

영상 개선을 위한 공간 영역에서의 다해상도 히스토그램 지정 기법

Multiresolution Histogram Specification Method in The Spatial Domain for Image Enhancement

박 세 혁*, 허 경 무**
(Se-Hyuk Park, Kyung-Moo Huh)

Abstract - The histogram specification is to change the histogram shape of the image into the already defined shape. This technique can be applied usefully in various image processing fields which include a machine vision. However, the histogram specification technique has its basic limits. For example, the histogram does not have location information of pixel within the image and receives the digital image, which is stored through a quantization process, as an input. Namely, the accuracy of specification falls in the high-resolution image because the larger the resolution of image is becoming, the more the pixels having similar value are becoming. Therefore, we proposed the multiresolution histogram specification method for improving the accuracy of specification. Consequently, we can know that if the histogram specification is accomplished by using the proposed algorithm, destination image and source image were changed almost similarly.

Key Words : Histogram specification, Quantization, Accuracy, Multiresolution.

1 장. 서 론

히스토그램은 영상의 특징 분석이나 화질 개선을 위한 기본적인 도구로 사용될 수 있다. 히스토그램 관련 기법은 크게 히스토그램 평활화와 히스토그램 지정으로 나눌 수 있고, 간단한 조작을 통해 히스토그램의 분포를 넓게 만들어 줌으로써 화질을 개선[1,2]시키는 등의 원하는 목적을 쉽게 달성할 수 있다. 특히 영상의 히스토그램 모양을 원하는 형태로 되도록 조작하는 히스토그램 지정은 응용 분야에 따라 상당히 유용한 기법이 될 수 있다[3].

머신 비전을 비롯한 여러 이미지 프로세싱 관련 분야에서 히스토그램 분석을 사용하고 있지만, 히스토그램 관련 기법은 기본적인 한계를 가지고 있다. 히스토그램은 픽셀들의 영상 내 위치 정보를 가지고 있지 않다는 점과 양자화 과정을 거쳐서 저장된 디지털 이미지를 입력으로 받는다는 점이다. 특히 히스토그램을 원하는 형태로 변형시키는 히스토그램 지정 기법에서 디지털 이미지의 양자화 예러는 심각한 영향을 미칠 수 있다[4-6].

이에 본 논문에서는 고해상도의 영상에서도 정확한 히스토그램 지정 동작을 수행할 수 있는 다해상도 히스토그램 지정 기법을 제안하였다.

본 논문에서는 히스토그램 지정 연산이 수행될 이미지를 "Source Image"로, 히스토그램 지정의 대상이 되는 이미지를 "Destination Image"로 정의 했다. 또한 다해상도 히스토그램

지정 연산 후 "Destination Image"와 "Source Image"의 비슷한 정도를 측정하기 위해서 "IRC(Image Resemblance Coefficient)"를 정의했다.

2 장. 히스토그램 지정의 개요

히스토그램 지정이란 이미지의 히스토그램 모양을 미리 정의된 모양으로 바꾸는 것으로[7,8], 여러 영상 처리 분야에서 유용하게 활용될 수 있는 기법이다.

히스토그램 지정을 수행하기 위해서는 우선 히스토그램을 단순 증가 형태로 만들어야 한다.

(1)과 (2)를 사용해서 Destination Image와 Source Image의 히스토그램을 단순 증가 형태로 만든다.

$$d_m = G(k_m) = \sum_{i=0}^m p_k(k_i) \quad (1)$$

where $m=0,1,2,\dots,L-1$

$$s_n = T(l_n) = \sum_{j=0}^n p_l(l_j) \quad (2)$$

where $n=0,1,2,\dots,L-1$

마지막으로 Source image의 각 픽셀에 변환 함수 (3)을 적용하면 히스토그램 지정 연산이 완료된다.

$$k_n = G_i^{-1}[T(l_n)] \quad (3)$$

where $n=0,1,2,\dots,L-1$

저자 소개

* 學生會員 : 檀國大學 電子電氣工學科 博士課程

** 正會員 : 檀國大學 電子工學科 教授 · 工博

3 장. 제안하는 다해상도 히스토그램 지정

3.1 절. 영상 피라미드

영상 피라미드란 영상의 해상도를 일정한 비율에 의해, 저해상도 영상들로 만드는 것이다. 본 논문에서는 고해상도 영상의 평균값을 사용해서 저해상도 영상을 만들었다. 영상 피라미드를 구성한 후의 히스토그램 처리는 단일 해상도 영상의 히스토그램 처리와 비교해서 많은 장점을 가지고 있다[9].

