반의 기법들은 분할 기준 값을 중심으로 히스토그램이 대칭적으로 분포되어 있지 않은 경우 개선 효과가 떨어지고, 최적의 분할 횟수를 자동으로 산정하기 어려울 뿐 아니라, 분할 횟수가 증가할수록 결과 영상의 평균 밝기는 유지되지만 영상 개선 효과는 점점 줄어는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 히스토그램의 빈도수에 따라 히스토그램을 차등 압축 방법을 사용하여 과도한 명암대비 증가로 인한 과포화 현상을 억제한 영상의 명암대비 향상 기법을 제시한다.

2. 제안하는 히스토그램 압축 평활화 기법

그림 1은 본 논문에서 제안하는 방법의 히스토그램 변형 방법을 보여준다. (a)는 입력영상의 히스토그램 $h(X_k)$ 이고, (b)는 평균빈도수 T 단위로 구간을 나눈 것을 보여준다. (c)는 구간별로 히스토그램에 대한 압축 결과를 나타낸 것으로 각 구간별로 1/2, 1/3, 1/4, ... 로 압축을 수행하여 구한 히스토그램의 예를 보여준다. (d)는 압축과정에 의해 소실된 히스토그램의 총합을 모든 레벨에 대해 일정하게 재분배하여 얻어진 최종적으로 변형된 히스토그램을 보여준다.



입력영상의 각 명암도 레벨에 대한 평균 빈도수 T 는 식(1)과 같이 구한다.

$$T = \frac{1}{L} \sum_{k=0}^{L-1} h(X_k) \quad (1)$$

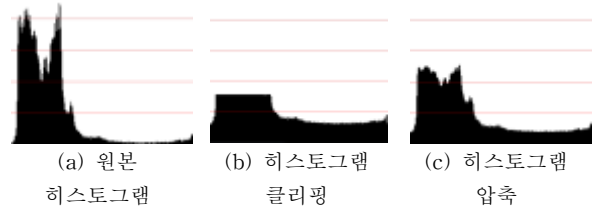
여기서 L 은 입력영상에 표현 가능한 최대 밝기값으로 8bit 디지털영상은 $L = 256$ 이고 $h(X_k)$ 는 명암도 레벨 X_k 에 대응하는 히스토그램 값이다.

히스토그램 압축 방법은 그림 1의 (c)와 같이 입력영상의 히스토그램 $h(X_k)$ 을 각 레벨에 대한 평균 빈도수 T 를 이용하여 각 구간별로 1/2, 1/3, 1/4, ... 로 압축을 수행할 경우 압축된 히스토그램 $h'(X_k)$ 는 식 (2)에 의해 구할 수 있다.

$$h'(X_k) = \begin{cases} h(X_k), & m \leq 1 \\ \sum_{l=1}^m \frac{1}{l} \times T + \frac{1}{m+1} \times (h(X_k - mT)), & m > 1 \end{cases} \quad (2)$$

여기서 $m = \lfloor h(X_k)/T \rfloor$ 으로 $h(X_k)$ 를 평균빈도수 T 로 나눈 몫을 의미한다.

이러한 압축과정 수행 후 손실된 히스토그램(입력 히스토그램에서 압축된 히스토그램을 뺀 빈도수)을 그림 1의 (d)와 같이 모든 밝기 레벨에 대해 동일하게 재분배하고 앞서 설명한 히스토그램 평활화 과정을 수행하여 최종 결과 영상을 얻을 수 있다.



