

Estimation of Illuminant Chromaticity by Equivalent Distance Reference Illumination Map and Color Correlation

Kim Jeong Yeop[†]

ABSTRACT

In this paper, a method for estimating the illuminant chromaticity of a scene for an input image is proposed. The illuminant chromaticity is estimated using the illuminant reference region. The conventional method uses a certain number of reference lighting information. By comparing the chromaticity distribution of pixels from the input image with the chromaticity set prepared in advance for the reference illuminant, the reference illuminant with the largest overlapping area is regarded as the scene illuminant for the corresponding input image. In the process of calculating the overlapping area, the weights for each reference light were applied in the form of a Gaussian distribution, but a clear standard for the variance value could not be presented. The proposed method extracts an independent reference chromaticity region from a given reference illuminant, calculates the characteristic values in the r-g chromaticity plane of the RGB color coordinate system for all pixels of the input image, and then calculates the independent chromaticity region and features from the input image. The similarity is evaluated and the illuminant with the highest similarity was estimated as the illuminant chromaticity component of the image. The performance of the proposed method was evaluated using the database image and showed an average of about 60% improvement compared to the conventional basic method and showed an improvement performance of around 53% compared to the conventional Gaussian weight of 0.1.

Keywords : Illuminant Chromaticity, Reference Illuminant, Color Correlation, Illuminant Estimation

균등거리 기준 조명 맵과 색 상관성을 이용한 조명 색도 추정

김 정 엽[†]

요 약

본 논문에서는 입력 영상에 대한 촬영 장면의 조명 색도를 추정하는 방법을 제안한다. 조명 기준영역을 이용하여 입력영상의 촬영 장면에서 가장 근접한 조명 색도를 추정한다. 기존의 방법은 일정한 수의 기준조명 정보를 이용한다. 입력 영상으로부터 화소의 색도분포 정보와 기준 조명에 대한 미리 준비된 색도 집합을 대조하여 겹치는 면적이 가장 큰 기준 조명을 해당 입력 영상에 대한 장면 조명으로 간주한다. 겹치는 면적을 계산하는 과정에서 각 기준 조명에 대한 가중치를 가우시안 분포 형태로 적용하였으나, 분산 값에 대하여 명확한 기준을 제시하지 못하였다. 제안한 방법은 주어진 기준조명으로부터 독립적인 기준색도 영역을 추출하고, 입력영상의 모든 화소에 대하여 RGB 칼라좌표계의 r-g 색도 평면에서의 특징치를 계산한 다음, 독립적인 색도영역과 입력영상으로부터의 특징치를 이용하여 유사도를 평가한다. 유사도가 가장 높게 나타나는 조명을 해당 영상의 조명 색도 성분으로 추정하였다. 데이터베이스의 영상과 기준조명 색도를 이용한 성능평가에서 제안한 방법은 기존의 기본 방법에 비하여 평균 60% 정도의 개선을 보였고, 기존의 가우시안 분산 값이 0.1인 경우에 비하여 53% 내외의 개선 성능을 보였다.

키워드 : 조명색도, 기준조명, 색상관도, 조명추정

1. 서 론

입의 영상으로부터 조명의 정보를 얻는 것은 중요하다. 촬영된 영상으로부터 얻을 수 있는 칼라 정보는 물체의 표면 색

상, 조명의 색상, 영상을 획득한 카메라의 칼라 특성에 의해 결정된다. 동일한 물체의 표면 색상도 서로 다른 조명 색상, 카메라의 특성에 따라 다르게 표현되기 때문에, 정확한 물체의 표면 색상을 얻기 위해서는 조명의 색상 정보가 필수적이다. 통상적으로 카메라의 칼라 특성은 공개되고 고정되는 반면, 물체의 표면색과 조명의 색상은 가변적으로 나타난다. 카메라로 획득한 영상의 화소 값은 서로 다른 물체의 표면색과 조명의 색상이 결합하는 경우 동일한 결과를 나타낼 수 있으며, 조건 등색(metamerism)에 해당한다. 이와 같이, 조명의

※ 이 논문은 2022학년도 영산대학교 교내연구비의 지원에 의하여 이루어진 것임.

† 정 회 원 : 영산대학교 성심교양대학 부교수

Manuscript Received : August 3, 2022

First Revision : October 19, 2022

Second Revision : December 5, 2022

Accepted : December 28, 2022

* Corresponding Author : Kim Jeong Yeop(neocopy@ysu.ac.kr)

색상 정보가 없다면 정확한 물체의 표면색을 확보하기 어렵다. 그러므로 조명의 색상 정보를 획득하면 물체의 표면색 정보를 정확하게 추정할 수 있다.

