

# 기준 백색 영역 추출을 이용한 기준 백색 추정 및 색온도 결정

도현철<sup>o</sup>, 진성일  
경북대학교 전자전기컴퓨터학부

## Reference White Estimation and Color Temperature Decision Using Reference White Region Extraction

Hyun-Chul Do and Sung-Il Chien

School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University  
mrdohc@palgong.knu.ac.kr, sichien@ee.knu.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 한 장의 칼라 영상을 형성시키는 광원의 색온도를 추정하는 새로운 방법을 제안한다. 주어진 한 장의 칼라 영상으로부터 광원의 색도 좌표를 계산하는데 필요한  $R, G, B$  값이 특정한 칼라에 편향되지 않는 기준 백색 영역을 추출한다. 추출된 기준 백색 영역 내에서 계산된  $(x, y)$  색도 좌표로부터 등색온도선을 이용하여 최종적으로 주어진 칼라 영상을 형성시키는 광원의 색온도를 추정한다. 캐나다 Simon Fraser 대학에서 제공되는 205장의 영상을 이용하여 제안된 방법과 기존 방법들을 비교 실험한 결과로부터 제안된 방법으로 추정된 색온도가 상대적으로 작은 오차를 나타냄을 확인하였다.

### 1. 서론

입력된 칼라 영상 데이터로부터 광원의 색온도를 추정하는 것은 색채공학, 컴퓨터 비전, 칼라 영상 처리, 영상 재현, 영상 데이터 검색 등 칼라 영상 관련 응용분야에서 중요성을 가진다[1].

입력된 칼라 영상으로부터 광원의 색도 좌표를 추정하는 것은 일반적으로 기준 백색을 추정하는 것으로 언급되어진다[2]. 이러한 방법으로는 입력된 칼라 영상에서 각각의 최대  $R, G, B$  값을 기준 백색으로 추정하는 maximum RGB 방법[3], 입력된 칼라 영상의 평균  $R, G, B$  값을 회색으로 결정하고 회색을 이용하여 기준 백색을 추정하는 grayworld 방법[4]과 신경망을 이용하여 기준 백색을 추정하는 방법[5] 등이 있

다. Maximum RGB 방법은 특정한 하나의 화소로부터 기준 백색이 결정되지 않는 경우가 종종 발생되며, 특히 화소들의  $R, G, B$  값들이 클리핑 되는 경우에는 기준 백색이 정확하게 추출되기 어렵다. Grayworld 방법은 특정한 칼라에 편향되는 화소들의 수가 많아지는 경우에 추정된 기준 백색은 실제 기준 백색과의 차이가 커진다. 신경망을 이용한 방법은 학습 과정이 필요하다.

본 논문에서는 기준 백색을 추정하는 경우에 기준 백색 영역을 칼라 영상에서 정확하게 설정하는 방법을 제안한다. 제안한 기준 백색 영역 추출 방법은 칼라 영상이 특정한 칼라 성분에 편향되어 있다거나 특정한 화소가 클리핑 되어 있는 경우에도 기준 백색을  $(x, y)$  색도 좌표에서 정확히 추정한다.

## 2. 기준 백색 추정 및 색온도 결정

본 논문에서는 기준 백색을 추정하여 색온도 결정을 위하여 그림 1에 나타난 바와 같이 입력 칼라 영상의 R, G, B 신호의 밝기 성분 값을 이용하여 기준 백색을 계산한다. 이 기준 백색을 이용하여 주어진 영상에서 기준 백색 영역을 추출하고 기준 백색 영역의 R, G, B 신호를 이용하여 평균값을 계산하고 CIE XYZ 좌표계로 변환한다. 계산된 삼자극치(tristimulus value) X, Y, Z를 이용하여 (x, y) 색도 좌표를 결정한다. 이 (x, y) 값을 이용하여 가까운 거리에 존재하는 두 개의 등색온도선(isotemperature line)을 결정한다. 그리고 내삽법을 이용하여 이 두 개의 등색온도선으로부터 최종적인 기준 백색의 색온도를 결정한다.

