

K-means 알고리즘을 이용한 영상의 명암도 대비 향상

김동준* · 김영일* · 조석제**

*한국해양대학교 대학원 제어계측공학과, **한국해양대학교 컴퓨터·제어·전자통신공학부 교수

Image Contrast Enhancement using K-means Algorithm

Dong-Jun Kim* · Young-Il Kim* · Seok-Jae Cho**

*Division of Control and Instrumentation Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**Division of Computer, Control and Electronics Communication Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 영상의 명암도 대비 향상은 영상 처리 응용에서 중요한 역할을 한다. 기존의 명암도 대비 향상 기술은 다양한 낮은 대비도의 영상에서 만족스러운 결과를 얻는데 실패하였고, 또한 다른 영상에 따라 자동적으로 이를 처리하지 못하였다. 그래서 본 논문에서는 K-means 알고리즘을 기반으로 한 새로운 명암도 대비 향상 기법을 제안한다. 이 방법은 K-means 알고리즘을 이용하여 히스토그램의 명암도를 군집화 하고 이 군집들을 히스토그램 균등화와 스트레칭을 한다. 실험 결과 제안한 방법은 기존의 명암도 대비 향상 기법보다 더 향상하였다.

핵심용어 : K-means 군집화, 명암도 히스토그램, 영상 대비 향상

ABSTRACT : Contrast enhancement has an important role in image processing applications. Conventional contrast enhancement techniques either often fail to produce satisfactory results for a broad variety of low-contrast images, cannot be automatically applied to different images. Because their parameters must be specified manually to produce a satisfactory result for a given image. So, this paper proposes a new contrast enhancement method based on the K-means algorithm. This method is to cluster the histogram components of a low-contrast image using K-means algorithm. And then these clustering histogram components are stretching and equalizing. From the experimental results, the proposed method was more effective than conventional contrast enhancement techniques.

KEY WORDS : K-means clustering, Gray level histogram, Image contrast enhancement

1. 서 론

영상 향상(image enhancement)은 영상의 시각적 효과를 증대하거나, 영상 분석과 인식에 편리하도록 영상을 가공 또는 영상의 형태를 변화하는 것을 말한다[1]. 영상 향상 방법으로 영상의 명암도 대비를 향상(image contrast enhancement)하는 방법이 있다.

영상들 중에는 시계(視界)가 분명하지 못한 영상(X-ray 영상, 위성영상, 적외선 영상, 안개 영상 등)들이 존재한다. 이와 같은 영상은 명암도 대비를 향상하여 유용한 정보를 얻을 수 있도록 영상의 가공이 필요하다. 그래서 영상의 명암

도 대비 향상은 영상 향상 기법 중에 큰 비중을 차지하고 있다[2].

일반적인 영상의 명암도 대비 향상 기법 중에 히스토그램을 직접 처리하는 기술로는 히스토그램 스트레칭(Histogram Stretching)과 히스토그램 균등화(Histogram Equalization)가 있다. 히스토그램 스트레칭은 히스토그램 상에 좁은 범위의 명암도를 넓은 범위의 명암도로 같은 간격으로 재분배하는 기법이다. 히스토그램을 처리하는 명암도 대비 향상 기법 중 가장 간단한 방법이다. 그러나 시각에 잘 들어오지 않는 노이즈와 적은 양의 화소수가 흩어져 있을 경우에는 제대로 넓은 범위의 명암도 범위로 펼칠 수 없는 문제점이 있다. 히스토그램 균등화는 낮은 대비도의 영상을 확률적으로 그 화소

* k19990944@bada.hhu.ac.kr

** sjcho@hhu.ac.kr 051)410-4344

를 재분배함으로써 대비도를 향상하는 방법이다. 그러나 좁은 명암도 범위 내에 너무 많은 화소가 밀집해있고, 적은 수의 화소가 넓은 명암도 범위에 분포해 있을 경우 영상이 전체적으로 퇴색하는 문제점이 있다[3].

본 논문에서는 K-means 알고리즘을 이용하여 히스토그램의 명암도 대비를 향상시키는 방법을 제안하였다. 이는 히스토그램의 명암도를 군집화(clustering)하고 히스토그램 스트레칭과 균등화의 장점만을 취합하여 명암도 대비 측정치를 이용하여 이 측정치가 일정할 때까지 군집화를 반복하는 것이다. 실험 결과, 제안한 알고리즘은 히스토그램 스트레칭과 균등화에서 나타났던 문제점들을 보완하고 명암도 대비를 향상하였다.