조명의 색상 정보를 획득하기 위해서는 촬영 이전에 장면에서 직접 장치를 이용하여 측정하는 방법이 가장 정확하지만 대부분의 카메라에는 해당 기능이 없고, 별도의 장치를 이용해야 하는 단점이 있다. 이 방법은 통상적인 조명 색 추정을 위한 데이터베이스 구성에 많이 활용된다. 대부분의 조명 색상 추정 방법들은 영상이 촬영된 이후, 영상의 화소 값들을 분석하여 조명의 정보를 추정하는 것이며, 카메라의 칼라정보는 제공된 것으로 본다.

1.1 관련 연구

임의의 칼라 영상으로부터 조명의 색상 정보를 얻기 위한 방법은 분광 반사도를 이용하는 방법과 화소의 삼자극치 값을 이용하는 방법이 대표적이다. 삼자극치에 관한 방법은 Land[1]의 경우가 대표성이 있으며, 영상을 구성하는 전체 화소의 평균, 일정부분의 평균 등을 활용하여 조명성분을 추정하였다. Klinker[2], Leel[3]는 영상에서 밝게 빛나는 하이라이트(highlight) 영역을 분석하여 조명성분과 표면색 성분의 분리를 시도하였다. Li등[4]은 반복적인 방법으로 흑백영역을 찾는 방법을 제안하였고, Chang등[5]은 RGB 각 채널별로 최대 밝기 값을 가지는 화소 주변영역을 중요한 영역으로 고려하였다. Joze등[6]은 밝은 화소들이 조명색도 추정에 중요하고, 표준적인 데이터에 적용 가능한, 단순한 색도추정 방법을 제안하였다.

분광반사도를 이용하는 방법은 Maloney 등[7]이 제안하였으며, 물체 표면의 반사광을 조명색과 표면색 분광반사도의 곱으로 해석하여, 조명의 분광반사도를 추정하였다.

Forsyth[8]는 일정한 수의 정규 조명을 정의하고, 그 조명하에서 관찰되는 반사광의 분광반사도를 기준 데이터로 하여, 임의의 반사광으로부터 조명성분을 계산하였다. Forsyth의 이론은 이후, Finlayson 등[9]의 삼자극치를 활용한 해당 표면색을 유발할 수 있는 조명의 상관도정보 탐색에 영향을 주었다.

Funt[10-12] 등은 분광반사도를 이용하여 칼라영상을 합성하는 방법으로 많은 샘플 영상을 확보하였고, 기준조명과 유사도를 회귀(regression) 방식으로 해석하였다.

머신 러닝 방식[13-18]을 도입한 조명 색도 추정방법들도 연구되었는데, 특히 Bianco등[14]은 입력영상의 샘플 수 극복을 목적으로, 한 장의 입력영상을 공간적으로 다수의 부분 집합 형식으로 확장하였다. 특정한 특징치를 결정하지 않고 기계학습에 의존하여 조명 색도를 추정하였으나, 조명 색도 추정과정에 대한 인과관계를 기계학습에 의존하므로, 기계학습의 특성상 해석과정을 파악하기 어려운 단점이 있다.

Qiu등[19]은 CNN(Convolutinoal Neural Networks)

기반의 저수준과 고수준의 학습방법을 제안하였고, Luo등[20]은 학습에 유리한 색상과 분포, 발생빈도 등을 고려한 CDF(Color Distribution Features)를 제안하였다.

Zhang 등[21]은 반사광의 색상과 조명의 색상간의 상관도를 고려할 때, 조명에 가까운 반사광에 대하여 가중치를 증가시켜 상관도 해석에서의 성능을 향상시켰다.

1.2 제안한 방법의 연구범위

Zhang등이 제안한 가중치를 적용한 상관도 해석 방법을 기존방법으로 정하고, RGB 칼라좌표계의 rg 좌표 평면을 사용하였다. 주어진 영상의 화소별로 rg 평면상에서의 특징치 분포를 이용하는 방법은 동일하나, 기존 방법에서의 특징치 별 가중치를 부여하는 방법은 적용하지 않았다. 제안한 방법은 주어진 기준조명으로부터 독립적인 기준색도 영역을 추출하고, 입력 영상의 모든 화소에 대하여 rg 평면상에서의 특징치를 계산한다. 독립적인 색도영역과 입력영상으로부터의 특징치를 이용하여 유사도를 평가한다. 유사도가 가장 높게 나타나는 조명을 해당 영상의 조명 색도 성분으로 추정하였다.

