

## 객체의 색상 항등성을 위한 조명 모델 응용에 관한 연구\*

박 창 민\*\*

### *A Study on Application of Illumination Models for Color Constancy of Objects*

Park Changmin

#### 〈Abstract〉

Color in an image is determined by illuminant and surface reflectance. So, to recover unique color of object, estimation of exact illuminant is needed. In this study, the illumination models suggested to get the object color constancy with the physical illumination model based on physical phenomena. Their characteristics and application limits are presented and the necessity of an extended illumination model is suggested to get more appropriate object colors recovered. The extended illumination model should contain an additional term for the ambient light in order to account for spatial variance of illumination in object images. Its necessity is verified through an experiment under simple lighting environment in this study. Finally, a reconstruction method for recovering input images under standard white light illumination is experimented and an useful method for computing object color reflectivity is suggested and experimented which can be induced from combination of the existing illumination models.

Key Words : Object Color, Color Constancy, Illuminant Model, Ambient Light, Highlight

## I. 서론

영상 처리 기술의 발전과 칼라 장비의 급속한 보급 등으로 칼라 영상이 대중화 되면서 칼라 영상 검색 등의 응용이 활발히 진행되고 있다. 이러한 응용에서 칼라 영상의 색상은 물체에 대한 다양한 정보를 제공해 줄 수 있지만 조명의 특성에 따라 크게 변화될 수 있다. 특히, 영상에서 의미 있는 객체가

포함되어 있는 경우 객체 영상 획득 시 조명의 특성에 따라 왜곡된 결과를 초래하는 경우가 빈번하다. 따라서 칼라 영상에서는 조명의 세기 뿐 아니라 색상의 변화도 고려해 주어야 객체의 고유한 특성을 유지할 수 있다. 이에 영상에 대하여 조명의 영향을 최소화 하고 보정해 줄 수 있는 전처리 과정이 필요하다[1].

인식(recognition)을 목적으로 하는 응용 분야에서는 객체들의 정확한 분류를 위해 분별력이 높은 특징의 선택이 매우 중요하다. 예를 들면, 얼굴인식 응용에서 구조적 특성을 특징으로 이용할 수 있으며

\* 본 연구는 2016년 영산대학교 교내 연구비의 지원을 받아 수행되었음

\*\* 영산대학교 자유전공학부 교수

[2,3], 단순히 얼굴 칼라를 특징으로 사용할 수도 있다[4]. 기존의 그레이 영상을 이용하는 응용들은 얼굴영역 이라고 가정할 만한 정보를 밝기(intensity) 값만으로는 얻을 수 없다. 따라서 구조적인 정보를 이용할 수밖에 없다. 그러나 칼라 영상에서는 객체 색상을 유용한 특징으로 이용할 수 있게 됨에 따라 그레이 영상에 비해 정보량이 많음에도 불구하고 처리시간을 상당히 단축할 수 있게 되었다.

또한, 구조적인 특성을 이용할 경우 탐색 결과의 신뢰성은 높으나 템플릿 정합 (template matching) 등과 같은 많은 연산을 필요로 하기 때문에 처리시간이 많이 걸린다는 단점이 있다. 반면, 색상 정보를 이용하는 경우에는 빠른 처리 시간 내에 객체영역을 탐색할 수 있다. 하지만 신뢰성이 떨어진다는 단점도 발생한다. 신뢰성이 떨어지는 이유는 몇 가지 에러에 원인이 있는 것으로 분석된다. 즉, 객체 영역이 아니지만 객체 색상과 유사하여 객체영역으로 추출되는 fault error와 전반적인 조명의 변화에 의해 객체색상을 찾을 수 없는 missing error 발생의 경우이다.