2. 영상의 명암도 대비 향상

2.1 히스토그램 스트레칭

히스토그램 스트레칭은 낮은 대비를 갖는 Fig. 1과 같은 영상의 명암도 분포를 식 (1)에 의해 화소를 재분배하면 Fig. 2처럼 명암도를 0에서 255까지 새롭게 할당하여 히스토그램을 넓게 하는 것이다.

$$OutImg = \frac{InputImg - LowLevel}{HighLevel - LowLevel} \times (M - 1) \quad (1)$$

여기서, *InputImg*는 입력 영상의 명암도 값이고 *HighLevel*은 입력영상에서의 최고 명암도이고, *LowLevel*은 최저 명암도이다. 그리고 *OutImg*는 출력영상의 명암도이다. 그러나 모든 명암도가 존재하는 Fig. 3(a)와 같은 영상은 히스토그램 스트레칭으로는 Fig. 3(b)와 같이 모든 명암도에 화소가 존재하여 원 영상에 대해서 명암도 대비가 향상되지 못한다.

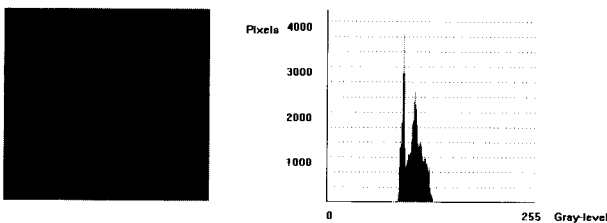


Fig. 1 Low-contrast image and histogram(Bean image)

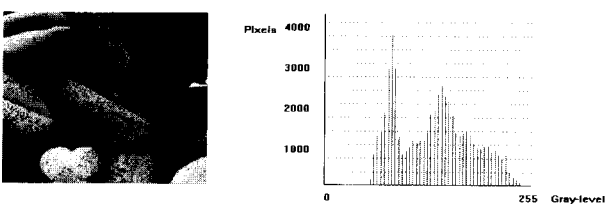
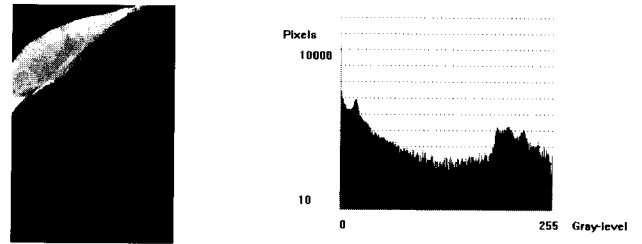
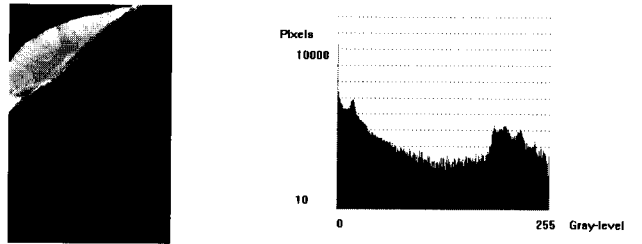


Fig. 2 Histogram stretched image and histogram



(a) Original Phobos image



(b) Histogram stretched image

Fig. 3 Low-contrast image and histogram(Phobos image)

2.2 히스토그램 균등화

히스토그램 균등화는 낮은 대비의 영상의 히스토그램을 확률적으로 그 화소를 재분배하여 히스토그램 전체적으로 화소가 고르게 분포하도록 하는 기법이다. 식 (2)는 확률 밀도 함수(Probability Density Function)을 이산화 함으로서 얻을 수 있으며, 이 식을 이용하여 히스토그램 균등화 기법을 히스토그램에 적용한다.

$$s_k = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} \quad (k=0, 1, 2, \dots, L-1) \quad (2)$$

여기서, j 는 입력 영상의 명암도이고, n 은 영상의 전체 화소수이며 n_j 는 j 명암도에서의 화소수이고 s_k 는 새롭게 규정될 히스토그램의 명암도를 의미한다. Fig. 3과 같은 형태의 히스토그램에서는 이 식을 적용하여 결과 영상을 얻었을 경우 명암도 0 주변에 너무 많은 화소가 밀집해 있어서 명암도의 간격을 크게 넓혀, Fig. 4와 같이 전체적으로 영상이 퇴색하는 문제점이 있다.