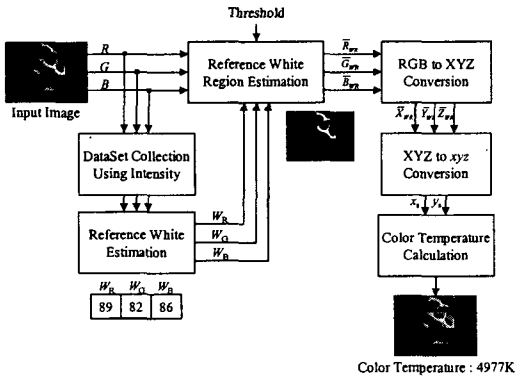


그림 1. 기준 백색 영역 추출을 이용한 기준 백색 추정 및 색온도 결정 방법의 전체 흐름도.

### 2.1 기준 백색 영역 추출 및 (x, y) 색도 좌표 결정

입력된 칼라 영상에서 광원의 색온도 영향이 존재할 가능성이 높은 영역은 백색에 가깝게 표시된다고 가정한다. 그러므로 본 논문에서는 특정한 화소의 밝기(intensity) 값의 크기를 기준으로 기준 백색 영역을 추출하는 방법을 제안한다.

주어진 한 장의 칼라 영상에서 R, G, B의 밝기 성분값[9]은 각 화소에 대해  $1/3(R+G+B)$ 을 사용하여 계산한다. 계산된 값 가운데에서 상위 100개를 선택한다. 선택된 100개의 화소들로부터 R, G, B 각각의

평균을 계산하여 이를 기준 백색  $W_R, W_G, W_B$ 으로 결정한다. 이 경우에 특정한 한 화소의 R, G, B값들이 모두 255인 경우 클리핑에 의하여 발생되는 경우로 간주하여 계산에 포함시키지 않는다.

주어진 영상내의 임의의 한 화소에서 R, G, B 성분을 각각  $R_{ij}, G_{ij}, B_{ij}$ 로 두자. 그리고 모든 화소들의 R, G, B 각각의 평균값은  $\bar{R}, \bar{G}, \bar{B}$ 로 두자. 기준 백색 영역에 속하는  $R_{ij}, G_{ij}, B_{ij}$ 를 결정하는 기준은

$$\begin{aligned} (W_R - R_{th}) \leq R_{ij} \leq (W_R + R_{th}) \\ (W_G - G_{th}) \leq G_{ij} \leq (W_G + G_{th}) \\ (W_B - B_{th}) \leq B_{ij} \leq (W_B + B_{th}) \end{aligned} \quad (1)$$

와 같고, 여기서 문턱치( $R_{th}, G_{th}, B_{th}$ )는

$$\begin{aligned} R_{th} &= \frac{1}{2}(W_R - \bar{R}) \\ G_{th} &= \frac{1}{2}(W_G - \bar{G}) \\ B_{th} &= \frac{1}{2}(W_B - \bar{B}) \end{aligned} \quad (2)$$

와 같이 정의된다.

기준 백색 영역으로 추출된  $R_{ij}, G_{ij}, B_{ij}$ 의 평균값을  $\bar{R}_{WR}, \bar{G}_{WR}, \bar{B}_{WR}$ 로 두자. 그리고 계산된  $\bar{R}_{WR}, \bar{G}_{WR}, \bar{B}_{WR}$ 를 이용하여

$$\begin{bmatrix} \bar{X}_{WR} \\ \bar{Y}_{WR} \\ \bar{Z}_{WR} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.490 & 0.310 & 0.200 \\ 0.177 & 0.812 & 0.011 \\ 0.000 & 0.010 & 0.990 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{R}_{WR} \\ \bar{G}_{WR} \\ \bar{B}_{WR} \end{bmatrix} \quad (3)$$

와 같이 CIE1930 XYZ 좌표계의 삼자극치 X, Y, Z로 변환한다[9]. 계산된  $\bar{X}_{WR}, \bar{Y}_{WR}, \bar{Z}_{WR}$ 를 이용하여 기준 백색의 (x, y) 색도 좌표 ( $x_s, y_s$ )를 식 (4)와 같이 결정한다.

$$\begin{aligned} x_s &= \frac{X_{ave}}{X_{ave} + Y_{ave} + Z_{ave}} \\ y_s &= \frac{Y_{ave}}{X_{ave} + Y_{ave} + Z_{ave}} \end{aligned} \quad (4)$$

2.2. 색온도(color temperature) 계산

광원의 분광 분포와 색도가 동일한 흑체(black body)의 절대온도를 그 광원의 색온도라 하고 광원색의 색도와 가장 근접한 색도를 가지는 흑체의 절대 온도를 상관 색온도(correlated color temperature)로 정의한다[8].

