

## 클러스터링 알고리즘을 이용한 영상 대비 향상 기법

# Image Contrast Enhancement Technique Using Clustering Algorithm

김남진, 김용수\*

Nam-Jin Kim, Yong-Soo Kim

대전대학교 컴퓨터공학과

\*대전대학교 컴퓨터공학부

Dept. of Computer Engineering, Daejeon University

\*Division of Computer Engineering, Daejeon University

### 요 약

야간에 비디오카메라로 촬영시 열악한 주위 환경과 영상 전송에 기인하여 다양한 잡음에 의하여 왜곡되고 흐린 저대비(low contrast)영상을 가질 수 있다. 본 논문에서는 획득한 저대비 영상을 대비 향상시켜주는 기법을 제안한다. MPEG-2는 인간의 시각 특성상 색차(chrominance)신호보다 밝기(luminance)신호에 더 민감하기 때문에 밝기신호와 색차신호를 분리하여 압축한다. 본 논문에서는 밝기신호만을 추출하여, 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 양분하고 양분된 영상의 각각에 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.

### Abstract

Image taken in the night can be low-contrast images because of poor environment and image transmission. We propose an algorithm that improves the acquired low-contrast image. MPEG-2 separates chrominance and illuminance, and compresses respectively because human vision is more sensitive to luminance. We extracted illumination and used K-means algorithm to find a proper crossover point automatically. We used K-means algorithm in the viewpoint that the problem of crossover point selection can be considered as the two-category classification problem. We divided an image into two subimages using the crossover point, and applied the histogram equalization method respectively. We used the index of fuzziness to evaluate the degree of improvement. We compare the results of the proposed method with those of other methods.

**Key Words** : Contrast Enhancement, Crossover Point, Low Contrast, Index of Fuzziness

## 1. 서 론

야간에 비디오카메라로 촬영시 열악한 주위 환경과 영상 전송에 기인하여 다양한 잡음에 의하여 왜곡되고 흐린 저대비(low contrast)영상을 가질 수 있다. 이러한 경우 영상 대비 강화 기법은 물체의 경계를 선명히 하거나 저대비 영상으로부터 원하는 특징(feature)을 추출함으로써 영상의 대비를 향상시킬 수 있는데 이를 위한 다양한 영상대비강화 기법들이 제안되어 왔다[1-8]. 이러한 영상 대비 강화 기법 중 가장 널리 사용되어 온 방법은 히스토그램을 사용하여 영상의 동적 범위를 넓혀주는 방법이다[1]. De & Chatterji는 퍼지논리와 시각모델을 기반으로 퍼지 영상 강화 모델을 개발하였

고[2], 김용수와 이금분은 De & Chatterji의 방법을 개선하였는데, 주관적 임계점을 임의로 선정하는 대신에 퍼지신경회로망 모델을 사용하여 자동적으로 교차점을 선정하였다[3]. 또한 김용수와 정준희는 교차점 선정시 클러스터링 알고리즘을 사용하여 교차점을 자동으로 선정하였다[4]. Caselles는 히스토그램의 모양을 보존하면서 지역적으로 영상의 동적 범위를 넓혀주는 SPLHM(Shape Preserving Local Histogram Modification)[5]을 개발하였고, 김영택은 명암도의 평균값을 사용하여 입력영상을 양분하고 밝기성분을 보존하면서 히스토그램 평활화기법을 개선한 BBHE(Contrast Enhancement Using Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization)[6]을 개발하였다.

인간은 시각 특성상 색차(chrominance)신호보다 밝기(luminance)신호에 더 민감한 특성을 가지고 있다[8]. 본 논문에서는 MPEG-2하에서 밝기정보 Y와 색차정보 Cb, Cr의 세 가지 성분 비율이 4:2:2인 YUY2중에서 Y값만을 추출하

접수일자 : 2004년 3월 1일

완료일자 : 2004년 5월 31일

고, K-means 알고리즘을 사용하여 교차점(crossover point)을 자동으로 선정한다. 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)방법[6]과는 다르게 구한 교차점을 기준으로 영상을 양분하여 처리한다.

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 기존의 영상강화기법의 결과와 비교하였다.