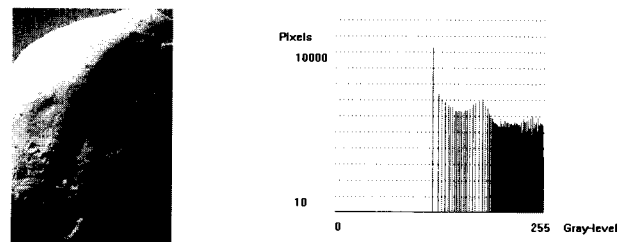


Fig. 4 Histogram equalization failed image and histogram

3. K-means 알고리즘을 이용한 영상의 명암도 향상

기존의 히스토그램 스트레칭과 균등화의 문제점을 보완하고자 K-means 알고리즘을 이용하여 히스토그램을 군집화하고 대비향상 기법을 적용하여 영상을 향상하는 기법을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 다음 순서로 진행된다.

- 1) 히스토그램을 K-means 알고리즘을 이용하여 Fig. 5와 같이 군집화 한다. 그리고 각 군집들의 명암도 폭 (range)을 구하고, 군집들에 속해 있는 화소의 수를 계산한다. 영상의 히스토그램 분포를 상, 중, 하로 나누기 위해, 여기서 군집의 개수 K를 3개로 정하였다.

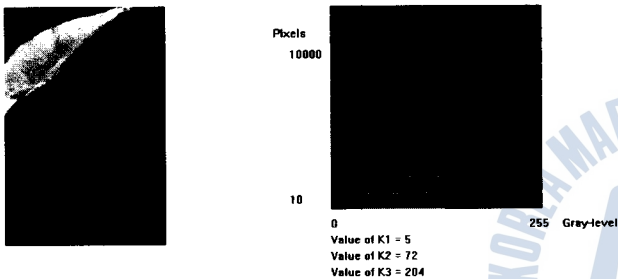


Fig. 5 Result of K-means algorithm

- 2) 각 군집에 속해 있는 화소의 수를 255의 명암도 범위로 환산하여 새롭게 규정할 히스토그램의 명암도 범위로 이용한다. 이렇게 새롭게 규정한 각 군집의 명암도 범위와 원 영상의 히스토그램 군집의 명암도 범위를 비교하여 넓어졌을 경우는 히스토그램 스트레칭을, 좁아지면 히스토그램 균등화를 적용한다.
- 3) 1)과 2)의 과정으로 획득한 히스토그램에서 명암도 대비 측정치 D(Distance)를 이용하여 얻는다[4].

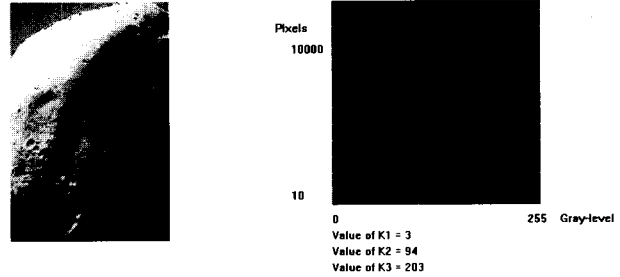
$$D = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=0}^{M-2} \sum_{j=i+1}^{M-1} H(i)H(j)(j-i) \quad \text{for } i, j \in [0, M-1] \quad (3)$$

여기서, i 와 j 는 명암도이고, $H(i)$ 와 $H(j)$ 는 i 와 j 에서의 화소수이고 M 은 최고 명암도 256이며, N 은 영상의 총 화소수를 의미한다.

- 4) 획득한 히스토그램을 1)~3)의 과정을 반복하여 D를 얻고 3)에서 구한 D와 비교한다. 이 때 D의 값이 수렴하지 않으면 1)~3)의 과정을 반복하고, 수렴할 경우 히스토그램으로부터 영상을 획득한다.

앞의 과정에서 D는 평균 명암도 거리(average gray-level

distance)로서 이 수치가 높으면 대비도가 높다는 것을 의미한다. Fig. 6은 제안한 알고리즘을 적용한 최종 결과 영상과 명암도 대비 측정치를 나타낸다. 그리고 제안한 알고리즘의 전체 순서도는 Fig. 7과 같다.