본 논문에서는 식 (4)에서 결정된 색도 좌표  $(x_s, y_s)$  를  $(x, y)$  색도 좌표에서 직접 색온도를 결정하였다.  $(x, y)$  색도 좌표에서 색온도를 결정하기 위해서는 등색온도선의 기울기  $m_i(x, y)$  가 음수와 양수로 나타나므로 Robertson의 색온도 계산 방법[6]을 사용할 수 없게 된다. 그러므로 그림 2에서 나타나듯이 색도 좌표  $(x_s, y_s)$  와 등색온도선이 직각을 이루는 등색온도선 위에 점  $(x_e, y_e)$  을 식 (5)을 통해 결정하고, 두 점 사이의 거리는 식 (6)을 이용하여 계산한다.

$$x_e = \frac{(y_s + x_s/m_i) - (y_i - m_i x_i)}{m_i + 1/m_i} \quad (5)$$

$$y_e = m_i x_e + (y_i - m_i x_i)$$

$$d_i = \sqrt{(x_e - x_s)^2 + (y_e - y_s)^2} \quad (6)$$

색도 좌표  $(x_s, y_s)$  와 등색온도선 사이 거리를 31회 계산하여 가장 가까운 거리에 존재하는 두개의 등색온도선을 결정하였다.

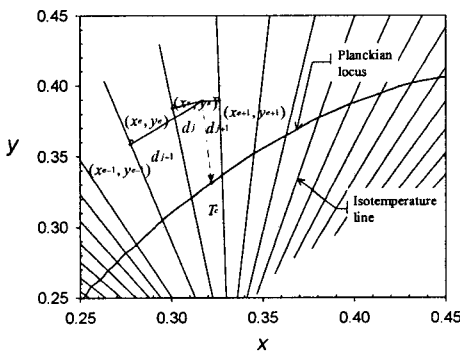


그림 2.  $(x, y)$  색도 좌표에서의 색온도 계산

등색온도선이 결정되면 Robertson의 계산 방법[6]과 비슷하게 식 (8)과 같이 색온도가 결정된다.

$$\frac{1}{T_c} = \left[ \frac{1}{T_1} + \frac{d_j}{d_j + d_{j+1}} \left( \frac{1}{T_{j+1}} - \frac{1}{T_j} \right) \right] \quad (8)$$

3. 실험 결과

제안된 방법은 Pentium III-866MHz 환경에서 Simon Fraser 대학의 Computational Vision Lab에서 제공한 205장의 칼라 영상[7]을 사용하여 수행되었다. 이 실험 영상들은 30개의 서로 다른 장면으로 구성되었으며, 한 장면에 대하여 7개의 서로 다른 광원을 이용하여 수집되었다.

기존 백색의 색도 좌표를 추정하는 방법들 중에서 Retinex 방법[2], Grayworld 방법[3], 밝기 성분이 가장 높은 하나의 화소를 이용하여 기준 백색을 추정하는 Maximum Intensity 방법, 밝기 성분이 높은 영상의 전체 화소 중 1%에 해당하는 2976화소를 이용하여 기준 백색을 추정하는 Maximum Intensity(1%) 방법, 제안한 방법 등을 비교하였다.

실제 기준 백색의 색도 좌표와 추정된 기준 백색의 색도 좌표 사이의  $(x, y)$  색도 좌표상에서 오차를 그림 3에 나타내었다. 오차는 두 좌표 사이의 유클리드 거리(Euclidean distance)를 계산하고 205장의 평균을 계산한다.

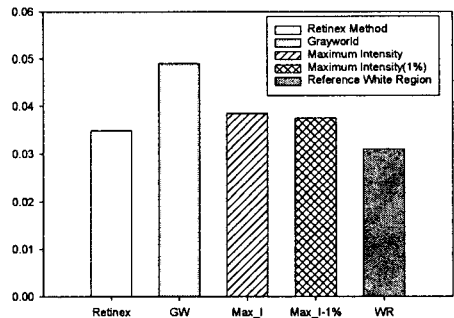


그림 3.  $(x, y)$  색도 좌표에서 평균 오차들.