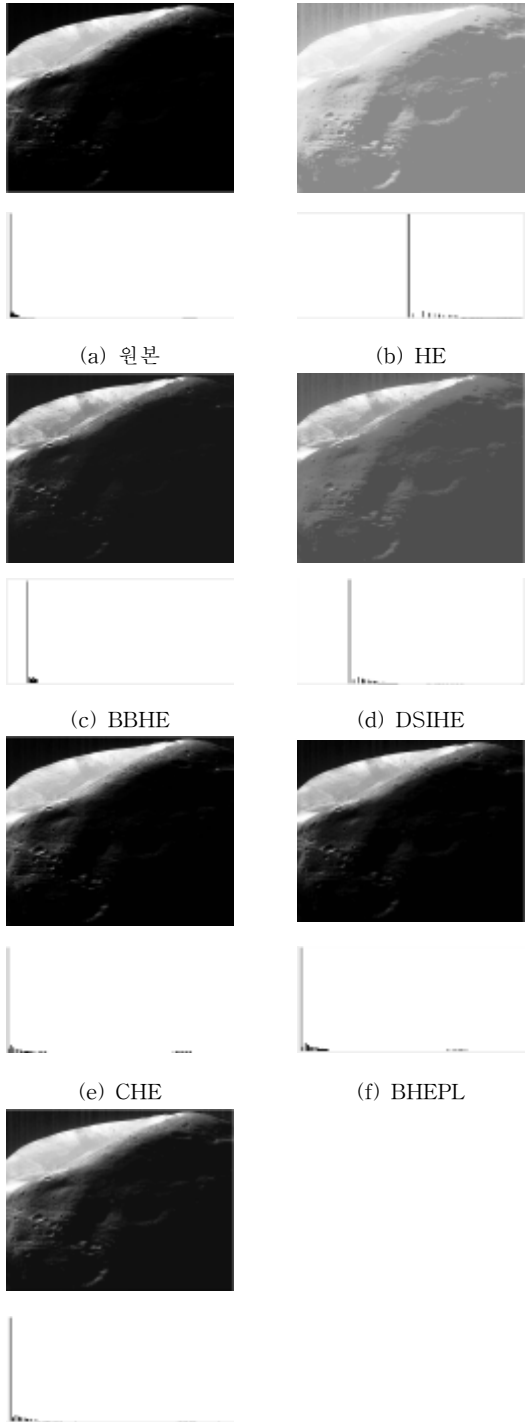
(그림 2) 히스토그램 압축 예

3. 실험 결과 및 분석

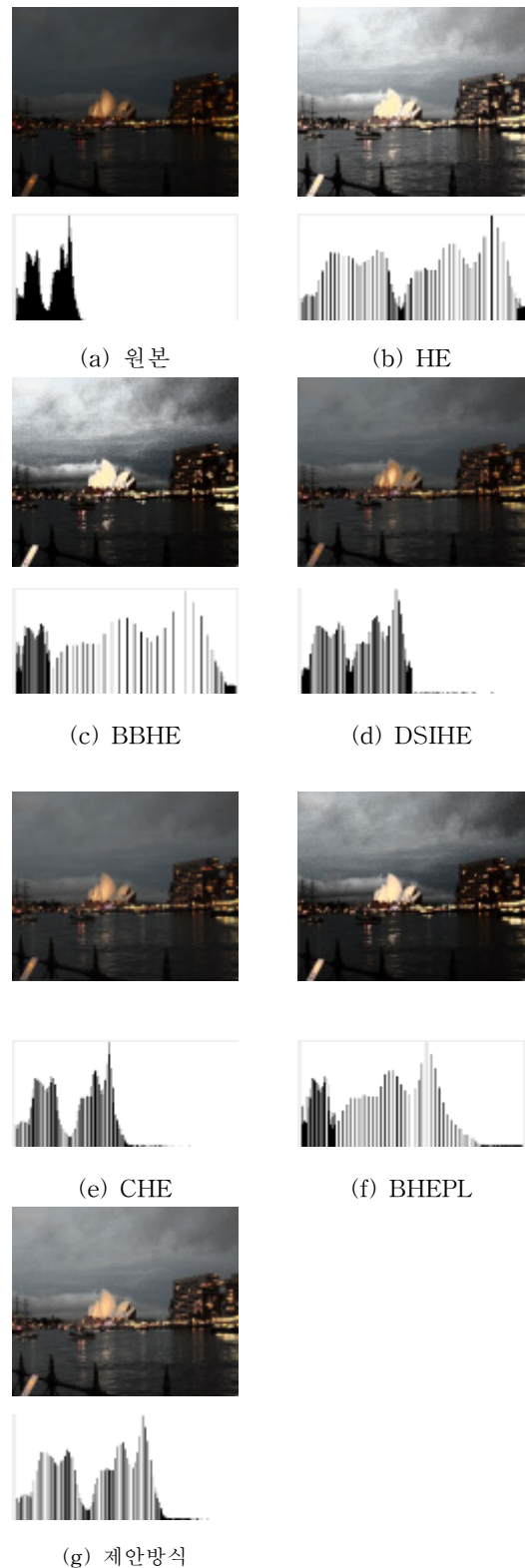
제안하는 분할 히스토그램 압축 평활화를 이용한 명암대비 향상 방법의 성능을 검증하기 위해 다양한 방법의 명암대비 향상 알고리즘을 적용하여 히스토그램과 결과영상을 비교한다. 본 실험에서 컬러영상에 대한 히스토그램 적용은 영상을 YCbCr 컬러공간으로 변환하고 휘도신호 Y에 대해서만 히스토그램 평활화를 수행하여 다시 컬러 영상으로 복원하는 방법을 사용하였다.

