퍼지 논리를 이용한 컬러 영상의 히스토그램 스트레칭

황진근°, 우영운**, 이원주***, 김광백*
°*신라대학교 컴퓨터정보공학부
**동의대학교 멀티미디어공학과
***인하공업전문대학 컴퓨터정보과
e-mail : bluenes@naver.com, ywwoo@deu.ac.kr, wonjoo2@inhatc.ac.kr, gbkim@silla.ac.kr

Histogram Stretching of Color Image using Fuzzy Logic

Jin-Geun Hwang°, Young Woon Woo**, Won Joo Lee***, Kwang-Baek Kim*
°*Division of Computer and Information Engineering, Silla University
**Dept. of Multimedia Engineering, Dong-Eui University
***Dept. of Computer Science, Inha Technical College

● 요 약 ●

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

키워드: 스트레칭(Stretching), 엔드인 탐색(End-In Search), 퍼지 논리(Fuzzy Logic)

I. 서 론

사람의 눈은 대비에 민감하게 작용하므로 대체적으로 대비가 높은 영상일수록 영상의 품질이 향상되어 보인다. 높은 명암대비란 영상의 명암도 값의 분포가 넓은 지역에 균형 있게 퍼져있는 것을 의미하고, 반대로 전체적인 명암도가 흐리거나 혹은 너무 밝거나 너무 어두운 영상들은 낮은 명암대비 영상으로서 영상의 히스토그램 명암도 분포 값이 특정 지역으로 치우치는 경우를 의미한다. 이러한 낮은 명암대비 영상을 높은 명암대비 영상으로 바꾸는 과정을 영상 대비 향상이 라고 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 명암대비 영상과 같이 소수의 화소들이 넓은 지역에 흩어져 있는 경우에는 효과적인 대비 향상 결과를 얻을 수 없는 경우가 발생한다. 또한 Ends-in 탐색 스트레칭 기법은 상한과 하한에 대한 백분율을 직접 지정해야하는 단점이 존재한다[2]. 따라서 본 논문에서는 컬러 영상에 대해 삼각형 타입의 소속함수를 적용하여 상한과 하한의 임계치를 동적으로 설정하고 영상의 명암도 분포를 스트레칭 하는 퍼지 스트레칭 기법을 제안한다.

II. 제안된 퍼지 스트레칭

본 논문에서는 히스토그램의 스트레칭 기준인 하한(α)과 상한(β)를 구하기 위하여 퍼지 이론을 적용한다[3][4][5].

입력된 영상의 RGB 픽셀 값을 각각 X_i^r, X_i^g, X_i^b로 정의하고 이 값을 이용하여 각각의 중간 밝기 값 X_m^r, X_m^r, X_m^r 을 식(2)와 같이 설정한다.

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

식(1)에서 M과 N은 입력된 영상의 픽셀의 넓이와 길이를 의미한다.

X_m^r, X_m^r, X_m^r 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.

$$D^r_{\max} = |X^r_h - X^r_m| \qquad D^r_{\min} = |X^r_m - X^r_l|$$
$$D^g_{\max} = |X^g_h - X^g_m| \qquad D^g_{\min} = |X^g_m - X^g_l| \tag{2}$$
$$D^b_{\max} = |X^b_h - X^b_m| \qquad D^b_{\min} = |X^b_m - X^b_l|$$

식 (2)에서 각각의 X^r_l, X^g_l, X^b_l는 입력된 영상의 가장 어두운 픽셀 값이고, X^r_h, X^g_h, X^b_h는 가장 밝은 픽셀 값을 나타낸다. $D^r_{\min}$, $D^g_{\min}$, $D^b_{\min}$ 과 $D^r_{\max}$, $D^g_{\max}$, $D^b_{\max}$ 를 다음 규칙에 적용하여 밝기의 조정율($adjustment^r$, $adjustment^g$, $adjustment^b$)을 구한다.

if($X^r_m > 128$) $adjustment^r$ = 255 - X^r_m
else if($X^r_m \leqq D^r_{\min}$) $adjustment^r$ = $D^r_{\min}$
else if($X^r_m \geqq D^r_{\max}$) $adjustment^r$ = $D^r_{\max}$
else $adjustment^r$ = X^r_m

if($X^g_m > 128$) $adjustment^g$ = 255 - X^g_m
else if($X^g_m \leqq D^g_{\min}$) $adjustment^g$ = $D^g_{\min}$
else if($X^g_m \geqq D^g_{\max}$) $adjustment^g$ = $D^g_{\max}$
else $adjustment^g$ = X^g_m

if($X^b_m > 128$) $adjustment^b$ = 255 - X^b_m
else if($X^b_m \leqq D^b_{\min}$) $adjustment^b$ = $D^b_{\min}$
else if($X^b_m \geqq D^b_{\max}$) $adjustment^b$ = $D^b_{\max}$
else $adjustment^b$ = X^b_m

