

클러스터링 알고리즘을 이용한 히스토그램 변경에 의한 영상 대비 향상 기법

A Image Contrast Enhancement Technique by Histogram Distribution Alteration Using Clustering Algorithm

김남진, 김용수*

Nam-Jin Kim, Yong-Soo Kim

E-mail: najikr@zeus.dju.ac.kr, kystj@dju.ac.kr

대전대학교 컴퓨터공학과

*대전대학교 컴퓨터공학부

Dept. of Computer Engineering, Daejeon University

*Division of Computer Engineering, Daejeon University

요 약

텔레비전 카메라, 비디콘 카메라(vidicon camera), 디지털 검지기, 스캐너 등 물리적 장치로 획득한 영상은 주위의 밝기로 인하여 어두운 영상을 얻거나 영상장치의 물리적 속성과 영상 전송에 기인하여 영상은 열악한 대비를 가질 수 있다. 본 논문에서는 획득한 저대비 영상을 대비 향상시켜주는 기법을 제안한다. 제안된 기법은 K-means 알고리즘을 사용하여 교차점을 자동으로 선정하는 방법을 사용한다. 이 최적의 교차점을 선정하는 과정은 획득한 영상을 물체와 배경으로 분리하는 두 개의 클래스 문제로 보고 K-means 알고리즘을 적용하였다. 구한 교차점을 사용하여 영상을 양분하여 히스토그램 평활화 방법을 적용하였다. 본 논문에서는 퍼지성 지수(index of fuzziness)를 사용하여 향상의 정도를 측정하였다. 제안된 기법을 저대비 영상에 적용하였으며 그 결과를 히스토그램 평활화 기법의 결과와 비교하였다.

1. 서론

디지털 영상처리는 인간이 이해하기 편하게 영상 정보를 개선하는 것과 기계가 자동적으로 인식할 수 있도록 영상 데이터를 처리하는 것이 두 가지 주요한 응용분야를 기반으로 한다. 디지털 영상을 획득하기 위해서는 전자장 에너지대역(X선, 자외선, 가시 영역, 적외선) 중에서 한 영역에 민감하고, 감지된 에너지에 비례하는 전기신호를 출력을 생성하는 물리적 장치인 텔레비전 카메라, 비디콘 카메라(vidicon camera), 디지털 검지기, 스캐너 등이 있다.[1] 이와 같이 물리적 장치로 획득한 영상은 주위의 밝기로 인하여 어두

운 영상을 얻거나 영상장치의 물리적 속성과 영상 전송에 기인하여 영상은 열악한 대비를 가질 수 있으며 다양한 잡음에 의하여 왜곡되고 흐려질 수 있다. 이러한 경우 영상 대비 강화 기법은 물체의 경계를 선명히 하거나 저대비(low contrast)영상으로부터 원하는 특징을 추출함으로써 영상의 대비를 향상시킬 수 있는데 다양한 영상 대비 강화 기법들이 제안되어 왔다[2-5]. 저대비 영상의 문제점은 좁은 동적 범위(dynamic range)를 갖는데 있다.

영상 대비 강화 기법은 크게 공간 영역 방법과 주파수 영역 방법으로 나눌 수 있다[2]. 공간 영

역 방법은 영상 공간에서 픽셀 단위의 처리에 공간을 두고 있고, 주파수 영역 방법은 영상의 푸리에 변환을 수정하여 처리하는 것에 근간을 두고 있다. 이러한 영상 대비 강화 기법 중 가장 널리 사용되어 온 방법은 히스토그램을 사용하여 영상의 동적 범위를 넓혀주거나 히스토그램에서 배경과 물체를 구분할 수 있는 임계점을 선정하는 것이다. 히스토그램의 분포가 배경과 물체를 쉽게 분리할 수 있는 골(valley)부분을 가진 경우 쉽게 임계점을 찾을 수 있으나 저대비 영상에서와 같이 동적 범위가 좁은 히스토그램과 단항(unimodal)히스토그램의 경우에는 적절한 임계값을 선정하기가 어렵다.

본 논문에서는 K-means 알고리즘을 사용하여 교차점(cross-over point)을 자동으로 선정하는 방법을 제안한다. 이 최적의 교차점을 선정하는 과정은 획득한 영상을 물체와 배경으로 분리하는 두 개의 클래스 문제로 보고 K-means 알고리즘을 적용하였다. 히스토그램 평활화 방법과는 달리 구한 교차점을 사용하여 영상을 양분하여 처리하고, 양분 히스토그램 평활화(bi-histogram equalization)방법과는 다르게 구한 교차점을 기준으로 영상을 양분하여 처리한다[5]. 영상 대비 강화에 있어 어려운 점은 향상의 정도를 정량적으로 측정하는 것이다. 본 논문에서는 퍼지성 지수(index of fuzziness)를 사용하여 정량적으로 측정하였다. 제안된 기법을 저대비 영상에 적용하였으며 그 결과를 히스토그램 평활화 기법의 결과와 비교하였다.