Fault error인 경우에는 추가적인 검증 방법을 통해 이러한 영역들을 제거할 수 있지만, 일단 탐색에서 제외된 missing error 영역들은 추가적인 검증 방법으로도 찾을 수 없으므로 미리 전 처리 과정을 거치는 것이 매우 중요하다. Missing error가 발생하는 가장 주된 원인은 영상을 획득할 때 조명의 영향으로 객체 색상이 변형된 경우가 대부분을 차지한다. 사람은 조명 색상이 변하더라도 같은 객체는 항상 비슷한 색상으로 인식할 수 있다. 이는 객체의 색상을 결정하는데 영향을 미치는 다양한 요소들을 추정하고 통합하여 인식할 수 있는 능력이 있기 때문이다. 이것을 칼라 항등성(color constancy)이라고 하며 많은 응용 분야에서 활용되고 있다[5,6]. 이는 컴퓨터 비전 분야 및 객체 검색의 많은 응용에서 사

람의 칼라 항등성 능력과 유사하게 영상에 포함된 객체의 색상을 결정할 수 있는 방법을 필요로 하기 때문이다.

본 논문은 의미 있는 객체가 포함된 영상에서의 색상 항등성 유지를 위한 기존의 조명 모델들이 실세계의 물리적인 현상들을 얼마나 잘 해석하고 있는지 물리적인 관점에서 각 조명 모델들의 특성 및 활용 한계성을 분석한다. 또한 기존 조명 모델들은 영상의 색상 항등성 유지를 위해 균일한 조명이나 암실에서 점광만 있을 때 처리할 수 있는 한계가 있기 때문에, 본 논문에서는 실세계의 실험 환경이 가질 수 있는 조명 특성을 분석하여 이들을 세분화 하여 해석하므로 제한된 실험 환경이 아닌 실세계 조명이 비취질 때도 객체의 색상 항등성이 유지될 수 있는 방법을 제안한다.

2장에서는 조명 모델들의 기존 연구들을 비교 분석한다. 3장은 물리적인 조명 모델의 타당성을 위해 고려해야 할 다양한 요소들과 조명의 특성을 다루었다. 4장은 객체의 색상에 포함된 조명 성분 및 하이라이트 성분을 제거 하는 실험을 기존 연구들과 비교 분석하여 본 논문에서 제안한 모델의 타당성을 보이고, 5장에서는 결론을 맺는다.

## II. 색상 항등성을 위한 기존 조명 모델의 비교 분석

### 2.1 Bilinear model

M. DZmura[4]에서 조명은 주변광의 영향으로 형성된다고 주장하고 있다. 그러나 실세계의 물리적인 조명은 주변광과 점광의 조합으로 이루어져 있다. 따라서 주변광도 엄밀히 점광과 함께 섞은 광원이라 할 수 있다. 실제로 주변광과 점광의 색상이 유사할 때는 심각한 문제를 일으키지 않는다. 그러나 주변

광이 점광과 다른 색상을 가지고 있으면서 밝기 값도 클 경우 [5]의 모델로 해석하면 물체의 반사계수를 정확하게 추출하지 못한다. 특히, 3차원 형상의 물체들은 그림자나 하이라이트가 발생하는데, 그림자 영역은 주변광의 영향을 많이 받고 하이라이트 부분 영역은 점광의 영향을 받게 될 가능성이 높다.

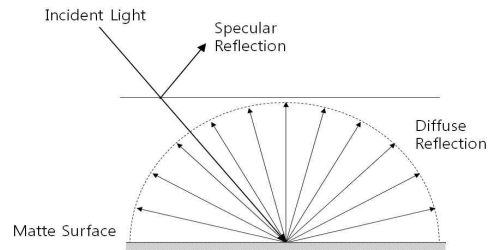
따라서 영상 전체에 [5]의 모델과 같이 동일 색상을 균일하게 제거하는 방법은 정확한 결과를 얻을 수 없다. 이럴 경우 전반적인 조명을 주변광과 점광으로 함께 묶어 정의하지 않고 구분 해석하는 것이 문제 해결 방법이 될 수 있다. 또한 조명색상과 물체의 반사 특성만으로 영상의 색상을 결정한다고 가정하고 이들을 파장에 대한 기본 함수들의 선형조합으로 표현한다(수식 1). 주변광  $E(\lambda)$ 은  $m$ 개의 기본 함수들의 선형조합을 나타내고 있다. 여기서  $\epsilon_i$ 는 기본 함수들을 선형조합 하기 위한 weight factor이다.