(4)를 사용해서 Destination image의 저해상도 영상을, (5)를 사용해서 Source Image의 저해상도 영상을 만들어 간다면 영상 피라미드를 구성할 수 있는 것이다.

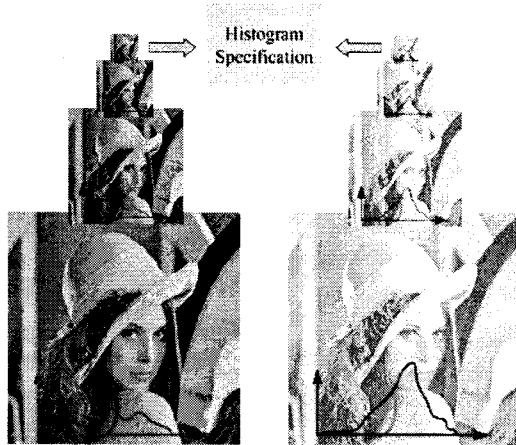
$$D_{Level(N+1)\frac{m}{2}\frac{n}{2}}(x,y) = \frac{1}{4} \sum_{i=mj=n}^{m+1n+1} D_{Level(N)ij}(x,y) \quad (4)$$

$$S_{Level(N+1)\frac{m}{2}\frac{n}{2}}(x,y) = \frac{1}{4} \sum_{i=mj=n}^{m+1n+1} S_{Level(N)ij}(x,y) \quad (5)$$

where $m = 0, 2, 4, \dots, (W_N - 1), n = 0, 2, 4, \dots, (H_N - 1)$

3.2 절. Level(4) 해상도에서의 히스토그램 지정

그림 1은 저해상도 히스토그램 지정 연산의 그래픽적 묘사를 보여 준다.



(a) Destination Image (b) Source Image
그림 1. 다해상도 히스토그램 지정의 개념.

저해상도 영상에서의 히스토그램 지정은 영상 크기가 작고, 영상 내 픽셀수가 많지 않기 때문에 고해상도 영상의 히스토그램 지정 연산보다 정확한 연산을 수행하게 된다.

3.3 절. Level(N)와 Level(N-1)의 편차값 보상

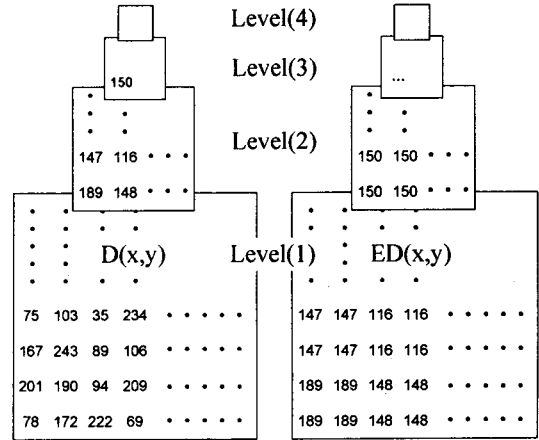
Level(4) 저해상도 영상에서의 히스토그램 지정 후, Source image를 다시 Level(1) 해상도 영상으로 만들기 위해서 저해상도 영상의 한 개 픽셀을 4개의 픽셀로 확장해야 한다. 그림 2는 $D(x,y)_{Level(N)}$ 영상의 한 픽셀이 $ED(x,y)_{Level(N-1)}$ 영상에서는 4개 픽셀로 확장되는 과정을 보여주고 있다.

