

색상 히스토그램 보정을 이용한 무채색 영역 추출을 통한 광원 추정 기법

전성익, 유준상, 김종옥

고려대학교 전기전자공학과

e-mail : seguitar0@korea.ac.kr, look2017@korea.ac.kr, jokim@korea.ac.kr

Illuminant Estimation Using Achromatic Point From Color Histogram Equalization

Seong-Ik Jeon, Jun-Sang Yoo, Jong-Ok Kim
Dept. of Electrical Engineering, Korea University

요약

Color constancy는 다양한 광원 아래에서 사물의 색을 인지하는 능력이다. 사람의 눈은 절대적인 색상을 인지하는 것이 아니라 주변 환경과의 상대적인 색상을 인지하지만[1], 기계는 절대적인 색상 값으로 받아들이므로 기계가 광원의 영향을 받은 사물의 색상을 정확히 알기 위해서는 기계가 받아들이는 색상 값에서 광원의 영향을 제거해 주는 과정이 필요하다. 이를 카메라에서는 화이트 밸런싱 또는 칼라 밸런싱이라 부르기도 하며 이러한 과정을 위해서 다양한 기법들이 존재하는데, 영상 전체의 각 색상 채널의 평균값은 무채색이라는 Grey world 기법[2]부터, 영상에서 가장 높은 색상 값을 갖는 곳이 광원을 가장 잘 표현한다고 가정하는 White patch(Max RGB)기법[1], 색상 히스토그램 보정을 통한 화이트 밸런싱[3], 최근에는 무채색 지점에서의 각 색상 채널의 변화량이 모두 같다는 가정을 통해 무채색 지점을 찾는 Grey pixel[4] 등 많은 기법이 연구되었다. 본 연구에서는 칼라 히스토그램 보정으로 칼라 대비 개선 효과를 통해 각 색상 채널의 비율이 비슷한 곳을 무채색 지점으로 표본을 수집하여 해당 표본으로부터 칼라 벡터로서 PCA를 통한 대표 값을 추출하여 광원을 예측하는 기법을 소개한다.

1. 서론

Lambertian reflectance를 만족하는 표면이란, 관찰자가 바라보는 각도와 관계없이 같은 겉보기 밝기를 갖는 표면을 말한다. 따라서 어떤 사물의 표면을 Lambertian reflectance를 만족하는 표면이라고 가정했을 때, 단일 광원 하에서 영상의 Intensity value f 는 카메라의 민감도 함수와 광원의 영향으로 이루어지는 ϵ 와 표면 반사율 s 의 곱으로 표현할 수 있으며 Color constancy의 목적은 광원을 예측하여 사물의 고유색인 표면 반사율을 재현해내는 데에 있다.

$$f = \int_{\omega} es(\lambda)d\lambda \quad (1)$$

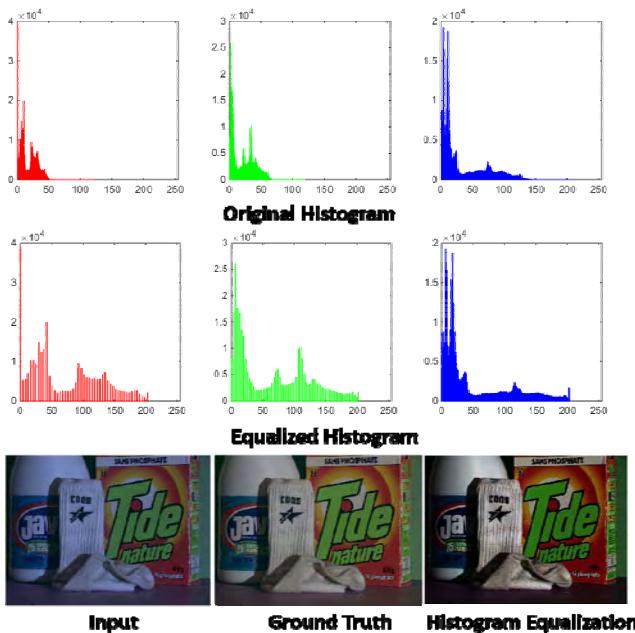
영상에서 무채색 지점을 찾는 것은 광원을 예측하는 데 있어서 아주 큰 의미가 있다. 일반적으로 흰색으로 대표되는 무채색 지점은 광원의 영향을 받아 영상에서 다른 어떤 지점의 색 보다 광원의 색상을 직접적으로 표현하는 지점이다. 따라서, 영상에서 무채색 지점을 알 수 있다면 광원을 추정할 수 있으며 White patch(Max-RGB), Grey-pixel 등 기존 기법들이 광원을 잘 표현하는 무채색 지점을 찾는 기법으로 생각

할 수 있다.