$$E(\lambda) = \sum_{i=0}^m \epsilon_i E_i(\lambda) \quad (1)$$

## 2.2 Dichromatic model

빛이 물체 표면에 도달하면 밝은 부분 형성과 같이 바로 표면 반사가 일어나는 표면 반사(surface reflection)와 물체 내부로 흡수되어 내부 반사를 거쳐 반사하는 물체 반사(body reflection)이 있다. 또한 빛을 직접 받지 못하는 그림자 영역이 형성될 수도 있다. 이렇게 3차원 물체들로 구성된 공간을 영상으로 만들면 다양한 형태의 반사 특성에 의해 각기 다른 특성의 화소값을 형성한다. 사람의 경우 이러한 화소값의 변화가 물체들의 경계에 의해 발생한 부분인지 구별할 수 있다. 그 이유는 물체를 보는 방향이나 빛의 방향, 물체의 반사 특성, 광원의 색상과 물체의 색상 등 여러 요소들을 통합하여 해석할 수 있기 때문이다.

Dichromatic model[7]은 점광이 주어질 때 물체의 표면 반사 색상을 보정할 수 있는 방법을 제안하였다. 이 모델에서는 하이라이트나 그림자 때문에 생기는 위치에 따른 변화를 모델링해 줄 수 있다. 하지만, 주변광을 다루지 않기 때문에 암실에서만 적용이 가능하다. 그리고 <그림 1>에서 보는바와 같이 물체가 투과 영역과 matte 표면으로 구성되기 때문에 입사된 빛의 일부가 물체 표면에서 반사되어 정 반사광이 생성되고, 나머지 입사광은 물체 내부로 입사되어 확산반사광을 생성한다[8]. 본 모델에서 하이라이트를 포함한 물체들의 칼라 히스토그램 분포는 물체색을 나타내는 벡터(body reflection vector)와 조명색을 나타내는 벡터(surface reflection vector)가 이루는 하나의 평면상에 분포한다는 이론에 기반 한다.



<그림 1> Dichromatic reflection model

암실에서 진행된 실험의 결과로 만들어지는 R, G, B 칼라 히스토그램에서 물체 반사 벡터와 표면 반사 벡터에 의해 형성되는 평면은 항상 원점을 근접하여 지나간다. 따라서 모든 칼라는 평면상에 존재하는 두 칼라 벡터들의 선형조합으로 표현된다(수식 2).

$$C = m_b C_b + m_s C_s \quad (2)$$

$C_b$ 는 물체 반사 칼라를 위한 vector,  $C_s$ 는 표면 반사 칼라를 나타내는 벡터 이다.

$$C = m_b C_b + m_s C_s + m_e C_e \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} C_R \\ C_G \\ C_B \end{bmatrix} = m_b \begin{bmatrix} C_{bR} \\ C_{bG} \\ C_{bB} \end{bmatrix} + m_s \begin{bmatrix} C_{sR} \\ C_{sG} \\ C_{sB} \end{bmatrix} + m_e \begin{bmatrix} C_{eR} \\ C_{eG} \\ C_{eB} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} C_R \\ C_G \\ C_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{bR} & C_{sR} & C_{eR} \\ C_{bG} & C_{sG} & C_{eG} \\ C_{bB} & C_{sB} & C_{eB} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_b \\ m_s \\ m_e \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} m_b \\ m_s \\ m_e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{bR} & C_{sR} & C_{eR} \\ C_{bG} & C_{sG} & C_{eG} \\ C_{bB} & C_{sB} & C_{eB} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} C_R \\ C_G \\ C_B \end{bmatrix}$$

또한 평면상에 나타나지 않는 색상들은 에러로 취급하여  $C_e$ 로 나타낸다(수식 3). (수식 3)을 이용하여 물체의 하이라이트 된 부분들을 제거하는 방법은 (수식 4)를 통하여 알 수 있다. 즉, (수식 4)의 모델은 물체의 조명을 감쇄하는 방법이다. 따라서 하이라이트 가 일어나는 영역의 색상이 곧 조명이라고 가정한다.

$$m_b C_b = C - m_s C_s - m_e C_e \quad (4)$$

그러나 여러 물체들에서 형성된 하이라이트 영역의 색상들을 분석해 본 결과 물체색의 영향을 받아 하이라이트 영역색상을 정확하게 한 가지 색상으로 정의할 수 없었고 실제의 조명 색상과 일치하지 않았다. 따라서 영상검색에 활용되는 객체의 색상 정보를 위해 하이라이트 성분을 추출할 필요가 있다.