2. 히스토그램 평활화

입력 영상 X 는 $X = \{X(i,j)\}$ 라 하자. $X(i,j)$ 는 공간 영역(spatial location) (i,j) 에서 어떤 하나의 명암도를 나타낸다. 그리고, $X(i,j) \in \{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$ 이다.

확률밀도함수(probability density function) $p(X_k)$ 는

$$p(X_k) = \frac{n^k}{n}, \quad \text{for } k = 0, 1, \dots, L-1$$

n^k 는 $k=0, 1, \dots, L-1$ 일때, 입력 영상 X 에서 X_k 레벨의 명암도의 개수를 나타낸다.

누적분포함수(cumulative density function) $c(x)$ 는

$$c(x) = \sum_{i=0}^k p(X_i) \quad \text{where } X_k = x \text{ for } k = 0, \dots, L-1$$

정의에 의해서 $c(X_{L-1}) = 1$ 이다.

히스토그램 평활화는 누적분포함수로 정규화(normalization)된 값을 입력영상의 동적범위 전반에 걸쳐서 사상함수(transformation function)로 맵핑(mapping)시키는 것이다. 그러면 맵핑함수 $f(x)$ 는

$$f(x) = X_0 + (X_{L-1} - X_0)c(x)$$

이다. 그러면 히스토그램 평활화의 출력 영상 Y 는

$$Y = f(X) = f\{X(i,j)\} \quad \forall X(i,j) \in X$$

로 표현할 수 있다.

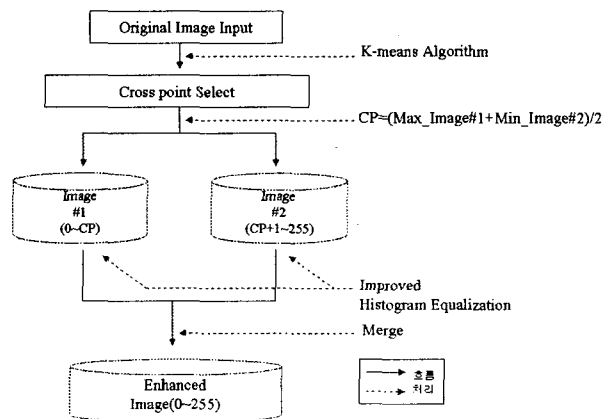
3. 제안한 기법

본 논문에서 영상 대비 강화를 위해서 제안된 기법은 K-means 알고리즘을 사용하여 최적의 교차점을 선정한다. 선정된 교차점을 사용하여 입력된 영상을 두 개의 이미지로 분리한다. 분리된 두 개의 이미지를 제안된 동적 범위로 대비 강화 시켜준다.

3.1 영상 향상 과정

제안한 기법의 알고리즘의 요약은 다음과 같다.

- (1) K-means를 알고리즘을 사용하여 최적의 교차점을 선정한다.
- (2) 선정된 교차점을 사용하여 입력 영상을 두 개의 이미지로 분리한다.
- (3) 분리된 두 개의 이미지에 제안된 동적범위 내에서 개선된 히스토그램 평활화를 적용한다.
- (4) 두 개의 분리된 이미지를 하나의 이미지로 병합한다.



[그림 1] 영상 향상 과정

3.2 영상 강화 모델

입력 영상 X는 X_A, X_B 로 분할된다. 분할된 영상에서 각각 명암도의 최소값을 M_a, M_b 라 하고 최대값을 M_A, M_B 라 하고 할때, X_A, X_B 는

$$X = X_A \cup X_B$$

where

$$X_A = \{X(i, j) | X(i, j) \geq M_a \text{ and } X(i, j) \leq M_A, \forall X(i, j) \in X\}$$

$$X_B = \{X(i, j) | X(i, j) > M_b \text{ and } X(i, j) \leq M_B, \forall X(i, j) \in X\}$$

이다.