2장에서는 기존의 Zhang 방법 내용과 문제점을 기술하고, 상관도 해석에서 색상분포에 대한 가중치를 대체하는 개선 방법을 제안한다. 3장에서는 실험결과와 고찰을, 4장에서는 결론을 맺는다.

2. 제안하는 상관도 해석 방법

2.1 기존의 연구방법 및 문제점

Zhang 등은 기존의 상관도 해석에서의 가중치를 균일한 적용에서 조명색 영역에 대한 가중치를 증가시키는 방법을 제안하였다. 최초의 상관도 해석 방법[8]은 사전 확보된 데이터를 이용하는데, 영상 촬영에 사용될 수 있는 조명의 종류를 수백 개 분석하여 RGB 칼라좌표계 상의 rg 색도 좌표로 저장하여 기준 데이터로 사용한다. 조명의 색도 성분이 결정되면, 해당 조명하에서 존재할 수 있는 반사광의 정보를 계산하여 rg 평면상에서의 색도 분포를 추출한다. 이 때, 다양하고 광범위한 물체 표면색의 칼라 정보를 이용하여 반사광의 정보를 계산한다.

이와 같은 과정을 거쳐, 상관도 해석에 필요한 조명의 rg 색도, 반사광 집합의 rg 색도 분포를 얻을 수 있다. 입력된 칼라 영상에 대하여 모든 화소의 rg 색도를 계산하고 rg 평면상의 색도 분포를 저장한다. 입력 영상으로부터 얻어진 색도 분포와 기준으로 확보된 모든 조명의 반사광에 대한 rg 색도 분포를 대조하여 가장 유사도가 높은 조명을 선택하여 주어진 영상에 대한 조명 성분으로 결정한다. 유사도를 계산하기 위해서는 대조하는 두 색도분포가 겹치는 면적을 계산하는 방식이며, 가장 크게 면적이 겹치는 조명을 선택하게 된다.

Zhang 등은 겹치는 면적을 계산하는 과정에서 기준 조명

과 근접한 rg 색도좌표에 대해서는 높은 가중치를 부여하고, 기준 조명과의 거리가 먼 색도 좌표에는 낮은 가중치를 부여하였다. 이 때 사용된 가중치는 가우시안(gaussian) 함수를 이용하였고, 최대값은 1, 최소값은 0으로 적용하였다.

기존 연구의 문제점은 다음과 같다.

1) 가중치의 적용범위

Zhang 등의 방법에서는 모든 rg 색도 평면상의 특징치에 대하여 기준 조명을 이용한 가중치를 부여하였다. 이 가중치의 적용으로 인하여 조명 색도 추정 성능이 개선되었음을 보고하였다. 가중치를 적용하는 가우시안 함수에는 분산 값이 유일한 변수이나, 명확한 선정 기준을 제시하지 못하였다. 분산 값이 최대인 경우는 가중치를 적용하지 않은 Finlayson의 방법과 동일한 결과를 내고, 분산 값이 최소인 경우는 영상으로부터 얻어진 rg 색도 특징치 분포와 조명 색도 값 1개와의 겹치는 면적을 계산하는 방식이다. 이와 같은 경우, 해당 면적 내에 기준 조명이 2개 이상 존재하는 경우, 겹치는 면적이 모두 1로 동일하게 계산되므로 최종 조명 색도를 결정하는데 어려움이 있다.

2) 추정 조명의 정확성

Zhang 등의 방법에서는 입력영상의 모든 화소에 대한 특징치 공간에서의 rg 좌표 분포와 특정 조명하에서의 반사광들의 rg 좌표 분포를 대조하여 겹치는 면적을 해당 조명에 대한 유사도로 계산한다. 이 때, 겹치는 면적의 위치가 해당 조명의 색도와 근접하는 경우에는 문제가 없으나, 다소 거리가 존재하는 경우에는 신뢰도를 확보하기 어렵다. 예를 들어, 입력 영상에 대한 rg 분포가 조명1과의 겹치는 면적이 조명2와의 겹치는 면적보다는 크지만, 실질적으로 겹치는 면적이 조명2와 가깝게 위치하는 상황을 가정해 볼 수 있다. Fig. 1에서와 같이, 유사도는 조명1이 높게 나타나지만 실질적으로 해당 분포는 조명2와의 유사도가 더 높게 보는 것이 타당하다.