### 2.3 조명 모델들의 분석

앞에서 다루었던 기존 조명 모델들의 공통적인 제한점은 광원의 위치, 방향, 카메라의 위치, 방향 등의 기하학적인 정보를 다루지 않으며, 특정 색상에 지나치게 치우친 좁은 주파수 대역(narrow band) 조명은 색상 항등성 보장이 어렵다. 또한 조명 색상에 대한 비율적인 관계는 추정할 수 있으나 정확한 조명의 크기는 찾을 수 없다. 각각의 모델에 따른 광

원의 종류, 조명 추출 방법, 조명 성분의 정확성, 조명 제거 방식, 카메라 특성 및 각 응용에 관하여 <표 1>에 나타내고 있다.

## III. 물리적인 조명 모델의 타당성

### 3.1 객체의 색상 항등성을 위한 고려요소

동일한 객체가 항상 같은 색상을 가지도록, 즉 객체의 색상 항등성을 유지하기 위해서는 색상에 영향을 미치는 실세계의 여러 가지 요소들을 고려해야 한다.

<표 1> 기존 조명 모델들의 비교 분석

	모델의 비교 분석	
	Bilinear Model	Dichromatic Model
광원의 종류	ambient light source	point light source
조명 추출 방법	최소 2개 이상의 표면에서 색상을 입력 받아 조명 추출	highlight 영역의 색상을 추출하여 조명으로 이용
조명 성분의 정확성	색상: 정확 크기: 부정확	색상: 부정확 크기: 정확
조명 제거 방식	weight factor를 이용한 물체 고유 반사 특성 활용	각 물체의 정보를 이용한 highlight 성분 제거
카메라 특성	$R_k(\lambda)$	$m_b, m_s$ 에 포함
응용	조명 전환	highlight 성분제거 및 조명의 변환

실제로 영향을 미치는 요소들에는 광원의 특성, 색상, 위치, 방향, 객체의 모양과 반사특성, 입력 센서의 위치, 방향 및 색상감도 등이 있다. 이런 요소들을 추출하고 통합하여 객체에 대한 색상 항등성을 인간의 눈과 비슷하게 모델링 하고자 하는 것이 영상 검색 분야에서의 색상 항등성 목적이다.

그래픽 분야에서는 조명의 색상이나 종류, 위치와 방향 등의 변화에 따라 객체의 표면 반사 색상을 결

정하는데 영향을 준다. 또한 영상을 생성하는 것이 목적이 아니기 때문에 요소들의 대한 임의의 값을 사용자가 정해줄 수 있는 장점이 있다. 그러나 영상 검색에서는 이러한 요소들을 추측해내는데 각각의 세부 전공 분야가 따로 있을 만큼 이들의 추정이 쉽지 않다. 따라서 대체로 상수로 고정시키거나 몇 개의 요소들을 하나로 묶어 처리하기도 한다. 실제로 이 분야에서 색상 항등성을 위해 다루어야 하는 요소들에는 <표 2>와 같이 조명의 특성, 객체의 반사 특성, 기하학적인 특성, 카메라의 특성 등이 있다.