여기서 그림 2 (a)의 $D(x,y)_{Level(N)}$ 과 그림 2 (b) 저해상도에서 확장된 영상 $ED(x,y)_{Level(N)}$ 을 빼주면 평균값과의 편차를

알 수 있고, (6)을 사용해서 편차를 구한 결과가 그림 3 (a)이다.

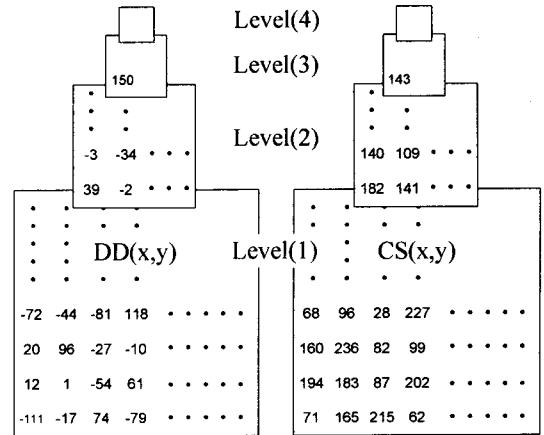
$$DD_{Level(N)ij}(x,y) = D_{Level(N)ij}(x,y) - D_{Level(N+1)\frac{i}{2}\frac{j}{2}}(x,y) \quad (6)$$

where $i = 0, 1, 2, \dots, (W_N - 1), j = 0, 1, 2, \dots, (H_N - 1)$



(a) Destination image (b) Extended destination image
그림 2. The destination and extended destination image.

이렇게 구해진 값을 히스토그램 지정된 Source Image $S(x,y)_{Level(4)}$ 부터 $S(x,y)_{Level(1)}$ 까지 더해 주면 픽셀값 편차 보상이 되는 것이다.



(a) Destination deviation (b) Compensated source image
그림 3. 히스토그램 지정된 Source image에서의 편차값 보상.

즉 (7)을 사용해서 Level(1)까지 반복하면 다해상도 히스토그램 지정이 완료되는 것이다.

$$CS_{Level(N)ij}(x,y) = DD_{Level(N)ij}(x,y) + ES_{Level(N)ij}(x,y) \quad (7)$$

3.4 절. Image Resemblance Coefficient

본 논문에서 제안 한 다해상도 히스토그램 지정 알고리즘을 적용하기 전과 후의 차이점을 비교 분석하기 위해서 "IRC(Image Resemblance Coefficient)"와 "BRC(Block Resemblance Coefficient)"를 정의했다.

$$BRC = \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N |D_{ij}(x,y) - S_{ij}(x,y)| \quad (8)$$

또한 (8)의 “M”과 “N”을 10픽셀로 하고, Block Resemblance Coefficient를 전체 이미지에 적용한 후 평균 취한 값을 Image Resemblance Coefficient 라고 정의했다.

4 장. 실 험

실험은 일반적으로 많이 사용되는 Lena영상과 Elaine영상을 사용했다. Lena 영상과 Elaine 영상의 크기는 256×256 픽셀이고, Level(4)까지 영상 피라미드를 만들고 다해상도 히스토그램 지정 연산을 수행했다.

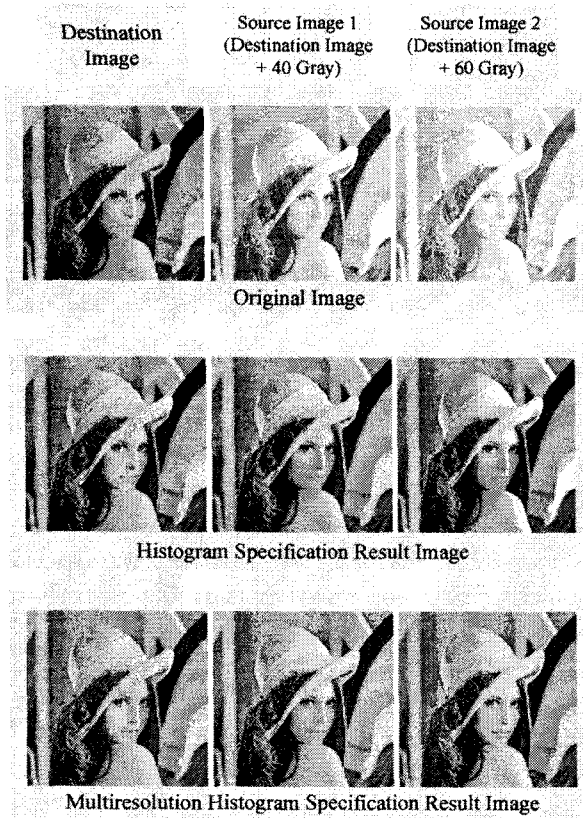


그림 4. Lena 영상 실험결과.