$$D = 52.85$$

Fig. 6 Result of the proposed algorithm

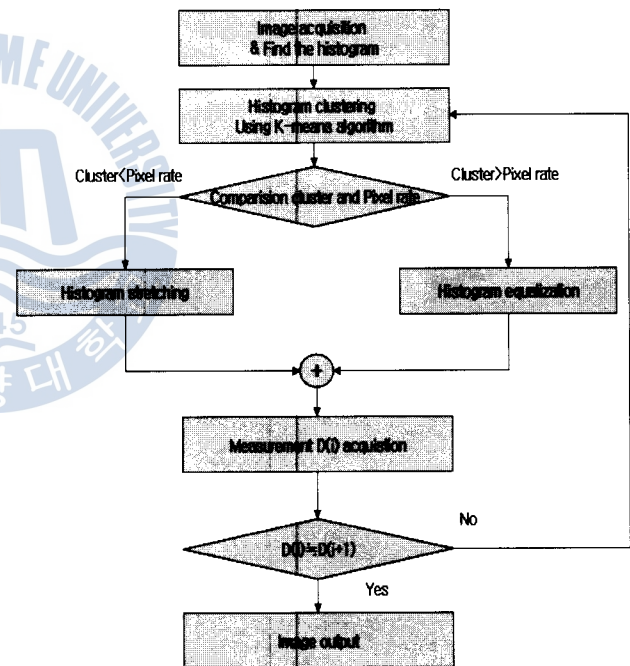


Fig.7 Flow chart for image contrast enhancement

4. 실험 및 고찰

Fig. 8~10은 실험 영상들로서 Bean영상, City영상, Phobos영상으로 원 영상과 제안한 알고리즘을 적용한 결과 영상과 히스토그램이다. 여기서 Bean영상과 City영상은 일반적인 형태의 히스토그램을 갖는 낮은 대비의 영상들이다. 특히 Fig. 10의 Phobos영상은 Fig. 8과 Fig. 9와는 다르게 히스토그램의 형태가 모든 명암도에 화소가 분포하고 있는 것을

볼 수 있다.

