

# 저조도를 위한 색 항등성 기법의 성능 평가

이우람\*, 황동국\*, 전병민\*

\*충북대학교 컴퓨터공학과

e-mail:ninayosi@nate.com

## Performance Evaluation of Color Constancy Methods for Low Illuminance

Woo-Ram Lee\*, Dong-Guk Hwang\*, Byoung-Min Jun\*

\*Dept of Computer Engineering, Chungbuk National University

### 요 약

저조도 환경에서 획득된 영상은 대부분의 픽셀이 낮은 RGB 값을 가지기 때문에 물체가 가지는 색의 식별 및 물체 간의 구별이 어렵다는 문제점을 갖는다. 이러한 문제는 이론적으로 영상 내 존재하는 광원의 영향을 제거하는 것을 목적으로 하는 색 항등성 기법을 적용하여 해결이 가능하다. 저조도 영상에 적합한 색 항등성 기법을 찾기 위하여 본 논문에서는 Barnard 데이터 셋을 바탕으로 하는 저조도 합성 영상을 생성하고 이를 기반으로 다양한 색 항등성 기법을 평가한다. 저조도 합성 영상은 원하는 장면을 가지는 영상과 GTD를 생성할 수 있는 장점이 있기 때문에 실험 영상으로 사용된다. 성능 평가는 색 항등성 기법을 적용한 결과 영상과 GTD 영상을 비교하여 수행된다.

### 1. 서론

디지털 카메라를 비롯한 영상 기기를 이용하여 획득된 영상은 광원 및 조명 환경에 많은 영향을 받는다. 일반적인 디지털 영상에서는 동일 물체일지라도 광원의 영향을 받아 상이한 색으로 나타나는 현상이 발생한다. 다양한 조명 환경 중에서 광원의 미약한 강도나 부재로 인해 발생하는 저조도 환경은 획득된 영상내의 RGB 값들을 작게 만들기 때문에 물체의 색이나 물체간의 구별을 힘들게 하는 요인이 된다. 따라서 저조도 영상을 입력으로 사용하는 영상처리나 컴퓨터 비전의 응용 분야에서는 저조도 환경에 따라 발생하는 색차는 시스템의 성능 향상을 위해 해결되어야 할 중요한 과제이다.

이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 컬러 기반의 명암 변환 기법이나 히스토그램 관련 연산들을 사용할 경우에는 RGB 값들의 차이가 크지 않은 저조도 영상에서 전체적인 명암이나 대비는 좋아질 수 있으나 물체가 가지는 원래의 색을 계산하기에는 어려움이 따른다. 이론적으로 조명이나 광원의 영향을 제거할 수 있는 방법 중의 하나가 색 항등성 기법이다. 색 항등성 기법은 영상내의 정보와 장면에 대한 다양한 가정을 바탕으로 물체가 가지는 원래 색을

찾는 것을 목표로 하며 현재까지 많은 연구자들에 의해 다양한 기법이 제안되었다. 본 논문에서는 저조도 영상의 보정에 적합한 색 항등성 기법을 찾기 위하여 다양한 기법들의 성능을 저조도 합성 영상을 이용하여 비교한다..

### 2. 저조도 합성 영상의 생성과 색 항등성 기법

본 논문에서 색 항등성 기법들의 성능 비교를 위하여 사용된 실험 영상들은 Barnard et al.이 색 항등성 연구를 위해 제안한 데이터 셋[1]에 기반한 합성 영상 연구[2]에 사용된 기법을 이용하여 생성된다.

Barnard et al.의 데이터 셋에는 영상 합성 연구를 위한 다양한 분광(Spectral) 데이터가 포함되어 있다. 첫번째 분광 데이터는 다양한 물체로부터 획득된 1995개의 반사계수(reflectance)이다. 두번째 분광 데이터는 Sony DXC-930 카메라의 가시광선 대역에서 동작하는 반응 함수(camera sensitivity function)이며, PhotoResearch의 PR-650 spectrophotometer를 이용하여 101개의 광원 하에서 측정된 분광 데이터이다.

