

컬러 영상에서의 퍼지 스트레칭 기법

김 광 백

Fuzzy Stretching Method of Color Image

Kwang-Baek Kim

요 약

본 논문에서는 컬러 영상에 삼각형 타입의 소속 함수를 적용하여 스트레칭의 상한과 하한을 동적으로 설정하여 컬러 영상을 퍼지 스트레칭 하는 방법을 제안한다. 제안된 퍼지 스트레칭 방법은 평균 밝기 값을 기준으로 가장 어두운 픽셀 값과 가장 밝은 픽셀 값의 거리를 계산하여 밝기의 조정률을 결정한 후, 최소 밝기 값과 최대 밝기 값을 구하고 삼각형 타입 소속 함수의 구간에 적용한다. 영상의 픽셀 값들을 소속 함수에 적용하여 소속도를 구하고 가장 낮은 픽셀 값을 스트레칭 하한으로 설정하고 가장 높은 픽셀 값을 스트레칭 상한으로 설정하여 컬러 영상을 스트레칭 한다. 다양한 영상에 적용한 결과, 엔드인 탐색 방법보다 제안된 퍼지 스트레칭 방법이 효율적인 것을 확인하였다.

▶ Keywords : 퍼지 스트레칭, 밝기, 엔드인 탐색, 소속도

Abstract

In this paper, we propose a novel fuzzy stretching method that adopts a triangle type fuzzy membership function to control the highest and lowest brightness limit dynamically. As an essential procedure to enhance the brightness contrast, stretching is an important procedure in color image processing. While popular Ends-in Search stretching method should be provided fixed minimum and maximum brightness threshold from experience, our proposed method determines them dynamically by fuzzy membership functions. The minimum and maximum limit is determined by computing the lowest and highest pixel value according to the membership degree of our designed triangle type membership function. The experiment shows that the proposed method result in far less skewed histogram than those of Ends-in Search stretching thus successfully verifies its effectiveness.

▶ Keywords : Fuzzy stretching, Brightness, Ends-in Search, Membership degree

I. 서론

사람의 눈은 대비에 민감하게 작용하므로 대체적으로 대비가 높은 영상일수록 영상의 품질이 향상되어 보인다. 높은 명암 대비란 영상의 명암도 값의 분포가 넓은 지역에 균형 있게 퍼져있는 것을 의미하고, 반대로 전체적인 명암도가 흐리거나 혹은 너무 밝거나 너무 어두운 영상들은 낮은 명암 대비 영상으로서 영상의 히스토그램 명암도 분포 값이 특정 지역으로 치우치는 경우를 의미한다. 이러한 낮은 명암 대비 영상을 높은 명암 대비 영상으로 바꾸는 과정을 영상 대비 향상이라고 하는데, 영상 대비 향상 과정은 영상 처리 분야의 전처리 과정으로서 매우 중요한 역할을 한다[1].

히스토그램 스트레칭 혹은 히스토그램 평활화와 같은 기존 대비 향상 기법들은 낮은 명암 대비 영상과 같이 소수의 화소들이 넓은 지역에 흩어져 있는 경우에는 효과적인 대비 향상 결과를 얻을 수 없는 경우가 발생한다. 왜곡된 영상의 상태를 보완하기 위한 방법으로 히스토그램을 이용한 스트레칭 기법이 널리 적용되고 있다. 스트레칭 방법으로 크게 두 종류로 구분된다[2]. 하나는 명암 대비 스트레칭이고 다른 하나는 엔드인 탐색(Ends-in Search)이다. 명암 대비 스트레칭은 특정 부분에 명암 값이 치우쳐 있는 영상에 적용된다. 두 번째 방법으로 엔드인 탐색은 영상의 명암 값이 넓은 범위에 있기는 하지만 히스토그램에서 특정한 골이나 마루가 있는 영상에 적용된다. 그러나 엔드인 탐색 기법은 상한과 하한에 대한 백분율을 경험적으로 설정해야 한다[3,4]. 따라서 본 논문에서는 컬러 영상에 대해 삼각형 타입의 소속 함수를 적용하여 상한과 하한의 임계치를 동적으로 설정하여 영상의 명암도 분포를 스트레칭하는 퍼지 스트레칭 기법을 제안한다.