표 1. The IRC.

Destination Method Source	Lena		Elaine	
	Histogram Specification	Multi resolution Histogram Specification	Histogram Specification	Multi resolution Histogram Specification
Destination + 20 Gray	0	0	8.135	1.939
Destination + 40 Gray	6.534	1.692	135.3	47.503
Destination + 60 Gray	206.458	54.821	377.605	166.665
Destination + 80 Gray	636.107	217.499	1034.938	443.704

Lena영상은 기존 히스토그램 지정을 사용하면 평균 “IRC”는 “212.275”이고, 제안한 히스토그램 지정을 사용하면 평균

“IRC”가 “68.503”이었다. 결과적으로 제안한 다해상도 히스토그램 지정 알고리즘을 적용한 결과, 이미지뿐만 아니라 두 이미지 픽셀값 분포의 비슷한 정도를 나타내는 “IRC”를 통해서도 본 알고리즘의 우수성을 알 수 있었다.

5 장. 결 론

본 논문에서는 정확한 히스토그램 지정 연산을 위해서 다해상도 히스토그램 지정 알고리즘을 제안하였다. 조명 변화 등 이미지 촬영 환경의 변화는 영상의 그레이 픽셀값 왜곡으로 이미지에 나타나고, 이렇게 변화된 이미지에 제안한 다해상도 히스토그램 지정 알고리즘을 적용한다면 왜곡되지 않은 이미지를 얻을 수 있을 것이다.

그리고 영상을 주파수 영역으로 전환하고, 주파수 영역에서 히스토그램 지정을 하는 연구도 필요할 것이다.

이 연구는 단국대 지역혁신센터(RIC)의 산학공동연구로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] E. L. Hall, “Almost uniform distributions for computer image enhancement,” *IEEE Trans. Comput.*, vol. 23, no. 2, pp. 207-208.
- [2] J. Y. Kim, L. S. Kim, and S. H. Hwang, “An Advanced Contrast Enhancement Using Partially Overlapped Sub-Block Histogram Equalization,” *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 11, no. 4, pp. 475 - 484, Apr. 2001.
- [3] Chi-Chia Sun, Shanq-Jang Ruan and Tun-Wen Pai, “Dynamic Contrast Enhancement based on Histogram Specification,” *IEEE Trans. Consumer Elect.*, vol. 51, pp. 1300-1305, 2005.
- [4] X.-D. Yang, Q. Xiano, and H. Raafat, “Direct mapping between histogram: An improved interactive image enhancement method,” in *Proc. 1991 IEEE Int. Conf. Systems, Man, and Cybernetics, Decision Aiding for Complex System*, vol. 1, pp. 243-247, 1991.
- [5] Yi Wan and Dongbin Shi, “Joint Exact Histogram Specification and Image Enhancement Through the Wavelet Transform,” *IEEE Trans. Image Processing.*, vol. 16, no. 9, pp. 2245-2250, September 2007.
- [6] D. Coltuc, P. Bolon, and J. M. Chassery, “Exact Histogram Specification,” *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 15, no. 5, pp. 1143-1152, May 2006.
- [7] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, “*Digital Image Processing*,” Prentice Hall, 2002.
- [8] ANIL K. JAIN, “*Fundamentals of Digital Image Processing*,” Prentice Hall, 1989.
- [9] Efsthathios Hadjidemetriou, Michael D. Grossberg, and Shree K. Nayar, “Multiresolution Histograms and Their Use for Recognition,” *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 26, No. 7, pp. 831-847, July 2004.