밝기 조정율 $adjustment^r$,$adjustment^g$,$adjustment^b$값을 이용하여 최대 밝기 값($I^r_{\max}$, $I^g_{\max}$, $I^b_{\max}$)과 최소 밝기 값($I^r_{\min}$, $I^g_{\min}$, $I^b_{\min}$)을 다음과 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} I^r_{\max} &= X^r_m + adjustment^r \\ I^r_{\min} &= X^r_m - adjustment^r \\ I^g_{\max} &= X^g_m + adjustment^g \\ I^g_{\min} &= X^g_m - adjustment^g \\ I^b_{\max} &= X^b_m + adjustment^b \\ I^b_{\min} &= X^b_m - adjustment^b \end{aligned} \tag{3}$$

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

$$\begin{aligned} I^r_{mid} &= \frac{I^r_{\max} + I^r_{\min}}{2} \\ I^g_{mid} &= \frac{I^g_{\max} + I^g_{\min}}{2} \\ I^b_{mid} &= \frac{I^b_{\max} + I^b_{\min}}{2} \end{aligned} \tag{4}$$

따라서 구간 [$I^r_{\min}$,$I^r_{\max}$], [$I^g_{\min}$,$I^g_{\max}$], [$I^b_{\min}$,$I^b_{\max}$]에 대한 소속도는 다음과 같이 결정한다.

if($X^r_m \leqq I^r_{\min}$) or ($X^r_m \geqq I^r_{\max}$) then μ(x) = 0

if($X^r_m > I^r_{mid}$) then μ(x) = $\dfrac{I^r_{\max} - X^r_m}{I^r_{\max} - I^r_{mid}}$
if($X^r_m < I^r_{mid}$) then μ(x) = $\dfrac{X^r_m - I^r_{\min}}{I^r_{mid} - I^r_{\min}}$
if($X^r_m = I^r_{mid}$) then μ(x) = 1

if($X^g_m \leqq I^g_{\min}$) or ($X^g_m \geqq I^g_{\max}$) then μ(x) = 0
if($X^g_m > I^g_{mid}$) then μ(x) = $\dfrac{I^g_{\max} - X^g_m}{I^g_{\max} - I^g_{mid}}$
if($X^g_m < I^g_{mid}$) then μ(x) = $\dfrac{X^g_m - I^g_{\min}}{I^g_{mid} - I^g_{\min}}$
if($X^g_m = I^g_{mid}$) then μ(x) = 1

if($X^b_m \leqq I^b_{\min}$) or ($X^b_m \geqq I^b_{\max}$) then μ(x) = 0
if($X^b_m > I^b_{mid}$) then μ(x) = $\dfrac{I^b_{\max} - X^b_m}{I^b_{\max} - I^b_{mid}}$
if($X^b_m < I^b_{mid}$) then μ(x) = $\dfrac{X^b_m - I^b_{\min}}{I^b_{mid} - I^b_{\min}}$
if($X^b_m = I^b_{mid}$) then μ(x) = 1

소속 함수에서 구해진 소속도(μ(x))에 cut^r, cut^g, cut^b를 적용하여 하한(α)과 상한(β)을 구한다.

if($I^r_{\min}$!=0) cut^r = (double)$I^r_{\min} / I^r_{\max}$
else cut^r = 0.5

if($I^g_{\min}$!=0) cut^g = (double)$I^g_{\min} / I^g_{\max}$
else cut^g = 0.5

if($I^b_{\min}$!=0) cut^b = (double)$I^b_{\min} / I^b_{\max}$
else cut^b = 0.5

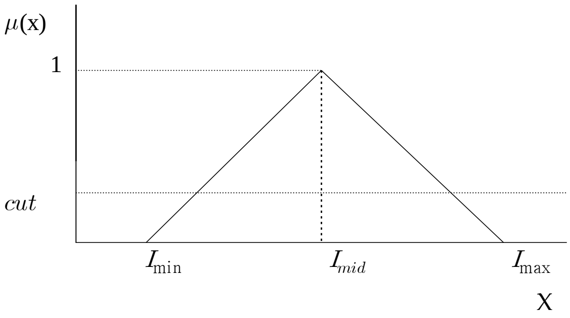


그림 1. 퍼지 소속 함수

각각의 R, G, B픽셀 값의 소속 함수는 그림 1과 같다. 소속도가 cut^r, cut^g, cut^b 이상인 각각의 X^r, X^g, X^b 픽셀 값 중 가장 높은 값을 상한(β^r, β^g, β^b)으로 설정하고 가장 낮은 픽셀 값을 하한(α^r, α^g, α^b)으로 설정하여 스트레칭 한다.

