

# Non-linear gain을 적용한 Automatic White Balance기법

## A new automatic white balance algorithm using non-linear gain

윤세환\*, 김진현\*\*

Se-Hwan Yun, Jin-Heon Kim

**Abstract** - In this paper, we propose a new method of automatic white balance which is one of the image signal processing techniques. Our method is conceptually based on gray world assumption. However, while previous methods generate linear results as multiplying pixel values by a gain, our method generates non-linear results using the feature of B-Spline curves. The two merits of deriving non-linear results are preventing AWB failure from transforming strong color of high level into wrong color and well preserving original contrast of an input image.

**Key Words** : Image Signal Processing, Digital Camera, Automatic White Balance

### 1. 서론

디지털 카메라의 대중화로 Image Signal Processing(ISP)의 연구는 어느 때보다 더 활발히 일어나고 있다. 그에 따라 디지털 카메라 소비자들은 점차적으로 촬영된 영상의 질에 대해 관심을 기울이고 있으며 각 생산업체들의 ISP성능에 대한 비교분석을 하는 수준에 이르렀다. Automatic White Balance(AWB)는 ISP기능 중에서도 가장 관심을 받고 있는 분야다. 그 이유는 AWB기능이 촬영된 영상의 질을 높이는 데 두드러진 기여를 하고 있기 때문이다.

영상 촬영에 있어 중요 요소 중 하나는 광원이다. 광원에 의해 피사체에 반사된 빛이 카메라의 렌즈를 통과해 센서에 맺힘으로써 영상을 획득 할 수 있게 된다. 이때 광원은 그 종류에 따라 색온도를 갖는데, 색온도에 따라 취득 영상의 전체적인 색감을 달리 표현하는 특성을 갖는다. 예를 들어 색온도가 낮은 백열전구하에 촬영한 영상은 붉은 색조를 띠고, 색온도가 보다 높은 형광등하에 촬영한 영상은 푸른 색조를 띤다. 이것은 사람의 눈과는 다르게 카메라의 센서가 광원의 색온도를 여과 없이 그대로 받아들이는 현상 때문이다. AWB는 이러한 문제를 해결하기 위한 색온도 보정기법으로 다양한 연구가 진행되어온 상태이다.

AWB의 가장 기본적인 알고리즘은 Gray World Assumption(GWA)에 기반한다. GWA는 영상의 각 RGB평균값이 동일하다는 전제하에서 식 1과 같이 계인값을 산출하여 식 2의  $R'$ ,  $B'$ 로 화이트 밸런스를 맞추는 방법이다. 이것은 색온도의 변화가 R, B성분에 초점을 두고 있음을 시사한다.

$$R_{gain} = \frac{G_{avg}}{R_{avg}}, \quad B_{gain} = \frac{G_{avg}}{B_{avg}} \quad (1)$$

$$R' = R \times R_{gain}, \quad B' = B \times B_{gain} \quad (2)$$

그러나 GWA의 문제는 색온도 이외에 너무 강한 색성분을 포함한 영상에서는 AWB가 실패할 가능성이 크다는 것이다. 붉은 장미로 가득한 영상, 혹은 푸른색이 주 칼라가 되는 하늘 영상이 그러한 예이다. 이런 문제를 해결하기 위해 수정된 Gray World Assumption 알고리즘[1]과 영상을 분할하여 각 영역별로 표준편차를 이용한 수정된 계인값을 적용하는 방법이 있다[2]. 또한, YCbCr좌표계를 활용하여 색상성분인 CbCr을 통제함으로써 AWB를 수행하는 알고리즘도 소개되었다[3-4]. YCbCr좌표계를 활용하는 방법은 휘도를 변형하지 않고서 AWB를 구현할 수 있는 장점을 가질 수 있다.