## 2. 기존 영상 강화 알고리즘

### 2.1 히스토그램 평활화

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

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

이고,  $n^k$ 는 입력 영상  $X$ 에서  $X_k$ 레벨의 명암도를 갖는 픽셀의 개수를 나타낸다. 누적된 확률  $c(x)$ 는

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

정의에 의해서  $c(X_{L-1})=1$ 이다. 히스토그램 평활화는 누적된 확률로 정규화(normalization)된 값을 입력영상의 동적 범위 전반에 걸쳐서 변환함수(transformation function)로 맵핑(mapping)시키는 것이다. 그러면 변환함수  $f(x)$ 는

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

이다. 히스토그램 평활화의 출력 영상  $Y$ 는

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

이다.

### 2.2 양분 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. 입력 영상  $X$ 는  $X_L, X_U$ 로 분할 된다.  $X_m$ 이 영상의 명암도의 평균값일때,  $X_L, X_U$ 는

$$X = X_L \cup X_U$$

where

$$X_L = \{X(i, j) \mid x(i, j) \leq X_m, \forall X(i, j) \in X\}$$

$$X_U = \{X(i, j) \mid x(i, j) > X_m, \forall X(i, j) \in X\}$$

이다. 그러면  $X_L, X_U$ 에서 각각의 발생확률은

$$P_L(X_k) = \frac{n_L^k}{n_L}, \text{ where } k = 0, 1, \dots, m$$

$$P_U(X_k) = \frac{n_U^k}{n_U}, \text{ where } k = m+1, m+2, \dots, L-1$$

이다.  $n_L^k, n_U^k$ 는  $\{X\}_L, \{X\}_U$ 에서  $X_k$ 레벨의 명암도를 갖는 픽셀의 개수를 나타낸다.  $\{X\}_L, \{X\}_U$ 의 전체명암도의 개수는 각각  $n_L, n_U$ 이다.  $n_L, n_U$ 는

$$n_L = \sum_{k=0}^m n_L^k$$

$$n_U = \sum_{k=m+1}^{L-1} n_U^k$$

이다. 정의에 의해서

$$C_L(X_m) = 1$$

$$C_U(X_{L-1}) = 1$$

이다. 누적된 확률로 정규화(normalization)된 값을 입력영상의 제한된 동적 범위 전반에 걸쳐서 변환함수(transformation function)로 맵핑(mapping)시키는 것이다. 그러면 각각 두 개의 변환함수는

$$f_L(x) = X_0 + (X_m - X_0)c_L(x)$$

$$f_U(x) = X_{m+1} + (X_{L-1} - X_{m+1})c_U(x)$$

이다. 그러면 마지막으로 출력 영상은  $Y$ 는

$$Y = f(x) = f_L(X_L) \cup f_U(X_U)$$

이고, 여기서

$$f_L(X_L) = \{f_L(X(i, j)) \mid (\forall X(i, j) \in X_L)\},$$

$$f_U(X_U) = \{f_U(X(i, j)) \mid (\forall X(i, j) \in X_U)\}$$

이다.

## 3. 색차 포맷(Chroma format)

색차신호는 밝기신호에 비해서 해상도가 낮기 때문에 샘플 수가 적어도 된다. 따라서 색차신호의 표본화 방법에 따라 색차포맷이 다르게 되는 MPEG-2에서는 4:2:0, 4:2:2, 4:4:4를 규정하고 있다. 1화소(pixel)당 24비트의 정보를 할당하지만 인간의 눈이 색에 그다지 민감하지 않은 것을 이용해서 색차정보를 삭감하여 데이터의 압축률을 높이는 것이다. 즉 색차정보를 삭감하지 않은 것을 4:4:4라고 부르고 횡방향으로 반으로 삭감한 것을 4:2:2, 횡방향과 종방향으로 삭감한 것을 4:2:0으로 부르고 있다.

### 3.1 YCbCr

Y, Cb, Cr 표현은 YUV표현의 디지털 표현이다. 아날로그 신호인 YUV 표현을 컴퓨터가 처리할 수 있게 디지털로 변환해준 것이 Y, Cr, Cb이다.