2.2 제안하는 의결방식을 이용한 상관도 해석방법

Zhang 등의 방법은 가우시안 가중치의 분산 값 결정근거 미흡, 특징치 분포 특성과 조명 색도와의 유사도에 대한 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 Zhang 등의 방법에서 사용되었던 개념을 분석하였다. 특징치 공간에서 기준 조명 색도 영역과 임의영상으로부터 얻어진 특징치 색도 영역의 겹치는 면적을 계산할 때, 기존 조명색도에 인접한 겹치는 면적에 더 큰 가중치를 부여하는 방식을 적용하여 유사도 계산을 수정하였다. 이와 같은 방식에서 특징치 색도 상의 겹치는 면적이 여러 기준 조명 색도와 의 거리가 균등한 경우에는 우수한 성능을 낼 수 있다. 그러나 겹치는 면적이 특정한 기준 조명 색도와 근접하거나, 일정한 거리 이내에 소수의 기준 조명 색도가 분포하는 경우, 성능이 저하되는 단점이 있다. 본 논

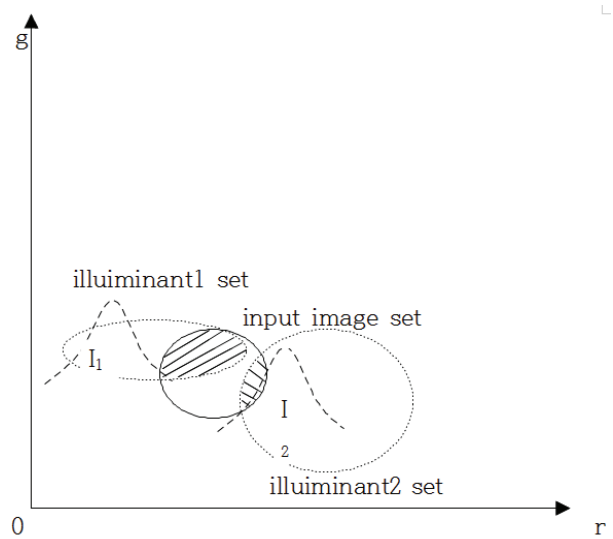


Fig. 1. The Sample Distribution of Image Data

문에서는 Zhang 등의 방법에서 시도한, 주변에 근접한 기준 조명 색도에 대해서 높은 가중치를 부여하는 개념을 확장하였다. 양자화 된 모든 색도좌표에 대하여 기준조명 색도와의 거리를 기준으로 영역을 분할하여 독립적인 기준색도 별로 별도의 맵을 생성한다. 기준색도 맵의 생성원리는 Fig. 2와 같다.

Fig. 2에서 예시의 기준조명 I_1, I_2, I_3 를 중심으로 모든 양자화 된 색도 좌표와의 거리를 계산하여 다른 기준조명 보다 I_1 에 가까운 색도좌표의 집합인 영역 A_1 을 추출한다. 같은 방법으로 A_2, A_3 를 추출할 수 있으며, 전체 기준조명에 대하여 독립영역들을 확보할 수 있다.

임의의 입력 영상으로부터 계산된 특징치 색도 영역 데이터는 기존의 Zhang의 방법과 유사하나, 계산된 모든 특징치 색도 좌표에 대하여 발생 빈도를 추가하여 입력영상의 특성 고려를 확대하였다.

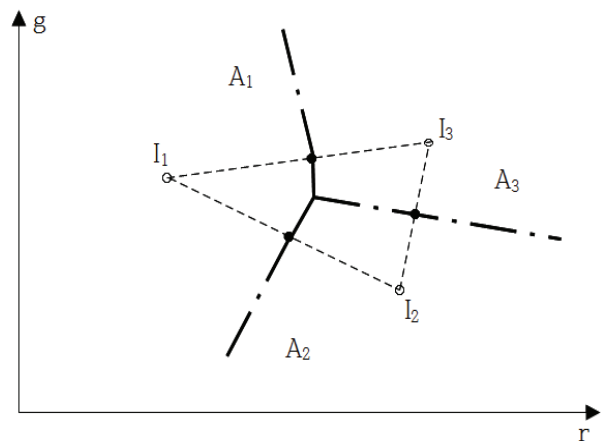


Fig. 2. The Generation of Reference Chromaticity Map for the Reference Illuminant Set

Fig. 2와 같은 독립영역들과 입력된 영상으로부터 계산된 특징치 색도영역 데이터를 이용하여 입력영상의 데이터와 기준조명의 유사도를 판정할 수 있다. N개의 기준조명을 사용하고, rg 색도 평면을 $m \times m$ 의 크기로 양자화 한다고 가정하면, 독립영역은 N개의 $m \times m$ 데이터로 표현 가능하다. 계산의 편의성을 위하여 Equation (1)과 같은 IA_c 의 $m \times m$ 데이터를 Equation (2)와 같이 $m^2 \times 1$ 의 IB_c 로 변환한다. N개의 전체독립 영역 데이터를 $m^2 \times N$ 의 차원을 가지는 한 개의 행렬로 변환할 수 있으며 이를 IB라 정의한다. 이와 같은 행렬의 차원 변환은 계산의 편의성을 확보하기 위한 것이며, 데이터 자체의 값은 변화되지 않고 유지된다.