그림 3에서 4는 HE, BBHE, DSIHE, CLAHE, BHEPL과 제안방법을 적용한 명암대비 향상 결과 영상이다. 그림 3 (b)의 히스토그램 평활화 기법을 적용한 영상은 과도한 대비 향상 효과로 인하여 밝기가 지나치게 변화하여 부자연스러운 영상을 얻게 된다. 히스토그램을 살펴보면 히스토그램의 분포는 퍼트려서 대비를 향상 시키는 듯 보이지만 전체적인 밝기가 어두운값에서 중간값으로 이동되어 부자연스러운 결과값을 얻게된다. 그림 3 (c)의 BBHE기법은 평균을 기준으로 분할하여 히스토그램을 적용하였기 때문에 그림 3 (b)의 히스토그램 평활화에서 나타나는 밝기값이 크게 이동하는 단점은 나타나지 않았다. 하지만 어두운 명암의 비중이 매우 크기 때문에 나머지 밝기값의 분포의 확산으로는 만족스러운 평활화 결과를 얻을 수 없었다. 그림 3 (d)는 엔트로피를 기준으로 영역을 분할하는 방법인 DSIHE기법의 결과인데 BBHE와 마찬가지로 HE의 방법보다 밝기값이 이동하는 단점은 줄였는데, 그래도 심하게 밝기 중심이 이동하였고, 대비 또한 오히려 줄어드는 결과가 나타났다. 그림 3 (e)는 CLAHE기법으로 히스토그램 평균값을 넘어가는 히스토그램을 제한하고 분배하여 평활화를 수행하여 밝기값의 이동도 막고 분배된 히스토그램에 의하여 나머지 밝기값의 분포도 조금씩 확산되어 대비가 증가하는 결과를 보였다. 하지만 원본영상과 비교하면 대비가 크게 향상되지 않은 단점이 보인다. 이는 원본 영상의 명암도가 너무 한쪽으로 치우쳐져 있어, 히스토그램의 평균으로 제한하여도 한계가 나타난 것을 보여준다. 그림 3 (f)의 BHEPL기법은 BBHE와 CLAHE의 합성인데, 이 영상의 경우에는 명암도가 너무 치중되어 CLAHE와 마찬가지로 대비향상 효과가 크게 나타나지 않았

다. 그림 3 (g)는 제안하는 압축 평활화 기법으로 CLAHE와 다르게 치중된 명암도의 제한을 평균의 비율과 함께 적용하여 압축시켰기 때문에 매우 비중이 큰 명암도의 비율이 더욱 줄어들게 되어 CLAHE와 비교하였을 때 명암대비가 많이 향상된 결과를 보였다.