그러면, X_A, X_B 에서 각각의 확률밀도함수는

$$p_A(X_k) = \frac{n_A^k}{n_A}, \text{ where } k = M_a, M_{a+1}, \dots, M_A$$

$$p_B(X_k) = \frac{n_B^k}{n_B}, \text{ where } k = M_b, M_{b+1}, \dots, M_B$$

이다.

n_A^k, n_B^k 는 $\{X\}_A, \{X\}_B$ 에서 X_k 레벨의 명암도의 개수를 나타낸다. $\{X\}_A, \{X\}_B$ 의 전체 명암도의 개수는 n_A, n_B 이다. n_A, n_B 는

$$n_A = \sum_{i=M_a}^{M_A} n_i$$

$$n_B = \sum_{i=M_b}^{M_B} n_i$$

이다. 그리고 $n = n_A + n_B$ 이다.

$\{X\}_A, \{X\}_B$ 각각의 누적분포함수는

$$C_A(x) = \sum_{i=M_a}^{M_A} p_A(X_i)$$

$$C_B(x) = \sum_{i=M_b}^{M_B} p_B(X_i)$$

이다. 정의에 의해서

$C_A(X_{M_A}) = 1, C_B(X_{M_B}) = 1$ 이다. 누적분포함수로 정규화(normalization)된 값을 입력영상의 제안된 동적범위 전반에 걸쳐서 사상함수(transformation function)로 맵핑(mapping)시키는 것이다. 그러면 각각 두 개의 사상함수는

$$f_A(x) = CP * C_A(x)$$

$$f_B(x) = CP + (L - CP) * C_B(x)$$

이다. 그러면 마지막으로 제안된 기법에서 출력 영상은 Y는

$$Y = f(X) = f_A(X_A) \cup f_B(X_B)$$

where

$$f_A(X_A) = \{f_A(X(i, j)) | \forall X(i, j) \in X_A\}$$

$$f_B(X_B) = \{f_B(X(i, j)) | \forall X(i, j) \in X_B\}$$

로 표현할 수 있다.

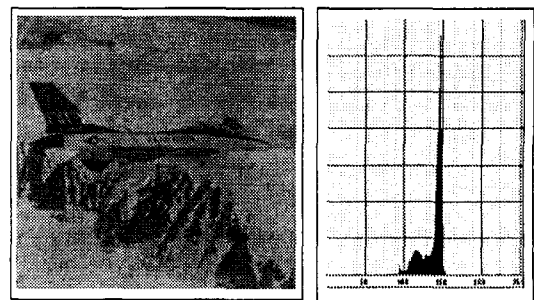
4. K-means 알고리즘

입력영상을 두 개의 이미지로 분할시 쓰이는 교차점을 자동으로 선정하기 위해서 K-means 알고리즘을 사용하였다. 클러스터의 개수를 2로 놓았으며 알고리즘의 요약은 다음과 같다.

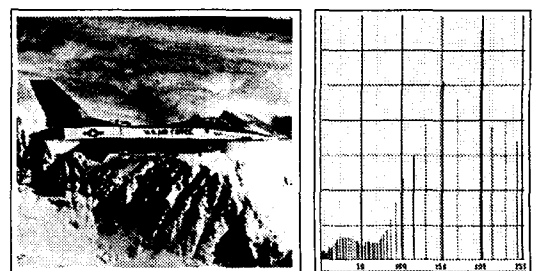
- 1) k개의 클러스터들로 시작하는데, 처음 각각의 클러스터의 중심(centroid)은 중복되지 않고 먼저 나오는 k개의 샘플들로 초기화한다. 나머지 n-k의 샘플들로 k개의 클러스터 중심을 다시 조정한다.
- 2) 조정된 k개의 클러스터 중심으로 데이터 전체를 가장 k개의 클러스터의 중심에 가장 가까운 중심을 갖는 클러스터에 포함시킨다. 이 단계에서는 클러스터의 중심을 다시 계산하지 않는다.

5. 실험결과 및 고찰

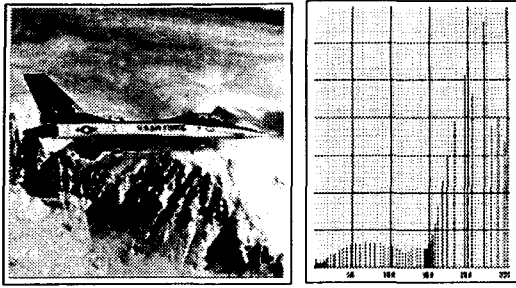
저대비 영상에 히스토그램 평활화 기법과 제안한 기법을 적용하였다. 그림 2 와 3에서 볼 수 있듯이 퍼지성 지수는 히스토그램 평활화 기법을 적용한 결과보다 제안한 기법이 더 낮아 대비강화를 더 잘 함을 보여주었다.