<표 2> 영상에서의 객체 색상 결정에 미치는 여러 요소들

영상 검색 분야에서 다루는 요소들		
조명의 특성	객체의 반사특성 및 기하학적인 특성	카메라 특성
조명의 색상 조명의 세기 조명의 위치 조명의 방향 조명의 종류 주변광, 점광, 분산광	객체의 색상 객체색의 반사세기 객체의 Fresnel 계수 객체 표면의 거칠 정도 미소면들의 방향 기하학적인 감쇄 요소	카메라의 민감성 카메라의 위치 카메라의 방향

### 3.2 물리적인 조명 모델의 타당성

일반적으로 광원은 그 특성에 따라 크게 3 가지로 분류할 수 있다. 장면에 직접 광원이 비치지 않고 빛을 받는 여러 다른 물체들의 반사를 통해 간접적인 조명이 형성될 수 있다. 이들 주변광원(Ambient light source)은 영상 전체에 전반적으로 균일한 조명을 형성한다. 반면, 장면에 직접 영향을 미치는 광원에는 점광, 분산광 등이 있다.

기존의 색상 항등성 보장을 위한 조명 모델들은 하이라이트나 그림자들을 다룰 수 없는 주변광으로만 해석하거나, 하나의 점광으로만 해석하여 암실에서 실험을 해야 하는 한계성이 있었다. 하지만 객체

인식 및 검색 분야의 특성상 3-1에서 언급한 요소들을 충분히 고려했을 때 객체의 색상 항등성을 보장할 수 있다. 실제로 색상 항등성에 관한 다양한 연구들은 광원, 카메라, 그리고 물체가 이루는 각도 등의 기하학적인 요소에 변화를 주지 않고 조명의 색상만 바꾸어 줌으로서 색상 항등성을 유지한다. (수식 5)에서  $I_c^f$  는 카메라를 통해 들어오는 빛의 양을 이미지 상에 나타낸 것으로, 이때의  $f$ 는 photoreceptor 클래스이며 일반적으로 R, G, B를 의미한다.

$$I_c^f(\lambda) = [\rho_a(\lambda)I_a^f(\lambda) + \sum I_{pj}^f(\lambda)(N \cdot L_j)d\omega_{pj}(k_d\rho_d(\lambda) + k_s\rho_s(\lambda))]R^f(\lambda) \quad (5)$$

$\rho_a$ (Ambient reflection factor)은 주변광에 대한 물체의 반사 특성을 계수화한 것으로 카메라 및 조명의 위치 등의 기하학적인 정보와는 무관하다. 물체 반사 요소  $(N \cdot L)d\omega_p k_d \rho_d$ 는 조명의 색상과 무관한 물체 내부의 고유한 반사특성과 기하학적 정보를 함께 계수화 하고 있으며, 표면 반사 요소  $(N \cdot L)d\omega_p k_s \rho_s$ 도 물체 표면의 고유한 반사특성 및 기하학적 정보를 계수화 하였다. 또한 카메라의 감쇄특성을 나타내기 위해  $R^f$ 의 항목을 두고 있다.

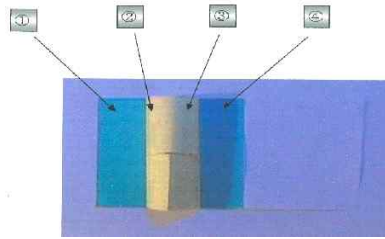
본 연구에서는 주변광과 같이 균일한 조명이 비치지 않을 때 색상 항등성을 유지할 수 있다거나, 암실에서 점광만 있을 때 처리할 수 있는 단점을 극복하기 위해 실세계의 실험환경이 가질 수 있는 조명특성을 분석하여 세분화하는 방법을 제시한다.

## IV. 실험 및 토의

### 4.1 물리적인 특성에 기반한 모델의 타당성 제시

2장에 언급한 bilinear model을 물리적인 현상에 기초를 두고 보면 주변광과 점광이 함께 존재하는

실세계를 다루어 줄 수 없다. 그 타당성을 실험을 통해 확인 하였다. 색상 항등성을 보장하는 것은 조명의 색상이 바뀌더라도 물체의 고유한 색상을 그대로 유지하는 것이다. 복원된 영상에서 색상 항등성이 얼마나 잘 이루어졌는지를 확인하는 방법으로 한 물체 내에서 조명을 달리 받은 부분들이 같은 반사특성을 가지는지 비교하는 방법을 사용하였다. <그림 2>에서 ①, ②영역은 주변광과 점광이 함께 존재하는 영역이고, ③,④영역은 주변광만 존재하는 영역이다. 이와 같이 분포된 영상을 이용하여 각 영역의 반사특성 계수를 추출한다. ①, ②영역은 주변광과 점광이 혼합된 조명성분(Lap)을 이용하여 복원한 결과 정확한 반사특성 계수를 찾을 수 있다. 또한 ③,④영역도 조명성분(La)을 이용하여 반사특성 계수를 구하였다.