- ▶ RGB에서 YCbCr로의 변환[9]
 
$$Y = 0.29900R + 0.58700G + 0.11400B$$

$$Cb = -0.16874R - 0.33126G + 0.50000B$$

$$Cr = 0.50000R - 0.41869G - 0.08131B$$
- ▶ YCbCr에서 RGB로의 변환[9]
 
$$R = 1.00000Y + 1.40200Cr$$

$$G = 1.00000Y - 0.34414Cb - 0.71414Cr$$

$$B = 1.00000Y + 1.77200Cb$$

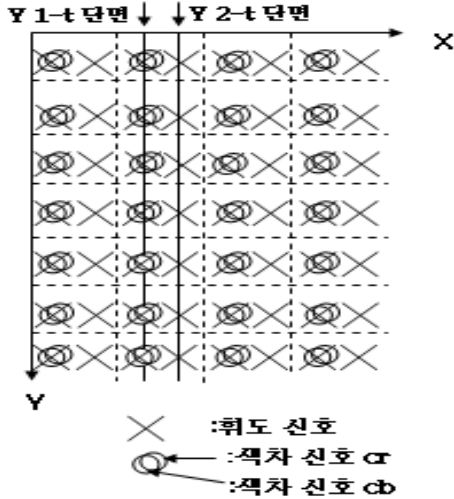


그림 1. MPEG-2의 4:2:2 format[9]  
Fig. 1. 4:2:2 format of MPEG-2[9]

#### 4. 제안한 기법

본 논문에서 영상 대비 강화를 위해서 제안한 기법은 K-means 알고리즘을 사용하여 최적의 교차점을 선정한다. 선정된 교차점을 사용하여 입력된 영상을 두 개의 영상으로 분리하고, 분리된 두 개의 영상들 각각에 히스토그램 평활화 기법을 적용하여 대비강화를 시킨다. 양분 히스토그램 평활화 방법은 영상으로부터 명암도의 평균값을 구하여 양분하였으나[6], 본 논문에서는 K-means 알고리즘을 사용하여 교차점을 구하고 이 교차점을 사용하여 영상을 양분하였다.

##### 4.1 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 영상으로 분리한다.
- (3) 분리된 두 개의 영상에 제한된 동적범위 내에서 히스토그램 평활화 기법을 적용한다.
- (4) 두 개의 분리된 영상을 하나의 영상으로 병합한다.

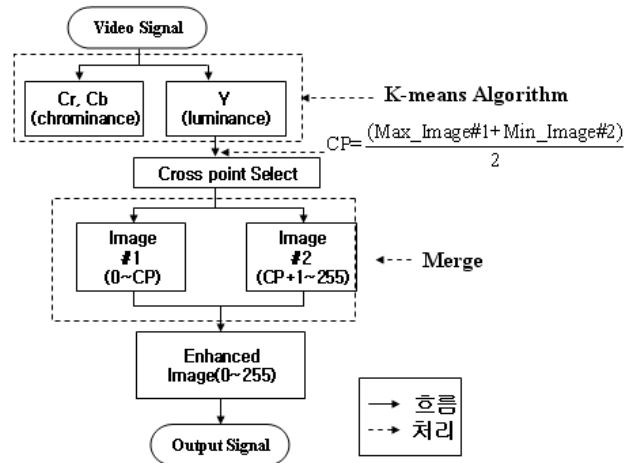


그림 2. 영상 향상 과정  
Fig. 2. Procedure of Image Enhancement

##### 4.2 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

$$X = X_A \cup X_B$$

이고, 여기서

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

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

이다. 그러면,  $X_A, X_B$  에서 각각의 발생확률은

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

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

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 명암도를 갖는 픽셀의 개수는  $n_A, n_B$ 이다.  $n_A, n_B$

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

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

이다. 그리고  $n = n_A + n_B$ 이다.

$\{X\}_A, \{X\}_B$  각각의 누적된 확률은

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

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

이다. 정의에 의해서  $C_A(X_{M_A})=1, C_B(X_{M_B})=1$  이다. 누적된 확률로 정규화(normalization)된 값을 입력 영상의 제안된 동적범위 전반에 걸쳐서 변환함수(transformation function)로 맵핑(mapping)시키는 것이다. 그러면 각각 두 개의 변환함수는

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

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

이다. 그러면 마지막으로 제안된 기법에서 출력 영상은 Y는

$$Y = f(X)$$

$$= f_A(X_A) \cup f_B(X_B)$$

이고, 여기서

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

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

이다.