그림 3에서 제안한 기준 백색 영역 추출을 이용한 방법이 오차가 0.031로 가장 최소임을 볼 수 있다. Grayworld 방법의 경우에는 많은 화소들이 차지하는 영상의 배경이 특정한 색으로 편향되어 있기 때문에 큰 오차가 나타났다.

실제 기준 백색의 색온도와 추정된 기준 백색의 색온도 사이의 색온도 평균 상대 오차를 그림 4에 나타내었다. 평균 상대 오차는 두 색온도 차의 절대값을 구하고 실제 기준 백색의 색온도의 절대값으로 나눈 후 평균을 구하였다. 제안한 방법의 평균 상대 오차가 0.1619로 다른 방법들보다 작게 나타냄을 볼 수 있다.

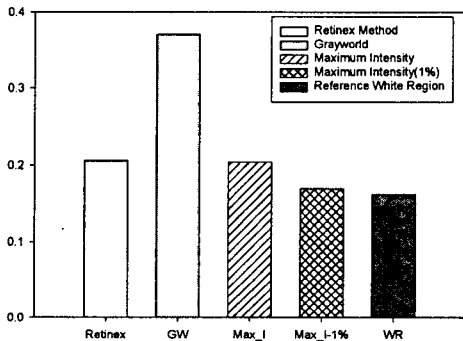


그림 4. 색온도에서 상대 오차

#### 4. 결론

본 논문에서는 다양한 광원 하에서 서로 다른 30개의 장면으로부터 획득된 칼라 영상을 이용하여 기준 백색의 색온도를 추정하는 경우에 기준 백색 영역을 영상에서 정확하게 설정하는 방법을 제안하였다. 제안한 기준 백색 영역 추정 방법은 칼라 영상이 특정한 칼라 성분에 편향되어 있거나 특정한 화소가 클리핑 되어 있는 경우에도 기준 백색을  $(x, y)$  색도 좌표에서 추정하는데 있어서 평균 오차가 작게 나타남을 보였다.

기존 방법들과 비교 실험을 통하여 제안한 기준 백색 영역 추정 방법이 색온도 상대 오차가 상당히 작게 나타냄을 보였다. 그러므로 기준 백색의 색온도가 알려지지 않은 칼라 영상에서 기준 백색 영역 추정

방법을 통하여 기준 백색의 색온도를 설정할 수 있다. 그러나 백색 영역이 존재하지 않는 영상에 대해서는 제안한 방법과 기존 방법들 모두에서 색온도 상대 오차가 상당히 크게 나타남을 볼 수 있었다.

#### 5. 참고문헌

- [1] S. Tominaga and S. Ebisui, "Scene illuminant classification: brighter is better," *Journal of the Optical Society of America A*, vol. 18, no. 1, pp. 55-64, Jan. 2001
- [2] V. Cardei, B. Funt, and K. Barnard, "White point estimation for uncalibrated images," *Proceedings of the IS&T/SID Seventh Color Imaging Conference: Color Science Systems and Applications*, pp. 97-100, Nov. 1999.
- [3] E.H. Land, "The retinex theory of color vision," *Scientific American*, pp. 108-129, 1997.
- [4] G. Buchsbaum, "A spatial processor model for object colour perception," *Journal of Franklin Institute*, vol. 310, no.1, pp. 1-26, 1980.
- [5] V. Cardei, B. Funt, and K. Barnard, "Adaptive illuminant estimation using neural network," *Proc. of the 8<sup>th</sup> Int. Conf. on Artificial Neural Network*, pp. 749-754, Skvde, Sweden, 1998.
- [6] A.R. Robertson, "Computation of correlated color temperature and distribution temperature," *Journal of the Optical Society of America*, vol. 58, no. 11, pp. 1528-1535, Nov., 1968.
- [7] K. Barnard, *Practical colour constancy*, PhD thesis, Simon Fraser University, School of Computing, 1999.
- [8] G. Wyszecki and W.S. Stiles, *Color Science Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*, John Wiley & Sons, 1982.
- [9] K.N. Plataniotis and A.N. Venetsanopoulos, *Color Image Processing and Applications*, Springer, 2000.