$$IA_c = \begin{bmatrix} v_{c11} & \dots & v_{c1m} \\ v_{c21} & \dots & v_{c2m} \\ \dots & \dots & \dots \\ v_{c(m-1)1} & \dots & v_{c(m-1)m} \\ v_{cm1} & \dots & v_{cmm} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

여기서 c 는 기준조명의 일련번호를 나타내고, v_{cij} 에서 i 는 양자화 된 색도좌표 평면의 행을, j 는 색도평면의 열을 의미한다. v 의 값은 0 또는 1로 표현된다. 입력된 영상으로부터 계산된 특징치 색도영역 데이터를 QA라 하고 Equation (4)와 같이 나타낸다.

$$IB_c = \begin{bmatrix} v_{c11} \\ v_{c21} \\ \dots \\ v_{cm1} \\ \dots \\ v_{c1m} \\ \dots \\ v_{cmm} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$IB = [IB_1 \ IB_2 \ \dots \ IB_{N-1} \ IB_N] \quad (3)$$

$$QA = \begin{bmatrix} q_{11} & \dots & q_{1m} \\ q_{21} & \dots & q_{2m} \\ \dots & \dots & \dots \\ q_{(m-1)1} & \dots & q_{(m-1)m} \\ q_{m1} & \dots & q_{mm} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

여기서 q_{ij} 는 입력영상의 화소별 색도 rg 값을 기준으로 양자화 된 색도좌표 셀에 해당 색도의 발생빈도를 누적하여 계산할 수 있다. i 는 양자화 된 색도좌표 평면의 행을, j 는 색

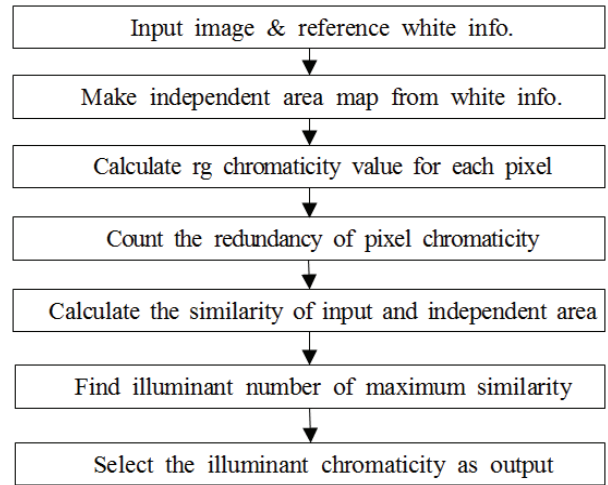


Fig. 3. The Algorithm Flow of Proposed Calculation of Illuminant Chromaticity from RGB Images

도평면의 열을 의미한다. QA로부터 Equation (1)~(2) 변환과 같은 방법으로 값을 재배치하여 Equation (5)와 같이 $m^2 \times 1$ 의 Q를 계산할 수 있다.

$$Q = \begin{bmatrix} q_{11} \\ q_{21} \\ \dots \\ q_{m1} \\ \dots \\ q_{1m} \\ \dots \\ q_{mm} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

주어진 IB와 Q를 이용하여 Equation (6)과 같이 기준 조명별 유사도를 계산하여 가장 유사도가 높은 조명번호 k 를 구하여 입력영상에 대한 조명으로 결정한다.

$$k = \arg \max(Q^T IB) \quad (6)$$

이상의 전체적인 처리과정은 Fig. 3과 같다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 실험 결과

본 논문에서 제안한 방법의 검증을 위하여 Gehler 데이터베이스[22]와 Simple Cube++[23]를 이용하였다. Gehler 데이터베이스는 영상이 568장이고, 영국 캠브리지에서 캐논-1D, 캐논-5D 카메라를 이용하여 촬영하였다. 기준 조명 정보를 제공하기 위하여 Macbeth 칼라 체커를 장면 내부에 설치하고 촬영하였으며, 캐논 RAW 포맷으로 제공한다. 데이터베이스의 영상 샘플을 Fig. 4에 나타내었다.