### 5. 실험 결과 및 고찰

저대비 영상에 히스토그램 평활화 기법과 BBHE 기법과 제안한 기법을 각각 적용하였다. 그림 3은 저대비 영상인 airplane에 히스토그램 평활화 기법과 BBHE기법과 제안한 기법을 적용한 결과인데 히스토그램 평활화 기법을 적용한 출력 영상에 비해 제안한 기법의 출력 영상이 꼬리 부분에 있는 F-16의 문자를 볼 때 더 선명함을 볼 수 있다. 그림 4는 저대비 영상인 lake에 히스토그램 평활화 기법과 BBHE 기법과 제안한 기법을 적용한 출력 영상들이다.

대비가 향상된 결과를 평가하기 위해 퍼지성 지수(Index of Fuzziness)를 사용하였는데 airplane과 lake의 원 영상들과 히스토그램 평활화 기법과 BBHE기법과 제안된 기법을 적용한 결과로 얻은 출력 영상의 퍼지성 지수는 표 1과 같다. 표 1에서 볼 수 있는 바와 같이 히스토그램 평활화 기법을 적용한 결과 출력 영상과 BBHE기법을 적용한 결과의 출력 영상보다 제안한 기법을 적용한 결과의 출력 영상의 퍼지성 지수가 더 낮음을 알 수 있다. 이 결과로부터 BBHE기법에서와 같이 교차점을 단순히 평균값을 취하여 대비 강화한 결과 보다는 제안한 기법에서와 같이 교차점을 클러스터링 알고리즘을 사용하여 적절한 값을 찾는 것이 대비 강화를 더 잘 하는 것을 알 수 있다.