II. 제안된 퍼지 스트레칭

본 논문에서는 히스토그램의 스트레칭 기준인 하한(α)과 상한(β)를 구하기 위하여 퍼지 기법을 적용한다[5,6,7].

컬러 영상에서 RGB 각각의 값을 X_i^r , X_i^g , X_i^b 로 정의하고 이 값을 이용하여 각각의 중간 밝기 값 X_m^r , X_m^g , X_m^b 을 식(1)과 같이 설정한다.

$$\begin{aligned} X_m^r &= \sum_{i=0}^{255} X_i^{r*} \frac{1}{M^* N} \\ X_m^g &= \sum_{i=0}^{255} X_i^{g*} \frac{1}{M^* N} \\ X_m^b &= \sum_{i=0}^{255} X_i^{b*} \frac{1}{M^* N} \end{aligned} \tag{1}$$

식(1)에서 M과 N은 영상의 넓이와 길이를 의미한다.

X_m^r , X_m^g , X_m^b 을 이용하여 어두운 영역 거리 값(D_{\min}^r , D_{\min}^g , D_{\min}^b)과 밝은 영역의 거리 값(D_{\max}^r , D_{\max}^g , D_{\max}^b)을 계산한다.

$$\begin{aligned} D_{\max}^r &= |X_h^r - X_m^r| & D_{\min}^r &= |X_m^r - X_l^r| \\ D_{\max}^g &= |X_h^g - X_m^g| & D_{\min}^g &= |X_m^g - X_l^g| \\ D_{\max}^b &= |X_h^b - X_m^b| & D_{\min}^b &= |X_m^b - X_l^b| \end{aligned} \tag{2}$$

식 (2)에서 각각의 X_l^r , X_l^g , X_l^b 는 입력된 영상의 가장 어두운 픽셀 값이고, X_h^r , X_h^g , X_h^b 는 가장 밝은 픽셀 값을 나타낸다.

D_{\min}^r , D_{\min}^g , D_{\min}^b 과 D_{\max}^r , D_{\max}^g , D_{\max}^b 를 다음 규칙에 적용하여 밝기의 조정률($adjustment^r$, $adjustment^g$, $adjustment^b$)을 구한다.

$$\begin{aligned} \text{if}(X_m^r > 128) \quad & adjustment^r = 255 - X_m^r \\ \text{else if}(X_m^r \leq D_{\min}^r) \quad & adjustment^r = D_{\min}^r \\ \text{else if}(X_m^r \geq D_{\max}^r) \quad & adjustment^r = D_{\max}^r \\ \text{else} \quad & adjustment^r = X_m^r \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{if}(X_m^g > 128) \quad & adjustment^g = 255 - X_m^g \\ \text{else if}(X_m^g \leq D_{\min}^g) \quad & adjustment^g = D_{\min}^g \\ \text{else if}(X_m^g \geq D_{\max}^g) \quad & adjustment^g = D_{\max}^g \\ \text{else} \quad & adjustment^g = X_m^g \end{aligned}$$

$$\text{if}(X_m^b > 128) \quad adjustment^b = 255 - X_m^b$$

else if($X_m^b \leq D_{\min}^b$) $adjustment^b = D_{\min}^b$
 else if($X_m^b \geq D_{\max}^b$) $adjustment^b = D_{\max}^b$
 else $adjustment^b = X_m^b$

밝기 조정률을 이용하여 최대 밝기 값($I_{\max}^r, I_{\max}^g, I_{\max}^b$)과 최소 밝기 값($I_{\min}^r, I_{\min}^g, I_{\min}^b$)을 다음과 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} I_{\max}^r &= X_m^r + adjustment^r \\ I_{\min}^r &= X_m^r - adjustment^r \\ I_{\max}^g &= X_m^g + adjustment^g \\ I_{\min}^g &= X_m^g - adjustment^g \\ I_{\max}^b &= X_m^b + adjustment^b \\ I_{\min}^b &= X_m^b - adjustment^b \end{aligned} \quad (3)$$