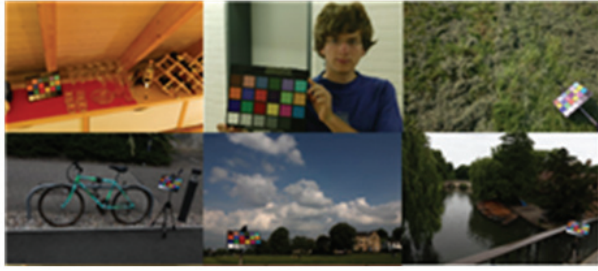


Fig. 4. Sample Images from Gehler Image Database



Fig. 5. Sample Images from Simple Cube++ Image Database

Gehler 데이터베이스는 영상획득 카메라를 2종류로 사용하였기 때문에 모든 영상에 대한 장치특성은 캐논-1D를 기준으로 고정하여 처리하였다.

Simple Cube++ 데이터베이스는 4890장의 기본세트와

2234장의 간략한 버전을 제공한다. 본 논문에서는 2234장의 간략 버전을 실험에 사용하였다. 데이터베이스 샘플 영상은 Fig. 5와 같다.

제안한 방법의 성능을 검증하기 위하여 Finlayson 등의 기본적인 방법, Zhang 등의 방법과 비교하였다. 실험결과는 Table 1에 나타내었다. ref_r은 기준조명의 색도좌표 중 적색(red) 성분이고, ref_g는 녹색(green) 성분이며, est_r과 est_g는 각각 추정된 조명의 색도좌표이다. AE는 기준조명의 색도좌표와 추정된 조명의 색도좌표간의 각도 오차[24]를 의미하며 식(7)과 같다. 이 값이 크면 추정 오차가 큰 것으로 볼 수 있다.

$$AE = \frac{x_r \cdot x_e}{\|x_r\| \|x_e\|}, \quad (7)$$

여기서 x_r 은 기준 색도이고, x_e 는 추정된 조명색도이고 분모는 각 색도 크기(norm)의 곱이다.

Table 1은 최초의 기본적인 방법인 Finlayson 등에 대한 결과이고, Table 2는 Zhang 등의 방법 중 $\sigma=1.0$ 인 경우이고, Table 3은 Zhang 등의 방법 중 $\sigma=0.1$ 인 경우이다. Table 4에는 제안한 방법에 대한 결과를 나타내었다.

동일한 방법으로 Simple Cube++ 데이터베이스에 대한 실험결과를 Table 6~Table 10에 나타내었다.

Table 1. Calculated Error for the Estimation of Scene Illuminant Chromaticity : Finlayson, Gehler DB.

im no.	ref_r	ref_g	est_r	est_g	AE
#1	0.1051	0.5254	0.1238	0.5121	2.2866
#2	0.1039	0.5248	0.1488	0.5519	3.8855
...
#567	0.1604	0.5610	0.1174	0.5540	3.9919
#568	0.1490	0.5474	0.0964	0.5137	4.6002

Table 2. Calculated Error for the Estimation of Scene Illuminant Chromaticity : Zhang et. al., $\sigma=1.0$, Gehler DB.

im no.	ref_r	ref_g	est_r	est_g	AE
#1	0.1051	0.5254	0.1151	0.5480	0.5576
#2	0.1039	0.5248	0.1488	0.5519	3.8855
...
#567	0.1604	0.5610	0.0978	0.5098	5.0926
#568	0.1490	0.5474	0.1191	0.5556	3.1198

Table 3. Calculated Error for the Estimation of Scene Illuminant Chromaticity : Zhang et. al., $\sigma=0.1$, Gehler DB.

im no.	ref_r	ref_g	est_r	est_g	AE
#1	0.1051	0.5254	0.1487	0.5815	3.0353
#2	0.1039	0.5248	0.1487	0.5815	3.1405
...
#567	0.1604	0.5610	0.1453	0.5427	0.9642
#568	0.1490	0.5474	0.1533	0.5535	0.2544

Table 4. Calculated Error for the Estimation of Scene Illuminant Chromaticity : Proposed, Gehler DB.

im no.	ref_r	ref_g	est_r	est_g	AE
#1	0.1051	0.5254	0.1104	0.5284	0.4913
#2	0.1039	0.5248	0.1151	0.5480	0.6629
...
#567	0.1604	0.5610	0.1141	0.4906	2.8625
#568	0.1490	0.5474	0.1141	0.4906	2.1314

Table 5. Comparison Between Conventional and Proposed Methods, Gehler DB.

method	avg. AE	%Error	variance
Finlayson et. al.	2.1221	100.00	1.3878
Zhang et. al., $\sigma=1.0$	1.9727	92.96	1.8906
Zhang et. al., $\sigma=0.1$	1.7940	84.54	1.0862
Proposed	0.7685	36.21	1.0101