## 2. Automatic White Balance Algorithm

### 2.1 기존 AWB알고리즘의 특성

대부분의 AWB알고리즘은 GWA알고리즘과 같이 영상을 분석한 후 일정한 계인값을 산출하여, 그것을 RGB에 적용하는 일련의 과정을 갖고 있다. 즉, 계인값을 산출하는 방법은 서로 다르지만 계인값을 적용한 후 그 결과가 선형적인 형태를 나타낸다는 공통점을 갖고 있다. 식 2를 일반화하면 식 3과 같이 한 채널의 입력 계조치  $M_{in}$ 은 특정 계인값  $\alpha$ 에 의해  $M_{out}$ 의 선형적인 결과를 갖는다.

$$M_{out} = M_{in} \times \alpha \quad (3)$$

저자 소개

\* 윤세환: 서경대학교 컴퓨터공학과 석사과정

\*\* 김진현: 서경대학교 컴퓨터공학과 부교수·공학박사

그림 1은 식 3의 계인값에 따라 선형적 결과가 달라지는 모습을 보여준다. 계인값이 1인 b라인을 기준으로 a라인의 경우는 s1구간과 같이 미리 포화된 계조치를 얻을 수 있다. c라인의 경우 s2구간이 존재함으로써 해당 채널의 전체적인 명암대비가 떨어질 가능성이 있다. s1, s2구간은 계조치가 높은 값들이 관여된 부분임으로 영상에서 강한 색성분에 해당한다. 이러한 강한 색성분은 계인값의 크기에 따라 변화가 커지며 적절치 못한 화이트 밸런스를 유도할 가능성이 있다.

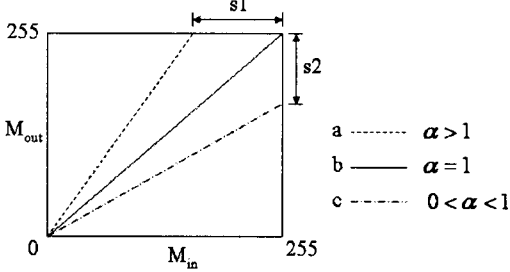
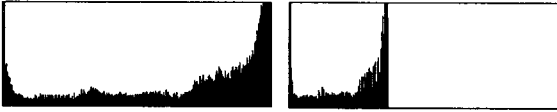


그림 1 계인값에 따른 선형 결과

그림 2는 붉은 색성분이 강한 영상의 R채널에 대한 히스토그램으로, 기존 알고리즘들의 결과가 그림 1의 c라인과 같은 선형적인 특성을 가질 때 (b)의 히스토그램 결과로 나타날 수 있다. 이러한 사례는 다른 색성분에 비해 R채널을 극단적으로 감쇄시켜야 하는 경우이기 때문에 적정 계인값을 계산하기가 쉽지 않다.



(a) AWB전

(b) AWB후

그림 2 일반적인 AWB적용 전후의 히스토그램

## 2.2 제안하는 AWB알고리즘

제안하는 AWB알고리즘은 GWA원리에 기본을 두고 있으며, RGB표준편차를 활용하여 계인값을 수정하는 방법[2]을 일부 차용한다. 기본적인 계인값 산출은 식 4와 같다.

$$R_{gain} = \frac{G_{avg}}{R_{avg}} \times \frac{(R_{std} + G_{std} + B_{std})/3}{R_{std}} \quad (4)$$

$$G_{gain} = \frac{(R_{std} + G_{std} + B_{std})/3}{G_{std}}$$

$$B_{gain} = \frac{G_{avg}}{B_{avg}} \times \frac{(R_{std} + G_{std} + B_{std})/3}{B_{std}}$$

$$X_{std} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} (X_{avg} - X_n)^2} \quad X \ni \{R, G, B\} \quad (5)$$

식 5의  $X_{std}$ 는 계인값 수정을 위한 표준편차로 각 채널의 색 응집도에 따라 비율을 다르게 적용하는 요소가 된다.(N은

영상의 해상도) 즉, 균일한 색성분(Uniform Color)으로 일관한 영상은 표준편차가 낮으므로 계인을 높일 수 있으나, 표준편차가 높으면 색 레벨이 다른 여러 물체들이 영상에 존재할 가능성이 있다. 그러므로 표준편차가 클 경우는 계인변동을 줄임으로써 화이트 밸런스 실패를 막아야 한다. 그러나 식 4 역시 그림 1에 보인 문제점을 피할 수 없는 선형적 결과가 된다.