계산된 최대 밝기 값($I_{\max}^r, I_{\max}^g, I_{\max}^b$)과 최소 밝기 값($I_{\min}^r, I_{\min}^g, I_{\min}^b$)을 삼각형 타입의 소속 함수에 적용한다. 구간 [I_{\min}^r, I_{\max}^r], [I_{\min}^g, I_{\max}^g], [I_{\min}^b, I_{\max}^b]를 가진 삼각형 타입의 소속 함수는 그림 1과 같다. 소속 함수에서 소속도가 1이 되기 위한 중간 밝기 값($I_{mid}^r, I_{mid}^g, I_{mid}^b$)은 다음과 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} I_{mid}^r &= \frac{I_{\max}^r + I_{\min}^r}{2} \\ I_{mid}^g &= \frac{I_{\max}^g + I_{\min}^g}{2} \\ I_{mid}^b &= \frac{I_{\max}^b + I_{\min}^b}{2} \end{aligned} \quad (4)$$

따라서 구간 [I_{\min}^r, I_{\max}^r], [I_{\min}^g, I_{\max}^g], [I_{\min}^b, I_{\max}^b]에 대한 소속도는 다음과 같이 결정한다.

if($X_m^r \leq I_{\min}^r$) or ($X_m^r \geq I_{\max}^r$) then $\mu(X^r) = 0$
 if($X_m^r > I_{mid}^r$) then $\mu(X^r) = \frac{I_{\max}^r - X_m^r}{I_{\max}^r - I_{mid}^r}$
 if($X_m^r < I_{mid}^r$) then $\mu(X^r) = \frac{X_m^r - I_{\min}^r}{I_{mid}^r - I_{\min}^r}$

if($X_m^r = I_{mid}^r$) then $\mu(X^r) = 1$
 if($X_m^g \leq I_{\min}^g$) or ($X_m^g \geq I_{\max}^g$) then $\mu(X^g) = 0$
 if($X_m^g > I_{mid}^g$) then $\mu(X^g) = \frac{I_{\max}^g - X_m^g}{I_{\max}^g - I_{mid}^g}$
 if($X_m^g < I_{mid}^g$) then $\mu(X^g) = \frac{X_m^g - I_{\min}^g}{I_{mid}^g - I_{\min}^g}$
 if($X_m^g = I_{mid}^g$) then $\mu(X^g) = 1$
 if($X_m^b \leq I_{\min}^b$) or ($X_m^b \geq I_{\max}^b$) then $\mu(X^b) = 0$
 if($X_m^b > I_{mid}^b$) then $\mu(X^b) = \frac{I_{\max}^b - X_m^b}{I_{\max}^b - I_{mid}^b}$
 if($X_m^b < I_{mid}^b$) then $\mu(X^b) = \frac{X_m^b - I_{\min}^b}{I_{mid}^b - I_{\min}^b}$
 if($X_m^b = I_{mid}^b$) then $\mu(X^b) = 1$

소속 함수에서 구해진 소속도($\mu(X)$)에 cut^r, cut^g, cut^b 를 적용하여 하한(α)과 상한(β)을 구한다.

if($I_{\min}^r < > 0$) $cut^r = I_{\min}^r / I_{\max}^r$
 else $cut^r = 0.5$
 if($I_{\min}^g < > 0$) $cut^g = I_{\min}^g / I_{\max}^g$
 else $cut^g = 0.5$
 if($I_{\min}^b < > 0$) $cut^b = I_{\min}^b / I_{\max}^b$
 else $cut^b = 0.5$