<그림 2> 주변광과 점광이 존재하는 객체 영상

①, ②영역에서는 Red 성분이 작고 Blue성분이 많이 포함되어 Red에 대한 반사특성 계수는 기준치보다 작은 값을 가지게 되어 복원된 색상은 물체의 고유한 색상과는 많이 다른 값을 가진다. ③,④영역에서 추출된 반사특성 계수는 ①, ②영역에서 혼합광에 의해 추출된 반사특성 계수보다 다소 작은 값을 가진다. 이유는 조명의 세기가 ①, ②영역에 비해 작기 때문이다. 따라서 주변광도 함께 고려하여 조명성분을 분석해야 정확한 결과를 얻을 수 있다는 것을 실험을 통해 확인 하였다.

#### 4.2 조명성분 감쇄

본 연구에서는 기존에 연구된 조명성분 추출 방법을 기반으로 반사특성에 대한 정보를 얻는다[5]. 따라서 이 반사특성에 다른 조명성분을 곱함으로써 새로운 조명성분이 반영된 영상을 얻을 수 있다. 또한 조명성분을 자연광으로 변화시킴으로써 조명성분으로 왜곡된 객체 색상을 고유의 객체 색상으로 복원할 수 있어 보다 정확한 색상 정보를 제공할 수 있다. 본 실험에서는 흰색 배경 부분을 이용하여 조명성분을 추출한다. 흰색 배경 부분은 평면이므로 표면반사에 해당하는 성분이 없으며, 물체 반사 요소인 R, G, B는 거의 1의 값을 가진다. 따라서 화소값  $(Q_R, Q_G, Q_B)$ 을 추출된 조명색상  $(L_R, L_G, L_B)$ 으로 나누면 (수식 6)을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} Q_R/L_R &= kRf(i,v) + kSh(i,v) = \alpha + \delta \\ Q_G/L_G &= kGf(i,v) + kSh(i,v) = \beta + \delta \\ Q_B/L_B &= kBf(i,v) + kSh(i,v) = \gamma + \delta \end{aligned} \quad (6)$$

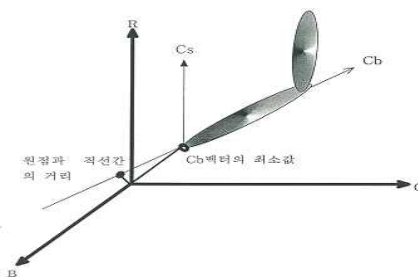
그 반사특성 계수에 새로운 조명성분  $(N_R, N_G, N_B)$ 을 곱하여 변경된 조명성분에 대한 새로운 화소값  $(NQ_R, NQ_G, NQ_B)$ 로 영상 변환이 가능하다(수식 7).

$$\begin{aligned} NQ_R &= (\alpha + \delta)N_R \\ NQ_G &= (\beta + \delta)N_G \\ NQ_B &= (\gamma + \delta)N_B \end{aligned} \quad (7)$$

<그림 3>은 원영상에 대한 조명성분을 추출한 반사 요소를 나타낸 것이다.