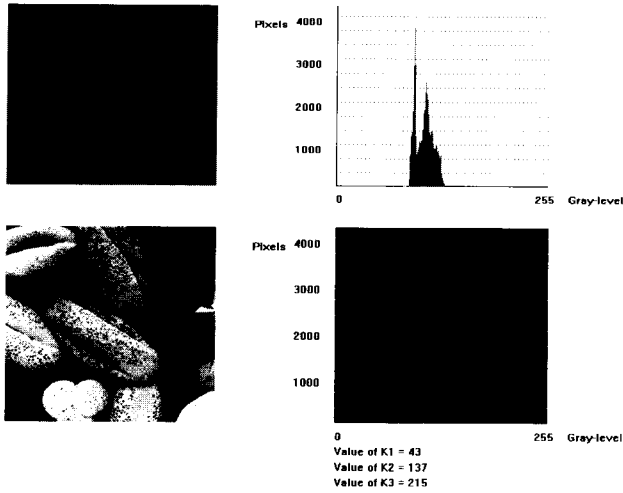


Fig. 8 Bean image and image applying for proposed algorithm

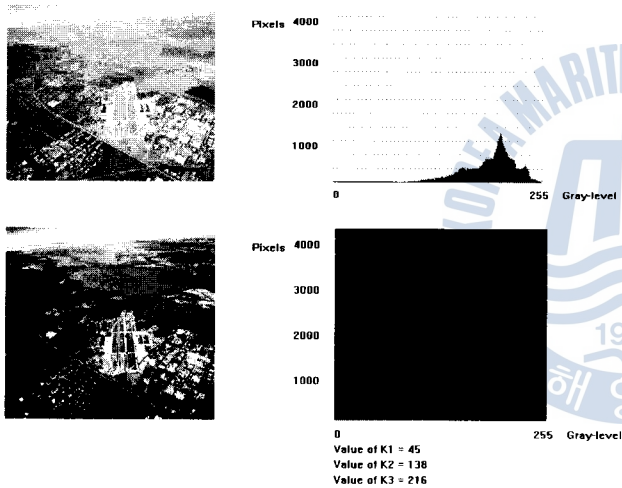


Fig. 9 City image and image applying for proposed algorithm

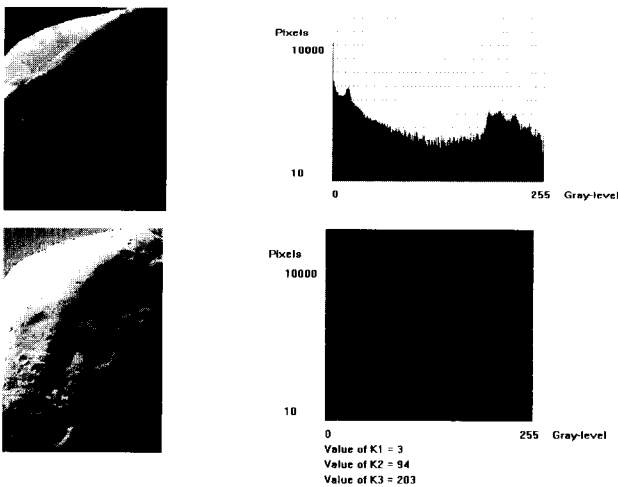


Fig. 10 Phobos image and image applying

for proposed algorithm

Fig. 11은 실험 영상들의 명암도 측정치의 변화를 나타낸 그래프이다. 여기서 수평축은 군집화 횟수를 나타내고 수직축은 측정치를 나타낸다. 약 1회에서 3회까지 값이 상승하고 그 이후에 일정 범위 안에서 수렴함을 알 수가 있다. 이는 더 이상의 히스토그램 변화는 없고 K값 역시 일정하게 나타난다는 것을 의미한다.

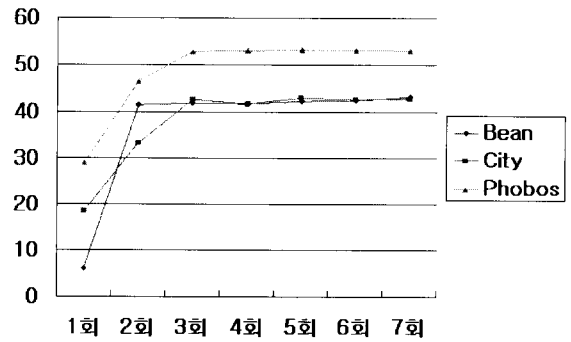


Fig. 11 Average gray-level distance of Bean, City and Phobos image

Table 1은 실험 영상들의 히스토그램 스트레칭과 균등화의 명암도 대비 측정치와 제안한 알고리즘을 적용하였을 때의 측정치를 비교한 것이다. 이 때 Bean영상과 City영상 같은 경우 제안한 알고리즘이 원 영상에 비해서 명암도 대비가 크게 향상하였으나, 히스토그램 균등화와는 크게 다르지 않다는 것을 알 수 있었다. 그러나 히스토그램 스트레칭과 균등화에서 나타났던 문제점을 가지고 있는 Phobos와 같은 특수한 형태의 히스토그램에서는 명암도 대비도가 크게 향상하였음을 알 수가 있었다.

Table 1 Measurement of gray-level contrast

	Bean	City	Phobos
Original image	6.04	18.58	28.33
Histogram stretching	26.60	20.78	28.33
Histogram equalization	41.94	42.66	21.37
K-means algorithm	42.32	43.22	52.85

5. 결 론

본 논문에서는 K-means 알고리즘을 이용한 영상

의 명암도 대비 향상 기법을 제안하였다. 이는 히스토그램을 군집화하고 각 군집들의 명암도 범위와 도수의 비율과의 관계를 이용하여 히스토그램 스트레칭과 균등화의 장점을 취하는 방법이며 이를 위해서 명암도 대비 측정치를 이용하였다. 제안한 알고리즘은 일반적인 형태의 히스토그램에서도 명암도 대비를 향상하였으나, 특수한 형태의 히스토그램에서 기존의 알고리즘이 가지고 있는 문제점 또한 해결하였다.

그러나 시각적으로 드러나지 않는 노이즈를 가진 낮은 대비의 영상에서 제안한 알고리즘을 적용하면 이 노이즈가 영상으로 나타나는 문제점이 있었으며 개선되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital image processing, 2nd ed. Englewood Cliffs, NJ:Prentice-Hall, ISBN:89-5727-022-1, 2002.
- [2] F. Russo, " An image enhancement technique combining sharpening and noise reduction," IEEE Trans. Instrum. Meas., Vol. 51, No. 4, pp. 824-828, Aug. 2002.
- [3] J.A. Stark, "Adaptive image contrast enhancement using generalizations of histogram equalization," IEEE Trans. Image Process., Vol. 9, No. 5, pp. 889-896, May 2000.
- [4] Z. Y. Chen, B. r. Abidi, D.L. Page, and M.A. Abidi., "Gray-Level Grouping(GLG) : An automatic method for optimized image contrast enhancement- Part I: the basic method," IEEE Trans. Image Process., Vol. 15, No. 8, pp. 2290-2301, Aug. 2006.

원고 접수일 : 2007년 12월 14일

원고 채택일 : 2008년 1월 24일