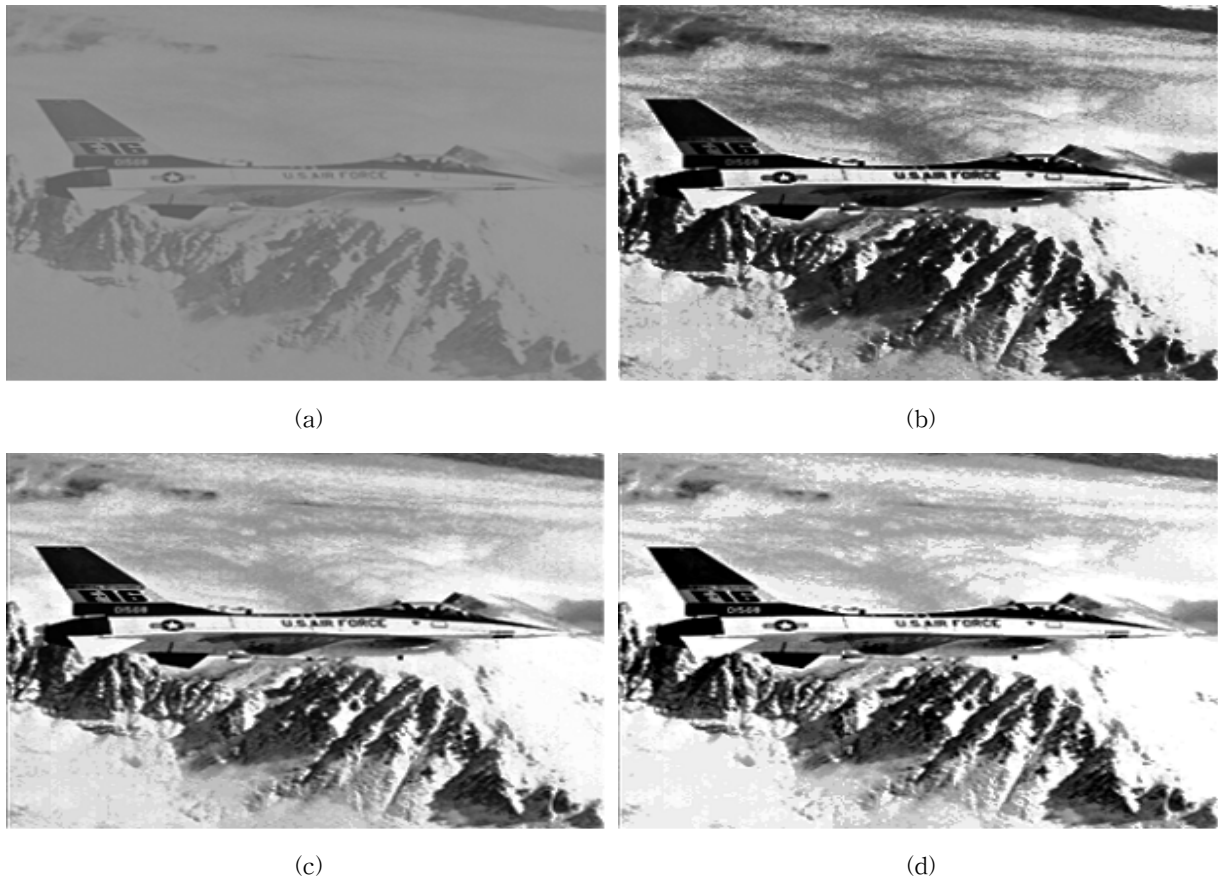


그림 3. airplane에 적용한 결과 (a) 원 영상, (b) 히스토그램 평활화에 의해 향상된 영상, (c) BBHE에 의해 향상된 영상, (d) 제안한 기법에 의해 향상된 영상

Fig. 3. Results for airplane (a) Original image, (b) Histogram equalization method, (c) BBHE method, (d) The proposed method

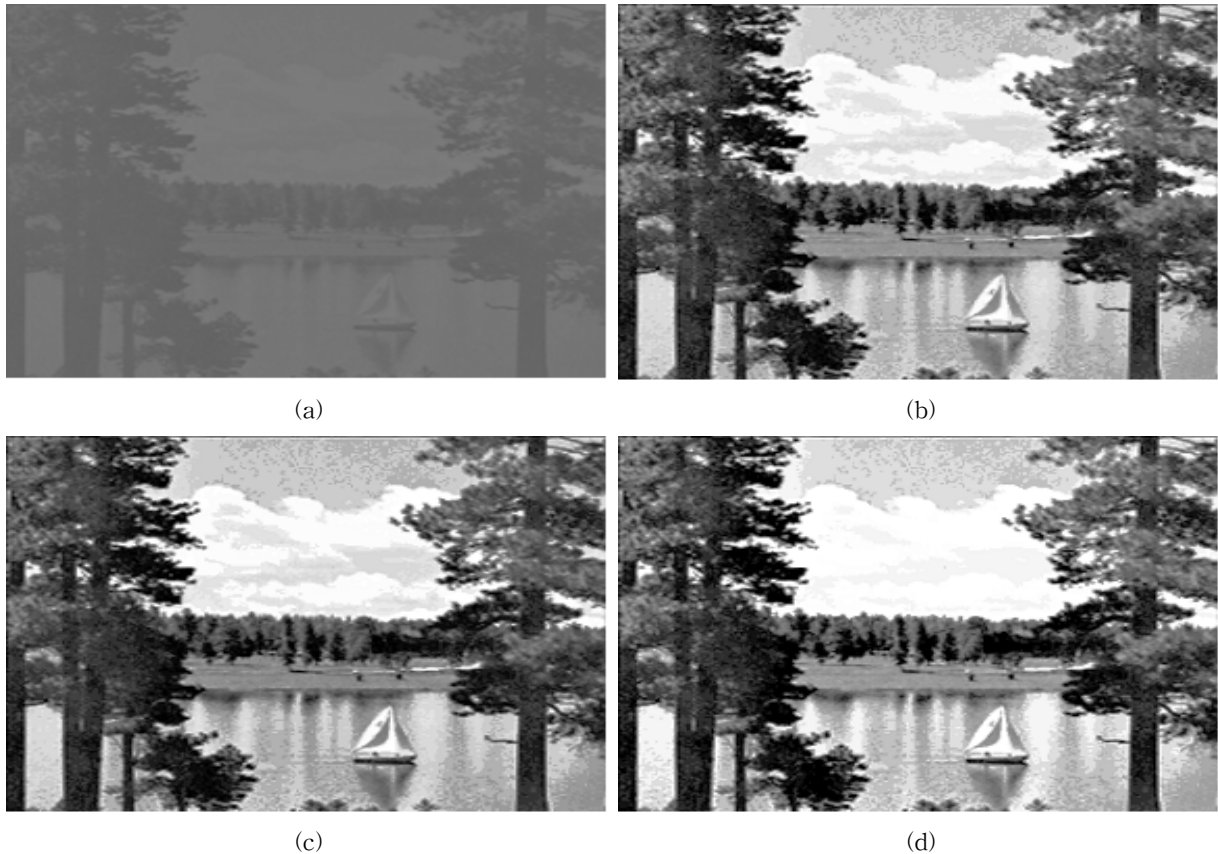


그림 4. lake에 적용한 결과 (a) 원 영상, (b) 히스토그램 평활화에 의해 향상된 영상, (c) BBHE에 의해 향상된 영상, (d) 제안한 기법에 의해 향상된 영상