제안하는 알고리즘은 식 4의 계인값을 그대로 적용하지 않고 그림 3과 같이 비선형적인 결과를 유도하도록 한다. 계인값 적용에 있어서 색상 변화가 두드러지는 계조치는 C1과 C2구간에 있으며, 특히 C1구간은 계인값이 클수록 변화도 크다. 그러므로 C1구간의 변화를 줄이게 되면 적절치 못한 계인값을 적용하더라도 보정효과를 기대할 수 있다. 더 중요한 효과는 그림 1의 s1, s2구간이 미리 포화되거나 대비를 떨어뜨려 영상 정보를 감소시키는 문제를 극복할 수 있다는데 있다. 중간 레벨의 계조치 변화는 그대로 유지하면서 강한 색성분을 가진 상위 레벨의 계조치는 변화를 감쇄시키는 것이 본 알고리즘의 특징이다.

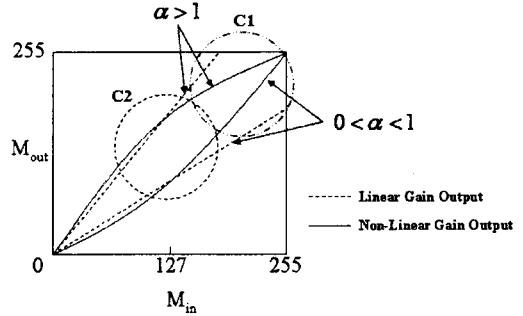


그림 3 비선형적 결과 그래프

그림 3과 같은 비선형 그래프를 얻기 위해 3차 B-Spline 방정식을 활용하였다[5]. 3차 B-Spline방정식은 점  $(x, y)$  좌표가 3개 주어졌을 때 그 점들을 지나는 곡선을 유도할 수 있다. 본 알고리즘에서는 그림 4와 같이  $(T_1, Y_1) \rightarrow (0, 0)$ ,  $(T_2, Y_2) \rightarrow (127, Y_2)$ ,  $(T_3, Y_3) \rightarrow (255, 255)$ 의 3좌표로 B-Spline 곡선을 만들었다. 이때  $Y_2$ 는 식 4로 구해진 각 채널의 계인값이 계조치 127에 적용되었을 때의 값으로 식(6)과 같다. 이때 범위 임계치  $M_{th}$ 값을 두어  $Y_2$ 값이 적정 구간 내에 있도록 설정해야 한다.  $M_{th}$ 는  $0 < M_{th} < 128$  사이 값이다.

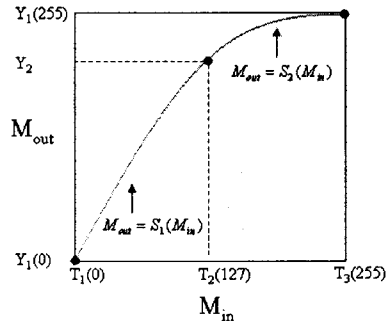


그림 4 3점에 대한 B-Spline곡선

$$\begin{cases} Y_2 = 127 \times X_{gain}, \text{ if } (127 - M_{th}) < 127 \times X_{gain} < (127 + M_{th}) \\ Y_2 = 127 + M_{th}, \text{ if } 127 \times X_{gain} \geq (127 + M_{th}) \\ Y_2 = 127 - M_{th}, \text{ if } 127 \times X_{gain} \leq (127 - M_{th}) \end{cases} \quad X \ni \{R, G, B\} \quad (6)$$

$$S_i(M_{in}) = \frac{Z_{i+1}}{6H_i}(M_{in} - T_i)^3 + \frac{Z_i}{6H_i}(T_{i+1} - M_{in})^3 + \left(\frac{Y_{i+1}}{H_i} - \frac{H_i}{6}Z_{i+1}\right)(M_{in} - T_i) + \left(\frac{Y_i}{H_i} - \frac{H_i}{6}Z_i\right)(T_{i+1} - M_{in}) \quad (7)$$

$$H_i = T_{i+1} - T_i, \quad C_i = \frac{Y_{i+1} - Y_i}{H_i} \quad (1 \leq i \leq n-1)$$