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

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

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

여기서 X^r, X^g, X^b는 이전 픽셀 값에 해당되며, X^r_{new}, X^g_{new}, X^b_{new} 는 스트레칭이 적용된 새로운 픽셀 값이고 X^r, X^g, X^b가 확장된 0 ~ 255 값을 갖게 된다.

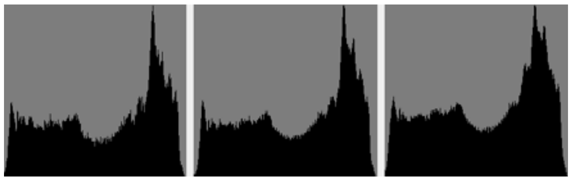
Ⅲ. 실험 및 결과분석

본 논문에서 제안한 방법을 Intel Pentium- Dual-Core 2.0 GHz CPU와 3 GB RAM이 장착된 노트북 상에서 VC++ 2005으로 구현하여 실험하였다.

그림 2는 기존의 스트레칭 방법과 엔드인 탐색, 제안된 퍼지 스트레칭의 결과 영상이다.

(a) 원본 영상

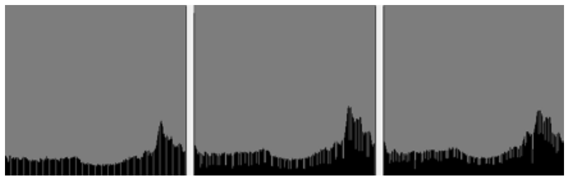
(b) 기본 스트레칭



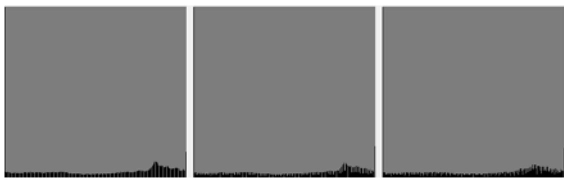
(c) 기본 스트레칭 히스토그램(RGB 값)

(d) Ends-in 탐색 스트레칭

(e) 제안된 방법



(f) Ends-in 탐색 스트레칭 히스토그램(RGB 값)



(g) 제안된 방법 히스토그램(RGB 값)

그림 2. 기존의 방법과 제안된 방법의 비교

기존의 히스토그램 스트레칭 기법과 제안된 히스토그램 스트레칭 기법을 비교 분석한 결과, 기존의 스트레칭 기법은 그림2(c)와 같이 낮은 명암대비 영상에서는 화소가 넓게 펴져있어 스트레칭이 잘되지 않아 원본 영상과의 차이가 적고, 그림 2(d)의 영상은

Ends-in 탐색 스트레칭을 적용한 결과로서 기존의 스트레칭 기법보다 명암도의 대비가 증가하긴 했으나 명암도의 밝고 어두움을 정확히 나타나지 않는 경우가 발생하였다. 그러나 그림 2(e)와 같이 본 논문에서 제안한 퍼지 스트레칭 기법을 적용한 영상에서는 명암도의 대비가 비교적 증가되어 배경의 창문이나 나무의 색상 대비가 더욱 또렷하게 나타났다. 따라서 제안한 퍼지 스트레칭 기법이 기존의 대비 향상 기법들보다 명암대비를 더 뚜렷하게 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

Ⅳ. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 기존의 히스토그램 스트레칭에 퍼지 이론을 적용한 퍼지 스트레칭을 제안하였다.

제안된 방법은 기본 스트레칭에서 명암도 값의 분포가 특정 지역으로 치우치는 경우에는 스트레칭이 잘되지 않는 문제점과 Ends-in 탐색 스트레칭에서 상한과 하한의 백분율을 직접 설정해야하는 문제점을 해결하기 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 조정율을 결정하고 밝기 조저율을 이용하여 최소 밝기 값과 최대 밝기 값을 설정한 후, 삼각형 소속 함수에 적용하였다. 소속 함수에 적용된 소속도를 cut을 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 방법을 분석하고 보완할 것이다.

참고문헌

[1] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, Digital Image Processing, Pearson Prentice Hall(Third Edition), 2008.

[2] 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.

[3] K. B. Kim, Y. J. Kim, "Enhanced Binarization Method using Fuzzy Membership Function," Journal of The Korea Socity of Computer and Information, Vol.10, No.1, pp.67~72, 2005.

[4] A. Kandel, G. Langholz, Fuzzy Control Systems, CRC Press, Inc., 1994.

[5] W. Pedrycz, Fuzzy Control and Fuzzy Systems, Research Studies Press Ltd., 1989.