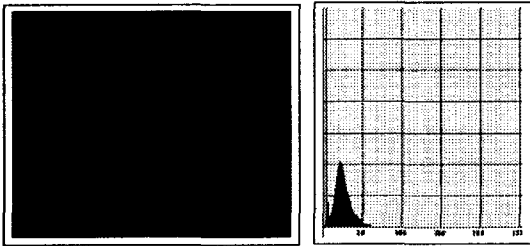
(a)원 영상



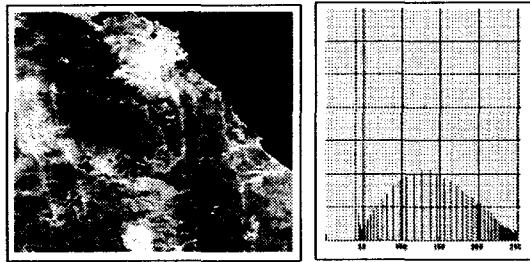
(b)히스토그램 평활화에 의해 향상된 영상



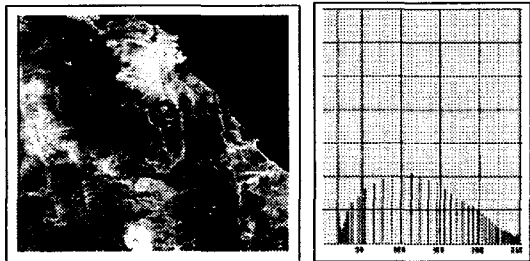
(c)제안한 기법에 의해 향상된 영상
[그림 2] Plane 영상 실험



(a)원 영상



(b)히스토그램 평활화에 의해 향상된 영상



(c)제안한 기법에 의해 향상된 영상
[그림 3] 인공위성사진 영상 실험

제안된 기법은 K-means 알고리즘을 사용하여 자동으로 교차점을 선택하게 해주고, 임계값 선택 과정을 두 개의 클래스 형성과정으로 보고 대비 강화 연산에 적용한다.

<표1> 제안한 기법에 의한
교차점(Cross point)과 K-means결과

Image	그림 2		그림 3	
교차점	127	139	6	24
K-means	88~133	134~159	0~15	15~64

향상된 결과를 평가하기 위해서 아래 <표2>보면

제안한 기법이 히스토그램 평활화 기법보다 낮음을 보여준다.

<표2>실험 영상의 퍼지성 측정 비교

실험 영상	그림 2		그림 3	
	(b)	(c)	(b)	(c)
IOF	0.30675	0.26898	0.34211	0.28861

6. 결론

K-means알고리즘을 사용하여 교차점을 자동으로 선정하는 방법을 제안하였고 영상을 양분하여 히스토그램 평활화 방법을 적용하였다. 저대비 영상에 적용한 결과 히스토그램 평활화 기법에 의한 출력 영상보다 제안한 기법에 의한 출력 영상의 퍼지성 지수가 더 작았다. 출력 영상에서 볼 수 있듯이 히스토그램 평활화 기법보다 제안한 기법의 출력영상의 대비강화가 더 잘 됨을 보여 주었다.

다만, K-means알고리즘을 사용하여 두 개의 클래스로 나누는 과정 때문에 처리 시간 다소 오래 걸린다. 동영상(Moving Picture) 필터로 사용하기에는 다소 무리가 있다. 향후 과제로 알고리즘 최적화를 통하여 최적의 영상을 만들고 동영상 필터 사용할 수 있게 실시간 처리를 할 수 있는 필터 제작을 연구자하고 한다.

7. 참고문헌

- [1]R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Second edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River, 2002.
- [2]이금분, 김용수 “개선된 IAFC 모델을 이용한 영상 대비 향상 기법”, 퍼지 및 지능 시스템 학회 논문지, Vol. 11, No. 9, pp. 777-781, 2001.
- [3]정준희, 김용수 “K-means 알고리즘을 이용한 퍼지 영상 대비 강화 기법”, 퍼지 및 지능 시스템 학회 논문, Vol. 12, No.2, pp. 291-295, 2002.
- [4]허진경, 이용기 “히스토그램 분포도 변경에 의한 영상 강조”, 한국멀티미디어학회 춘계학술발표대회 논문집 제6권, 제1호 pp. 370-372, 2003.
- [5]김영태 “Contrast Enhancement Using Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization” IEEE transactions on consumer electronics, v.43 no.1, pp. 1-8, 1997.