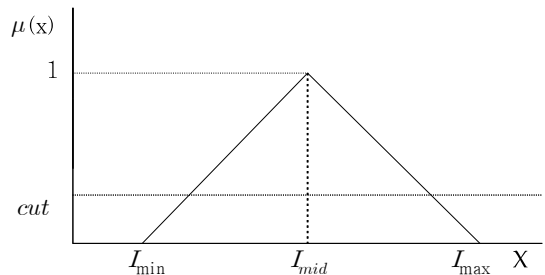


그림 1. 퍼지 소속 함수
 Fig 1. Fuzzy membership function

각각의 R, G, B 값의 소속 함수는 그림 1과 같다. 소속도가

cut^r, cut^g, cut^b 이상인 각각의 X^r, X^g, X^b 픽셀 값 중에서 가장 높은 값을 상한($\beta^r, \beta^g, \beta^b$)으로 설정하고 가장 낮은 픽셀 값을 하한($\alpha^r, \alpha^g, \alpha^b$)으로 설정하여 스트레칭 한다.

$$X_{new}^r = \frac{X^r - \alpha^r}{\beta^r - \alpha^r} * 255$$

$$X_{new}^g = \frac{X^g - \alpha^g}{\beta^g - \alpha^g} * 255$$

$$X_{new}^b = \frac{X^b - \alpha^b}{\beta^b - \alpha^b} * 255$$

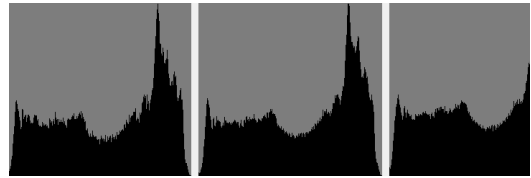
여기서 X^r, X^g, X^b 는 이전 픽셀 값에 해당되며, $X_{new}^r, X_{new}^g, X_{new}^b$ 는 스트레칭이 적용된 새로운 픽셀 값 이고 X^r, X^g, X^b 가 확장된 0에서 부터 255값을 갖는다.

III. 실험 및 결과 분석

본 논문에서 제안한 방법을 Intel Pentium- Dual-Core 2.0 GHz CPU와 3 GB RAM이 장착된 노트북 상에서 VC++ 2008로 구현하여 실험하였다. 그림 2는 기존의 스트레칭 방법과 엔드인 탐색, 제안된 퍼지 스트레칭의 결과 영상 이다.



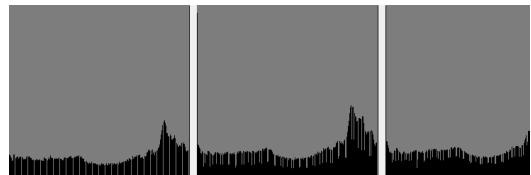
(a) 원본 영상 (a) Original image (b) 기존 스트레칭 (b) Conventional stretching



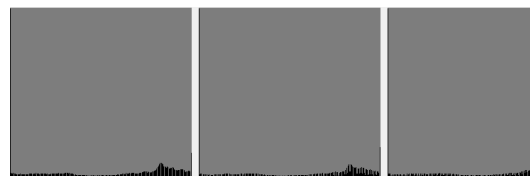
(c) 기존 스트레칭-히스토그램(RGB 값)
(c) Conventional sketching - histogram(RGB value)



(d) 엔드 인 탐색 스트레칭 (d) Ends-in search stretching (e) 제안된 방법 (e) Proposed method stretching



(f) 엔드 인 탐색 스트레칭-히스토그램(RGB 값)
(Ends-in search stretching-histogram(RGB value))



(g) 제안된 방법-히스토그램(RGB 값)
(g) Proposed method-histogram(RGB value)

그림 2. 엔드 인 탐색 스트레칭과 제안된 방법의 비교
Fig 2.. Comparing proposed method with Ends-in search stretching

기존의 히스토그램 스트레칭 기법과 제안된 히스토그램 스트레칭 기법을 비교 분석한 결과, 기존의 스트레칭 기법은 그림2(c)와 같이 낮은 명암 대비 영상에서는 화소가 넓게 퍼져 있어 스트레칭이 잘되지 않는 것을 확인할 수 있다. 그림