<그림 3> 원영상                      조명이 감쇄된 영상



<그림 4> 하이лай트를 포함하는 객체의 3차원 히스토그램

### 4.3 하이лай트 성분 제거

영상에서 하이лай트 영역은 객체 내에 존재하는 영역이지만 객체색상과 다른 색상 정보를 나타내어 각각 다른 영역으로 분할된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 하이лай트 영역을 제거하는 전처리 과정을 거치면 표면반사 성분은 제거되고 객체의 물체 반사 성분으로 복원된다. [7]에서 제안한 방법을 이용하여 각 픽셀의 화소값에 의해  $m_b, m_s, m_e$ 를 구할 수 있고, 이를 이용하여 물체 반사 성분으로 구성된 영상을 복원할 수 있다. <그림 4>는 하이лай트를 포함한 3차원 히스토그램을 나타낸다. 여기서 하이лай트 영역의 색상이 이루는 벡터  $C_b$ 가 원점을 지나지 않는다. 이는 주변광을 가지고 있기 때문에 그 방향 벡터만큼 옮겨져서 색상이 분포하기 때문이다. 따라서  $C_b$ 와  $C_s$  설정 시 주변광에 대한 근사특성 값으로 벡터  $Min$ 을 구한다. (수식 8)에서  $m_b, m_s, m_e$ 를 구하고 이를 바탕으로 하이лай트를 제거 한 후 다시  $Min$ 을 더해주면 주변광이 있어도 객체의 색상 항등성 유지에 문제가 발생하지 않는다. 또한 암실이 아닌 실세계에서도 적용할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} C_r \\ C_g \\ C_b \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Min_r \\ Min_g \\ Min_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Cb_r & Cs_r & Ce_r \\ Cb_g & Cs_g & Ce_g \\ Cb_b & Cs_b & Ce_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_s \\ m_b \\ m_e \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} m_b \\ m_s \\ m_e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Cb_r & Cs_r & Ce_r \\ Cb_g & Cs_g & Ce_g \\ Cb_b & Cs_b & Ce_b \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} C_r - Min_r \\ C_g - Min_g \\ C_b - Min_b \end{bmatrix} \quad (8)$$

<그림 5>은 원 영상에 (수식 8)을 적용한 영상을 나타낸다. 원영상의 객체는 주변광의 영향으로 색상이 분리되어 나타나고 있다. 특히 어두운 색상을 가지는 객체일수록 이러한 현상은 더욱 뚜렷이 나타난다. 하지만 객체에 하이лай트를 제거한 영상은 보다 정확한 객체 색상의 항등성을 유지하고 있음을 알 수 있다.

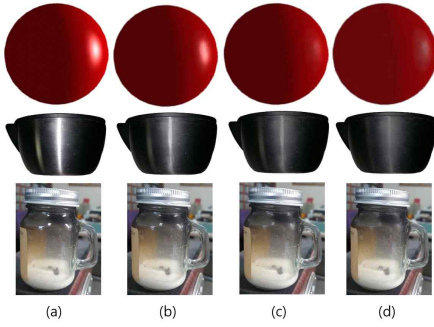


<그림 5> 원영상                      하이лай트를 제거한 영상

### 4.4 기존 조명 모델과의 비교

<그림 6>은 주변광과 점광이 함께 존재하는 영상을 이용하여 기존 연구된 조명 모델들과 제안한 모

델을 실험을 통하여 비교 하였다. 보다 명확한 실험을 위하여 실제 세계에서 촬영된 영상에서 객체만 따로 추출하여 진행되었다.



<그림 6> (a) 원 이미지, (b) [4]에서 제안한 실험결과, (c) [7]에서 제안한 실험결과, (d) 본 논문에서 제안한 실험결과

[4]에서 제시된 모델은 (b)에서 알 수 있듯이 주변광이 존재하지 않은 경우  $E(\lambda)$ 는 매우 낮은 값을 갖게 되어 하이라이트 부분이 다소 감쇄한 것으로 나타났다. (c)는 [7]에서 연구된 모델을 이용하여 실험한 결과를 보여주고 있다. 하이라이트 때문에 발생하는 위치 변화를 모델링 하지만 주변광을 무시하기 때문에 매우 제한적으로 활용할 수 있다. 따라서 (수식 4)의 결과 값이 매우 높게 나타나 하이라이트 부분을 조명으로 인식되어 점광으로 나타나는 하이라이트 성분이 감쇄되지 않음을 알 수 있다. (d)는 (수식 8)의  $m_b, m_s, m_e$ 를 이용하여 하이라이트를 제거하고,  $Min$  값을 추가하여 주변광이 존재해도 조명 선분이 감쇄하여 객체의 색상항등성이 매우 잘 유지되고 있음을 알 수 있다.