Table 6. Calculated Error for the Estimation of Scene Illuminant Chromaticity : Finlayson, Simple Cube++ DB.

im no.	ref_r	ref_g	est_r	est_g	AE
#1	0.2021	0.4687	0.3543	0.4797	13.1237
#2	0.2021	0.4679	0.1237	0.4253	7.1437
...
#2233	0.4607	0.4597	0.2021	0.4687	21.7369
#2234	0.4591	0.4429	0.1993	0.4693	23.0192

Table 7. Calculated Error for the Estimation of Scene Illuminant Chromaticity : Zhang et. al., $\sigma=1.0$, Simple Cube++ DB.

im no.	ref_r	ref_g	est_r	est_g	AE
#1	0.2021	0.4687	0.1339	0.4206	5.6662
#2	0.2021	0.4679	0.1237	0.4253	7.1437
...
#2233	0.4607	0.4597	0.2021	0.4687	21.7369
#2234	0.4591	0.4429	0.1993	0.4693	23.0192

Table 8. Calculated Error for the Estimation of Scene Illuminant Chromaticity : Zhang et. al., $\sigma=0.1$, Simple Cube++ DB.

im no.	ref_r	ref_g	est_r	est_g	AE
#1	0.2021	0.4687	0.1339	0.4206	5.6662
#2	0.2021	0.4679	0.1237	0.4253	7.1437
...
#2233	0.4607	0.4597	0.2021	0.4687	21.7369
#2234	0.4591	0.4429	0.1237	0.4253	29.8117

Table 9. Calculated Error for the Estimation of Scene Illuminant Chromaticity : Proposed, Simple Cube++ DB.

im no.	ref_r	ref_g	est_r	est_g	AE
#1	0.2021	0.4687	0.2153	0.4531	2.0904
#2	0.2021	0.4679	0.2153	0.4531	2.0548
...
#2233	0.4607	0.4597	0.3017	0.4368	10.4292
#2234	0.4591	0.4429	0.3017	0.4368	11.3959

Table 10. Comparison Between Conventional and Proposed Methods, Simple Cube++ DB.

method	avg. AE	%Error	variance
Finlayson et. al.	8.4983	100.00	6.2945
Zhang et. al., $\sigma=1.0$	8.3329	98.05	6.3869
Zhang et. al., $\sigma=0.1$	8.3622	98.40	6.8879
Proposed	3.4306	40.37	2.8335

4. 결 론

본 논문에서는 입력 영상에 대하여 해당 영상을 촬영한 장면의 조명 색도를 추정하는 방법을 제안하였다. 기존의 방법은 일정한 수의 기준조명 정보를 이용한다. 입력 영상으로부터 화소의 색도분포 정보와 기준 조명에 대한 미리 준비된 색도 집합을 대조하여 겹치는 면적이 가장 큰 기준 조명을 해당 입력 영상에 대한 장면 조명으로 간주한다. 겹치는 면적을 계산하는 과정에서 각 기준 조명에 대한 가중치를 가우시안 분포 형태로 적용하였으나, 적절한 분산 값에 대하여 명확한 기준을 제시하지 못하였다. 본 연구에서는 색도 평면에서 겹치는 면적의 계산과정을 개선하고, 입력영상으로부터 계산된 색도와 기준 조명과의 근접 정도를 이용하여 기준조명 색도 집합을 생성하고, 유사도 비교를 통하여 해당 영상의 장면 조명 색도를 결정하였다. 데이터베이스의 영상과 기준조명 색도를 이용한 성능평가에서 제안한 방법은 기존의 기본 방법에 비하여 평균 63% 정도의 개선을 보였고, 기존 방법의 가장 우수한 가우시안 분산 값이 0.1인 경우에 비하여 48% 내외의 개선 성능을 보였다.

향후 연구는 기준조명의 색도 집합을 보편적인 실제조명에서의 샘플을 포함하도록 일반화시키는 부분과 기준 조명 맵의 작성 시, 색역(gamut)과 조명색도의 특성을 반영하여 균등 거리의 적용이 아니라 적응적인 거리를 적용하는 방법 등의 고려가 필요하다.

References

[1] E. H. Land, "Color vision and the natural image," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol.45, pp.115-129, 1959; Vol.45, pp.636-644, 1959; Vol.80, pp.5163-5169, 1983.

[2] G. J. Klinker, S. A. Shafer, and T. Kanade, "The Measurement of Highlights in Color Images," *International Journal of Computer Vision*, Vol.2, No.1, pp.7-32, 1988.

[3] H. C. Lee, "Method for computing the scene-illuminant chromaticity from specular highlights," *Journal of the Optical Society of America*, Vol.3, No.10, pp.1694-1699, 1986.