2(d)의 영상은 앤드인 탐색 기법을 적용한 결과로서 기존의 스트레칭 기법보다 명암도의 대비가 증가하긴 했으나 명암도의 밝고 어두운 부분이 명확히 나타나지 않는 것을 확인할 수 있다. 그러나 그림 2(e)와 같이 본 논문에서 제안한 퍼지 스트레칭 기법을 적용한 영상에서는 명암도의 대비가 비교적 증가되어 배경의 창문이나 나무의 색상 대비가 더욱 뚜렷하게 나타났다. 따라서 제안한 퍼지 스트레칭 기법이 기존의 대비 향상 기법들보다 명암 대비를 더 뚜렷하게 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 기존의 히스토그램 스트레칭에 퍼지 이론을 적용한 퍼지 스트레칭을 제안하였다. 제안된 방법은 기존의 스트레칭 기법에서 명암도 값의 분포가 특정 지역으로 치우치는 경우에는 스트레칭이 잘되지 않는 문제점과 앤드인 탐색에서 상한과 하한의 백분율을 경험적으로 설정해야하는 문제점을 개선하기 위해 컬러 영상에서 삼각형 타입의 소속 함수를 설계하고 상한과 하한을 동적으로 설정하여 스트레칭 하는 방법을 제안하였다. 제안된 퍼지 스트레칭 방법은 평균 밝기 값을 기준으로 가장 어두운 픽셀 값과 가장 밝은 픽셀 값의 거리를 계산하여 밝기의 조정률을 결정하고 밝기 조정률을 이용하여 최소 밝기 값과 최대 밝기 값을 설정한 후, 삼각형 소속 함수에 적용하였다. 소속 함수에 적용된 소속도를 *cut* 레벨을 적용하여 최소값 픽셀과 최대값 픽셀을 하한과 상한으로 설정한 후에 스트레칭 하였다. 다양한 영상에 적용한 결과, 기존의 스트레칭 기법보다 제안된 퍼지 스트레칭 기법이 더 효율적인 것을 알 수 있었다.

향후 연구 방향은 제안된 퍼지 스트레칭 방법을 의료 영상에 적용하여 제안된 퍼지 스트레칭 방법의 성능을 평가할 것이다.

참고문헌

[1] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, Digital Image Processing, Pearson Prentice Hall(Third Edition), 2008.
 [2] M. J. Song, K. Han, "Development of a System from Recognizing Stamp Images," Journal of Intelligent Information Systems, Vol.9, No.1, pp.125-137, 2003.
 [3] K. B. Kim, "Nucleus Recognition of Uterine Cervical Pap-Smears using FCM Clustering Algorithm,"

International Journal of Maritime Information and Communication Sciences, Vol.6, No.1, pp.94-99, 2008.

[4] K. B. Kim, Y. J. Kim, "Enhanced Binarization Method using Fuzzy Membership Function," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol.10, No.1, pp.67-72, 2005.
 [5] A. Kandel, G. Langholz, Fuzzy Control Systems, CRC Press, Inc., 1994.
 [6] W. Pedrycz, Fuzzy Control and Fuzzy Systems, Research Studies Press Ltd., 1989.
 [7] K. B. Kim B. K. Lee, "Color Image Filter using an Enhanced Fuzzy Method," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol.17, No.11, pp.27-32, 2012.

저 자 소개



김 광 백

1999 : 부산대학교 전자계산학과 이학박사.

현 재 : 신라대학교 컴퓨터공학과 교수.

현 재 : 한국멀티미디어학회 국제운영이사.

현 재 : 한국정보통신학회 총무부회장.

현 재 : The Open Artificial Intelligence Journal (USA), Editor.

현 재 : International Journal of Information and Communication Technology(Scopus),

Guest Editor.

현 재 : International Journal of Computational Vision and Robotics (Scopus),

Guest Editor.

관심분야 : 퍼지 논리, 영상 처리, 유전자 알고리즘, 의료정보시스템, 생물정보학.

Email : gbkim@silla.ac.kr