이들 분광 데이터들은 식 1과 같은 영상 형성식을



[그림 1] 실험 영상 중 일부

기반으로 합성되어 특정 반사계수를 가지는 물체가 원하는 광원에서 Sony DXC-930 카메라로 획득한 색을 계산한다.

$$C_i(x,y) = R_i(x,y)L_i(x,y)G(x,y) \quad (1)$$

식 1에서  $R_i(x,y)$ 는 물체 표면의 반사계수,  $L_i(x,y)$ 는 광원의 스펙트럼, 그리고  $G(x,y)$ 는 물체와 광원 사이의 기하학적 위치 관계를 의미한다. 식 1을 통해 획득된 영상들은 일반적으로 선택한 광원에 종속적인 색을 가진다. 하지만 Barnard 데이터 셋에 포함된 광원이 모두 저조도에서 획득된 데이터가 아니기 때문에 제공되는 광원의 분광 데이터를 저조도 환경에 맞게 변화시키는 과정이 필요하다. 일반적으로 광원이 가지는 강도의 영향은 스펙트럼의 진폭과 비례하기 때문에 본 논문에서는 영상 합성 시 제공되는 광원 분광 데이터의 진폭을 낮추어 영상 합성식에 적용하여 저조도 합성 영상을 생성한다. 그림 1은 생성된 저조도 합성 영상 중 일부를 보여준다. 본 논문에서 성능 비교를 위하여 선정한 색 항등성 기법은 다음과 같다.

- Retinex [3]
- Gray World Assumption(GWA) [4]
- Simplified Horn(SH) [5]

- Edge-Based Method(EBM) [6]
- Shades of Gray(SG) [7]

Retinex는 색 항등성 연구의 창시자인 Edwin D. Land가 제안한 기법으로 비균일 조명 환경에서 동작하는 기법이다. Retinex는 영상내의 특정 위치에서 조명이 미치는 영향을 계산하기 위하여 가우시안 분포와 유사한 민감도 패턴을 주변 픽셀들에 적용하고 로그연산을 수행하였다.

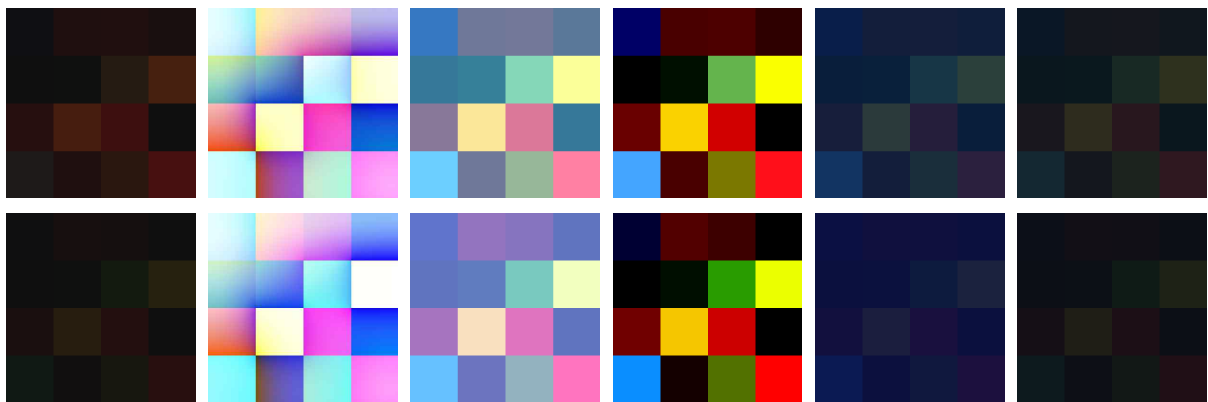
GWA는 Buchsbaum이 제안했으며 현재 여러 응용에서 사용되고 있다. GWA의 특징은 장면은 다양한 반사계수를 가지는 물체를 동일한 비율로 포함하고 있다고 가정하는 것이다. 이후 물체 반사계수의 기대치가 영상 전체를 고려했을 때 1/2이 되는 것에 착안하여 조명의 색을 계산한다.

SH는 Retinex를 균일 조명 환경에 적합하게 변형한 기법이다. 로그 연산을 통해 반사계수 성분과 조명성분을 분리한 후, 정규화 연산을 통해 영상 전체에 동일하게 영향을 미치는 조명성분을 제거하여 물체의 원래색을 얻는다.

EBM은 GWA와는 달리 영상에 존재하는 반사계수들을 차이를 계산하면 그 평균이 gray가 된다고 가정하였다. 이를 이용하여 장면을 비추는 광원은 영상 내에 존재하는 반사계수들의 도함수를 이용하여 계산된다.

SG는 Finlayson et al이 장면의 조명을 추정하기 위하여 제안한 기법이다. Finlayson은 그의 연구에서 Minkowski Norm을 이용하여 여러 색 항등성 기법을 표현할 수 있다고 언급하였으며, 이를 바탕으로 GWA와 White Patch 기법을 절충한 SG를 제안하였다.