(g) 제안방식
(그림 3) 알고리즘 결과 비교 1



(그림 4) 알고리즘 결과 비교 2

그림 4 (b)는 그림 3와 같이 대비가 너무 향상되는 단점이 나타났다. 그림 4 (c)의 BBHE는 적용한 결과 영상은 평균 밝기값이 낮은 경우로 평균 밝기값보다 낮은 명도 레벨을 갖는 분할 히스토그램의 대비 향상 효율은 낮고, 높은 명도 레벨을 갖는 분할 히스토그램의 대비 향상 효율이 높게 나타

나 전체적으로 부자연스러운 영상이 나타났다. 그림 (d)의 DSIHE 방법과 그림 4 (e)의 CLAHE 방법은 원본 히스토그램의 특성을 유지하지만 효율적인 명암 대비 향상 효과를 기대하기 어렵다. 그림 4 (f)의 BHEPL을 적용한 결과 영상 또한 BBHE와 같은 문제점을 보였다. 반면, 그림 4 (g)의 제안하는 방법은 그림 4 (e)의 CLAHE와 같이 원본 히스토그램의 특성을 유지하여 과도한 밝기 변화를 방지하면서 CLAHE 방법보다 높은 대비 향상 효과를 보였고, 더욱 자연스러운 대비향상 결과를 보였다.

4. 결론

영상의 화질개선을 위해서는 명암도 대비를 향상시켜야 하며 이를 해결하기 위하여 히스토그램 평활화 관련 연구가 매우 많이 진행되어왔다. 기본 히스토그램 평활화를 비롯하여 변형된 방법으로 BBHE, DSIHE, RMSHE, RSIHE, CLAHE, BHEPL 등이 있는데, 이들은 평균 밝기의 급격한 변화로 인하여 부자연스러운 결과영상을 얻거나, 대비 향상 효과가 낮은 결과를 얻는 단점이 종종 발생한다. 따라서 본 논문에서는 이와 같은 단점을 보완하는 화질향상을 위한 분할 히스토그램 압축 평활화 기법을 이용한 명암대비 향상 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 방법은 원본 히스토그램의 특성을 유지하기 위해 히스토그램 클리핑 방법 대신 각 레벨에 대한 평균 빈도수에 따른 히스토그램 압축을 이용하여 명암도 대비를 향상시키는 방법이다. 이를 통해 기존의 방법에서 나타나는 밝기의 급격한 변화로 인한 부자연스러운 결과나, 대비 향상 효과가 낮은 단점을 해결하여 명암대비 향상 효과가 좋으며 밝기의 급격한 변화가 적은 영상을 얻을 수 있었다.

5. 사사

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업(2012H1B8A2025531)과 중소기업청에서 지원하는 2012년도 산학연공동 기술개발사업으로 수행된 연구 결과임,

참고문헌

- [1] R. G. Gonzalez, and R. E. Woods, Digital Image Processing, Third Edition, Prentice-Hall, 2008.
- [2] Stephen M. Pizer, R. Eugene Johnston, James P. Ericksen, Bonnie C. Yankaskas, and Keith E. Muller, "Contrast-limited adaptive histogram equalization: speed and effectiveness", In Proceedings of the First Conference on Visualization in Biomedical Computing, pp.337-345, May 1990.
- [3] Y.-T Kim, "Contrast Enhancement Using Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.43, No.1, pp:1-8, 1997.
- [4] Y.Wang, Q.Chen and B.M.Zhang, "Image Enhancement based on Equal Area Dualistic Sub-image Histogram Equalization Method", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No.1, pp:68-75, 1999.
- [5] S.-D.Chen and A.R.Ramli, "Contrast Enhancement using Recursive Mean-Separate Histogram Equalization for Scalable Brightness Preservation", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.49, No.4, pp:1301-1309, 2003.
- [6] J.-Y. Kim, L.-S. Kim, and S.-H. Hwang, "An Advanced Contrast Enhancement Using Partially Overlapped Sub-Block Histogram Equalization," IEEE Transactions on circuits and systems for video technology, vol. 11, no. 4, April, 2001.
- [7] K. S. Sim, C. P. Tso, and Y. Y. Tan, "Recursive sub-image histogram equalization applied to gray scale images", Pattern Recognition Letters, Vol.28, No.10, pp.1209-1221, Feb. 2007.
- [8] Chen Hee Ooi, Nicholas Sia Pik Kong, Haidi Ibrahim, "Bi-Histogram Equalization with a Plateau Limit for Digital Image Enhancement" IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 55, 4, November 2009.