Fig. 4. Results for lake, (a) Original image, (b) Histogram equalization method, (c) BBHE method, (d) The proposed method

표 1. 실험 영상의 퍼지성 측정 비교

Table 1. Results of index of fuzziness for experimental images

실험영상	Fig. 3				Fig. 4			
	(a)	(b)	(c)	(d)	(a)	(b)	(c)	(d)
Index of Fuzziness	0.75	0.30	0.28	0.24	0.77	0.33	0.31	0.28

## 6. 결 론

입력된 비디오 신호중에서 Y값만을 추출하고 K-means 알고리즘을 사용하여 교차점을 자동으로 선정한다. 선정된 교차점으로 영상을 두개의 영상으로 나누어서 분리된 영상 각각에 히스토그램 평활화 방법을 적용한 후 처리된 두개의 영상을 하나의 영상으로 병합하는 방법을 제안하였다. 저대비 영상에 적용한 결과 히스토그램 평활화 기법과 BBHE기법에 의한 출력영상보다 제안한 기법에 의한 출력영상의 퍼지성 지수가 더 낮았다. 출력영상에서 볼 수 있듯이 제안한 기법의 출력영상이 히스토그램 평활화 기법과 BBHE기법에

의한 출력영상보다 대비강화가 더 잘 됨을 보여주었다. 또한, Y값만으로 연산을 수행한 결과 기존의 영상대비강화 기법보다 수행시간을 단축시켰다.

## 참 고 문 헌

- [1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Second edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River, 2002.
- [2] T. K. De and B. N. Chatterji, "An approach to a generalized technique for image contrast enhancement using the concept of fuzzy set," Fuzzy Sets and System, Vol. 25, pp. 145-158, 1988.
- [3] 이금분, 김용수 "개선된 IAFC 모델을 이용한 영상 대비 향상 기법," 퍼지 및 지능 시스템 학회 논문지, Vol. 11, No. 9, pp. 777-781, 2001.
- [4] 정준희, 김용수 "K-means 알고리즘을 이용한 퍼지 영상 대비 강화 기법," 퍼지 및 지능시스템학회 2002년도 추계학술대회 학술발표 논문집, Vol. 12, No. 2, pp. 291-295, 2002.
- [5] Vicent Caselles, "Shape Preserving Local Histogram

Modification" IEEE Transactions of image processing, Vol. 8, No. 2, February 1999.

[6] Yeong-Taeg Kim, "Contrast Enhancement Using Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization," IEEE Transactions on consumer electronics, Vol. 43, No. 1, pp. 1-8, 1997.

[7] Sapiro, G. and Vicent Caselles "Histogram Modification via Differential Equations," Journal of differential equations, Vol. 135 No. 2, pp. 238-268, 1997.

[8] Yu, Tian-Hu, Mitra, S. K. "Histogram-shape Preserving Algorithm For Image Enhancement," 1993 IEEE International Symposium on Circuits and Systems, pp. 407-410, May 1993.

[9] 정제창, 그림으로 보는 최신 MPEG, 교보문고, 1997.



**김용수(Yong-Soo Kim)**

1981년 : 연세대학교 전기공학과 공학사  
 1983년 : KAIST 전기 및 전자공학과 공학 석사  
 1986년 : 삼성전자 종합연구소 주임연구원  
 1993년 : Dept. of Electrical Eng., Texas Tech Univ. 공학박사  
 1995년~현재 : 대전대학교 컴퓨터공학부 부교수

관심분야 : 신경회로망, 퍼지 논리, 패턴인식, 영상처리, 침입 탐지 등

Phone : +82-42-280-2547

Fax : +82-42-284-0109

E-mail : kystj@dju.ac.kr

<b>저 자 소 개</b>
----------------



**김남진(Nam-Jin Kim)**

2002년 : 대전대학교 컴퓨터공학과 공학사  
 2004년~현재 : 대전대학교 컴퓨터공학과 석사과정

관심분야 : 영상처리, computer vision, 패턴인식

E-mail : najikr@tjssm.co.kr