그림 2는 저조도 실험 영상을 대상으로 위에서 언



[그림 1] 색 항등성 기법 적용 후의 결과 영상 (a) 저조도 합성 영상 (b) Retinex 결과 영상 (c) GWA 결과 영상 (d) SH 결과 영상 (e) EBM 결과 영상 (f) SG 결과 영상

급한 색 항등성 기법들을 적용한 결과 영상들을 보여준다. 색 항등성 기법들은 각각 상이한 가정을 기반으로 동작하기 때문에 결과 영상들은 모두 다르지만 하나의 기법을 고려한다면 상이한 조명으로 인해 다른 색으로 표현된 저조도 실험 영상들은 유사한 결과 영상으로 생성된다. 이는 색 항등성 기법이 조명의 영향을 상쇄시킬 수 있음을 의미한다.

### 3. 성능 평가 기법

색 항등성 기법이 기반을 두고 있는 장면에 대한 가정들은 수치적으로 비교될 수 없는 요소이다. 따라서 색 항등성 기법의 결과 영상들을 이용하여 성능을 정량적으로 비교하기 위해서는 광원이나 조명 환경의 영향을 받지 않는 영상 즉, 참조광(reference light)하에서 획득된 GTD(Ground Truth Data)가 필요하다. 참조광은 모든 주파수에서의 진폭이 일정한 광원을 의미하기 때문에 참조광하에서 물체에 반사된 빛은 물체가 가지는 반사계수의 정보와 직결된다. 하지만 일반적인 영상 획득 장치를 이용하여 획득된 영상들은 항상 특정 광원이나 조명의 영향 하에 놓여있기 때문에 현실적으로 영상 획득 장치를 이용하여 GTD를 획득하는 것은 불가능하다.

이러한 이유로 인해 본 논문에서는 Barnard 데이터 셋 기반의 합성 영상을 사용한다. 합성 영상은 자연 영상과는 달리 원하는 장면과 광원을 선택해 생성할 수 있다는 장점을 가지며, 영상 합성 시 특정 광원의 분광 데이터를 사용하지 않으면 반사계수 정보만을 포함하는 GTD를 생성할 수 있다. GTD는 저조도 합성 영상을 대상으로 색 항등성 기법을 적용하여 생성된 결과 영상들이 얼마나 원래의 색에 근접했는지를 계산하기 위한 척도로 사용된다.

본 논문에서 각 기법에 따른 결과 영상과 GTD의 유사성은 식 2와 같이 계산된다.

$$S = \frac{1}{N} \sum_{x,y} |i(x,y) - o(x,y)| \quad (2)$$

$N$ 은 영상의 픽셀수를 의미하며,  $i(x,y)$ 와  $o(x,y)$ 는 각각 저조도 실험 영상과 색 항등성 기법을 적용한 후의 결과 영상을 의미한다.  $S$ 가 클수록 GTD와 결과 영상의 차이가 크다는 것을 의미하며 이는 색 항등성 기법이 사용하는 장면에 대한 가정이 저조도 환경에 적합하지 않다는 것을 의미한다. 반대

로  $S$ 가 작게 나타나면 해당 기법은 저조도 환경에 따른 영향을 효과적으로 감소시킬 수 있음을 의미한다. 실험 결과 균일 조명을 가정하는 VH, GWA가 타 기법보다 우수한 성능을 나타냈다. 이는 비균일 기법에서 사용하는 물체의 원래 색 추정기법이 균일한 저조도 조명환경에는 적합하지 않기 때문이다.

### 참고문헌

- [1] Barnard K., Martin L., Funt B., and Coath A., "A data set for color research." Color Research and Application, Vol. 27. No. 3, pp 148-152, 2002
- [2] 김달현, 이우람, 황동국, 전병민 "색 항등성을 위한 분광 데이터 기반의 저조도 영상 집합 생성", 한국산학기술학회논문지, 제12권, 제7호, pp. 3207-3213, 7월, 2011.
- [3] Land E. H., "An alternative technique for the computation of the designator in the retinex theory of color vision," Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol.83, pp.3078-3080, 1986
- [4] Buchsbaum G., "A spatial processor model for object colour perception," Journal of the Franklin Institute, Vol.310, pp.337-350, 1980.
- [5] Berthold Klaus Paul Horn, Robot Vision, The MIT press, 1986.
- [6] J. van de Weijer, Th. Gevers and A. Gijsenij "Edge-Based Color Constancy," IEEE Trans. Image Processing (TIP), Vol. 16, pp. 2207-2214, 2007
- [7] G. D. Finlayson and E. Trezzi, "Shades of grey and colour constancy," Twelfth Color Imaging Conference: Color Science and Engineering Systems, Technologies, and Applications, pp. 37-41, 2004