3차 B-Spline방정식은 점이 n개 주어졌을 때 n-1개의 구간별 방정식으로 나뉜다. 본 알고리즘은 3개의 점을 사용함으로 2개 방정식을 갖는다. 그러므로 그림 4에서 계조치  $M_{in}$ 은  $T_2$ 를 기준으로  $T_2$ 보다 같거나 작을 경우는  $S_1(M_{in})$ 을,  $T_2$ 보다 클 경우는  $S_2(M_{in})$ 방정식을 통해  $M_{out}$ 값이 된다. 이러한 절차는 RGB채널에 동일하게 적용되며 각 방정식은 식 7로서 구할 수 있다. 이때 n개 점화식  $Z_n$ 을 식 8에 보였다.

$$\begin{aligned} Z_1 &= 0 \\ Z_2 &= \frac{6(C_2 - C_1)}{2(H_1 + H_2)} \\ Z_3 &= 0 \end{aligned} \quad (8)$$

### 3. 실험결과

제안하는 알고리즘의 성능측정을 위해 GWA알고리즘과 영역별 표준편차를 활용한 SDWGW알고리즘[2]을 비교하였다. 색온도가 다른 영상들을 각 알고리즘으로 AWB처리 후, [4]에서 사용한 방법으로 AWB영상의 각 성능수치를 계산하였다. 이 방법은  $\sqrt{C_b^2 + C_r^2}$ 에 기반하여 한 영상의 평균 색차신호 위치를 나타내는 것으로 AWB처리된 영상이 화이트 포인트(White Point)에 어느 정도 접근해 있는지를 보여준다. 그러므로 이 지표는 수치가 작을수록 성능이 좋다.

표 1 테스트 영상에 대한 각 알고리즘의 성능 수치

Test Images (단위°K)	GWA	SDWGW	Our Method
2978	13.33	12.54	13.33
4965	28.48	20.21	21.54
6237	7.94	11.29	7.11
7706	14.12	14.80	12.75
13444	19.38	22.45	19.00

표 1은 색온도가 다른 5가지 테스트 영상에 대해 3개의 AWB알고리즘을 비교한 자료이다. 수치상으로 볼 때 제안하는 알고리즘이 다른 2개의 알고리즘과 비슷하거나 좀 더 나은 성능을 보여준다.

실험을 위해 사용된 테스트 영상의 색온도는 [6]의

Robertson방법으로 구하였다.

### 4. 결론

본 논문에서는 디지털 카메라의 ISP중 하나인 AWB의 새로운 기법을 제시하였다. 개인값을 산출하여 RGB에 적용하는 기존 방식들이 선형적인 계조치 결과를 갖는데 따른 문제점을 제시하였고, 그 문제를 해결하는 방안으로 비선형적인 계조치 결과를 유도하도록 B-Spline곡선을 활용하였다. 결과적으로 원본 영상의 명암대비를 떨어뜨리지 않으며, 개인값에 의해 강한 색성분이 큰 폭으로 변화하지 못하도록 하여 기존 알고리즘에 비해 자연스러운 AWB를 구현할 수 있었다.

### 참 고 문 헌

- [1] J. Lee, Y. Jung, B. Kim and S. Ko, "An Advanced Video Camera System with Robust AF, AE, and AWB Control," IEEE Trans on Consumer Electronics, vol. 47, no. 3, pp. 694-699, Aug. 2001.
- [2] H. K. LAM, O. C. AU and C. W. WONG, "Automatic white balancing using standard deviation of RGB components", Proceeding of the 2004 International Symposium on Circuit and Systems, vol. 3, pp. 921-924, May. 2004.
- [3] Y. Liu, W. Chan, Y. Chen, "Automatic white balance of digital still camera", Proceedings of International Conference on Consumer Electronics, vol. 41, no. 3, pp. 460-466, Aug. 1995.
- [4] C. Weng, H. Chen, and C. Fuh. "A Novel Automatic White Balance Method For Digital Still Cameras", IEEE International Symposium on Circuit and Systems, vol. 4, pp. 3801-3804, May. 2005.
- [5] C. de Boor, On calculating with B-splines, J. Approx. Theory, 6:50-62, 1972.
- [6] G. Wyszecki and W. S. Stiles, Color Science: Concepts and Methods, Quantitative and Formulae, John Wiley & Sons, Inc., 1982.