[4] B. Li, D. Xu, W. Xiong, and S. Feng, "Color constancy using achromatic surface," *Color Research and Application*, Vol.35, Iss.4, pp.304-312, 2010.

[5] F. Chang, S. Pei, and W. Chao, "Color constancy by chromaticity neutralization," *Journal of Optical Society of America A*, Vol.29, No.10, pp.2217-2225, 2012.

[6] H. Joze, M. Drew, G. Finlayson, and P. Troncoso, "The role of bright pixels in illumination estimation," *Final Program and Proceedings - IS and T/SID Color Imaging Conference*, pp.41-46, 2012.

[7] L. T. Maloney and B. A. Wandell, "A computational model for color constancy," *Journal of the Optical Society of America*, Vol.3, pp.29-33, 1986.

[8] D. A. Forsyth, "A novel algorithm for color constancy," *International Journal of Computer Vision*, Vol.5, No.1, pp.5-36, 1990.

[9] G. Finlayson, S. Hordley, and P. Hubel, "Color by correlation: A simple, unifying framework for color constancy," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.23, No.11, pp.1209-1221, 2001.

[10] K. Barnard, C. Vlad, and B. Funt, "A comparison of computational color constancy algorithms. I: Methodology and experiments with synthesized data," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol.11, No.9, pp.972-984, 2002.

[11] K. Barnard, L. Martin, A. Coath, and B. Funt, "A comparison of computational color constancy algorithms? Part II: Experiments with image data," *IEEE transactions on Image Processing*, Vol.11, No.9, pp.985-996, 2002.

[12] W. Xiong and B. Funt, "Estimating illumination chromaticity via support vector regression," *Journal of Imaging Science and Technology*, Vol.50, No.4, pp.341-348, 2006.

[13] V. Agarwal, A. Gribok, and M. Abidi, "Machine learning approach to color constancy," *Neural Networks*, Vol.20, Iss.5, pp.559-563, 2007.

[14] S. Bianco, C. Cusano, and R. Schettini, "Color constancy using CNNs," *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2015.

- [15] W. Shi, C. Loy, and X. Tang, "Deep specialized network for illuminant estimation," In: *Leibe, B., Matas, J., Sebe, N., Welling, M. (eds) Computer Vision, European Conference on Computer Vision 2016*, Vol.9908, pp.371-387, Springer, Cham, 2016.
- [16] S. Oh and S. Kim, "Approaching the computational color constancy as a classification problem through deep learning," *Pattern Recognition*, Vol.61, pp.405-416, 2017.
- [17] K. Koscevic, M. Subasic, and S. Loncaric, "Deep learning-based illumination estimation using light source classification," *IEEE Access*, Vol.8, pp.84239-84247, 2020
- [18] H. Choi, H. Kang, and B. Yun, "CNN-based illumination estimation with semantic information," *Applied Sciences*, Vol.10, No.14, Article-Number 4806, 2020.
- [19] J. Qiu, H. Xu, and Z. Ye, "Color constancy by reweighting image feature maps," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol.29, pp.5711-5721, 2020.
- [20] Y. Luo, X. Wang, Q. Wang, and Y. Chen, "Illuminant estimation using adaptive neuro-fuzzy inference system," *Applied Sciences*, Vol.11, No.21, Article-Number 9936, 2021.
- [21] X. Zhang, S. Yue, R. Gong, and Q. Li, "Illumination estimation based on a weighted color distribution," *Optik*, Vol.185, pp.965-971, 2019.
- [22] P. V. Gehler, C. Rother, A. Blake, T. Sharp, and T. Minka, "Bayesian color constancy revisited," *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2008.
- [23] E. Ershov et al., "The Cube++ Illumination Estimation Dataset," *IEEE Access*, pp.1-1, 2020.
- [24] J. Kim and N. Kim, "Adversarial Learning-Based Image Correction Methodology for Deep Learning Analysis of Heterogeneous Images," *KIPS Transactions on Software and Data Engineering* Vol.10, No.11, pp.457-464, 2021.



김 정 엽

<https://orcid.org/0000-0001-5807-1002>

e-mail : neocopy@ysu.ac.kr

1990년 경북대학교 전자공학과(학사)

1992년 경북대학교 전자공학과(석사)

2001년 경북대학교 전자공학과(박사)

1994년 ~ 2001년 삼성종합기술원 과장

2001년 ~ 2013년 영산대학교 게임콘텐츠학과 부교수

2013년 ~ 현 재 영산대학교 성심교양대학 부교수

관심분야 : Color Image Processing & Computer Vision