## V. 결론

본 연구는 영상의 색상 정보를 이용하는 컴퓨터 비전 분야 및 객체 검색의 다양한 응용들의 신뢰성

을 높이기 위한 전 처리 단계의 연구로서 조명의 변화에 무관한 색상 항등성 모델을 제안한 것이다. 그래픽 및 의미 있는 객체가 포함된 영상 검색 분야에서 제안된 객체의 색상 반사 모델들을 실제계의 물리적인 현상에 기반을 두고 비교 분석하였다. 분석 결과 기존의 모델들이 조명의 종류를 일부 제한시키거나 명확히 제시하고 있지 않음을 알 수 있었다. 그로 인해 일부 모델들에서는 일부 소멸되지 않은 주변광 및 점광들이 존재하여 객체 검색에 필요한 전 처리 단계에서 정확성이 떨어지는 요소로 작용하였다. 따라서 본 연구는 조명의 종류를 주변광과 점광으로 구분하여 해석하는 것이 타당함을 밝히고 이를 실험을 통해 검증하였다.

그리고 기존의 하이라이트 성분 제거 연구들에서 암실에서 점광이 주어진 경우에만 적용할 수 있었던 방법을 개선하여 주변광과 점광이 함께 존재하는 실제 세계에서 적용할 수 있는 객체 색상 항등성 모델을 제시하였다.

향후 보다 다양한 환경에서의 조명성분을 자동으로 추출할 수 있는 방법이 연구되어야 하며, 객체들 사이의 상호 반사(inter-reflection) 까지 포함하는 주변광 성분을 정확하게 제거할 수 있는 연구가 필요하다.

## 참고문헌

- [1] Manpreet Kaur, Jasdeep Kaur and Jappreet Kaur, "Survey of Contrast Enhancement Techniques based on Histogram Equalization," IJACSA, Vol.2, No.7, 2011.
- [2] Xiaobo Li and Nicholas Roeder, "Face Contour Extraction From Front-View Images," Pattern Recognition, Vol.28, No.8, 1995, pp.1167-1179.



[3] X Xie, R. Sudhakar and H. Zhuang, "On Improving eye feature extraction using deformable templates," Pattern Recognition, Vol.27, No.6, 1994, pp.791-799.

[4] Jie Yang, Weier Lu, Alex Waible, "Skin Color Modeling and Adaptation," Technical Report CNU-CS-97-146, CMU, 1997.

[5] M. DZmura, "Color Constancy: surface color form changing illumination," J. Opt. Soc. Am. A 9, 2003, pp.490-493.

[6] 박창민, "비디오에서 객체의 시공간적 연속성과 움직임에 이용한 동적 객체추출에 관한 연구," 디지털산업정보학회 논문지, 제12권, 제4호, 2016, pp. 115-121.

[7] Xiaohu Lu and Hong Zhang, "Color Classification Using Adaptive Dichromatic Model," Proceeding of 2006 IEEE ICRA, 2006, pp. 3411-3416.

[8] 이우람, 전우경, 전병민, "저조도 환경에 적합한 이색도 반사 모델을 이용한 색 복원 기법," JKAI, 제15권, 제12호, 2014, pp.7324-7330.

■ 저자소개 ■



박 창 민  
(Park Changmin)

1997년 9월~현재  
영산대학교 자유전공학부 교수  
2006년 2월 부산대학교 컴퓨터공학과  
(공학박사)  
1996년 2월 독일 도르트문트대학교  
컴퓨터공학과 (공학석사)  
1993년 2월 독일 도르트문트대학교  
컴퓨터공학과(공학사)  
관심분야 : 영상검색, 영상이해 및 추출  
E-mail : cmpark@ysu.ac.kr

논문접수일 : 2017년 02월 24일
수 정 일 : 2017년 03월 10일
게재확정일 : 2017년 03월 17일