입력 영상을 R, G, B 각 채널 별로 히스토그램을 나타내면 각 채널의 최대값과 최소값의 범위가 나타나게 된다. 이때 색상 채널이 광원과 같은 외부의 영향을 받아 히스토그램이 균일하지 않다면, 해당 채널을 보정함으로써 색상 채널의 대비를 개선하는 효과를 보게 된다. 한편으로 White patch(Max-RGB) 기법은 영상에서 가장 높은 색상 값을 갖는 곳이 광원을 가장 잘 표현한다는 기법인데, 색상 히스토그램 보정을 통해 각 색상 채널의 최대값이 모두 같아지게 되면 그 지점은 무채색이 될 것이며 White patch 기법과 유사한 효과를 볼 것이다. 하지만, 색상 히스토그램 보정은 광원을 추정하는 것이 아니기 때문에 광원의 정보를 얻을 수 없는 단점이 있다. 따라서, 색상 히스토그램 보정으로 색상 대비 개선 효과를 이용하여 무채색 지점의 표본 수집을 통해 기존 방법과는 달리 광원을 추정할 수 있는 새로운 기법을 제안한다.

2. 제안하는 알고리즘

색상 히스토그램 보정을 수행하면 색상 대비가 개선되는 효과가 있기 때문에, 화이트 밸런싱을 수행하는 효과가 있으며, 이는 Adobe 사의 Photoshop에서도



(그림 1) 색상 히스토그램 보정

'Auto level'이라는 명칭으로 사용되는 일반적으로 널리 알려진 기법 중 하나이다. 그렇다면, 이때 색상 히스토그램으로 보정된 영상에서 R, G, B 채널의 비율이 일정 임계 값 이하로 유사한 부분은 무채색이라고 가정할 수 있을 것이다. 따라서, 이러한 무채색으로 추정되는 지점을 표본으로 수집하여 표본으로부터 광원을 예측할 것이다.

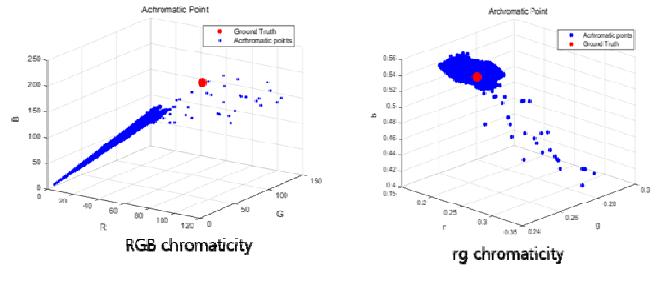
우선, 색상 채널의 최대값을 기준으로 히스토그램 보정을 실행한다.[3]

$$I_{Out} = \frac{(I_{In} - H_{C-min})}{(H_{C-max} - H_{C-min})} \times H_{T-max} \quad (2)$$

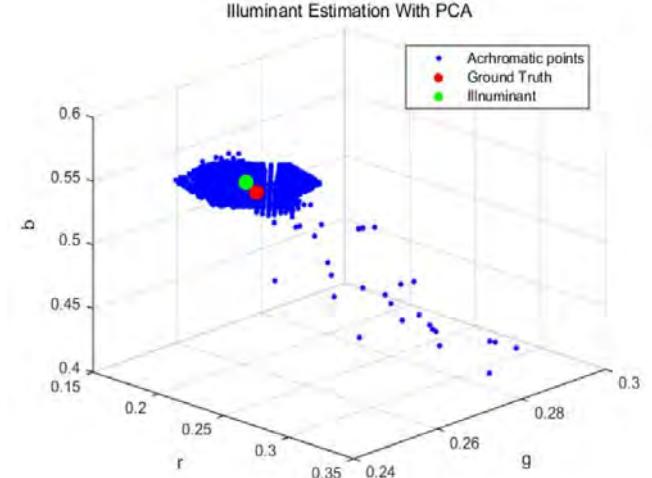
H_{C-max} , H_{C-min} 는 색상 히스토그램 채널의 max, min 값을 나타내며 H_{T-max} 는 색상 히스토그램 전체 채널의 max 값을 나타낸다. 즉, 가장 큰 범위를 갖는 채널을 기준으로 색상 히스토그램 보정을 수행하는 것이다. (그림 1) 에서와 같이 색상 히스토그램 보정을 수행한 후의 이미지를 보면 색의 대비가 증가하였고, 어느 정도 화이트 밸런싱이 수행된 효과가 있음을 알 수 있다. 다음으로는 무채색 지점의 표본을 수집하기 위하여 다음과 같은 조건을 사용한다.

$$H_C D_F - |H_C - I_\sigma| \geq \theta \quad (3)$$

D_F 는 색상 채널에 대한 편향 인자 값으로 R, G, B 각 채널에 대하여 보정된 색상 히스토그램과 편향 인자 값을 곱한 값이 입력 픽셀의 평균값 I_σ 과의 차이보다 크거나 같다면 해당 입력 픽셀을 무채색 지점의 표본으로 수집하는 것이다. 즉, 입력 픽셀의 색상 채널의 편차가 일정한 값보다 작은 곳을 선택



(그림 2) 색도 좌표상의 무채색 지점의 표본



(그림 3) PCA를 이용하여 표본으로부터 추정한 광원

하는 것이다. (그림 2) 에서는 무채색 지점을 추출한 후에 RGB 색도 좌표와 rg 색도 좌표에 점들을 표시한 것이다. 빨간 점은 영상의 Ground Truth 광원에 해당하는 부분이다. 추출한 무채색 표본으로부터 색도 좌표 상의 색상 벡터로서 주성분 분석 (PCA)을 통해 대표 색상 벡터를 계산하여 광원을 추정한다.

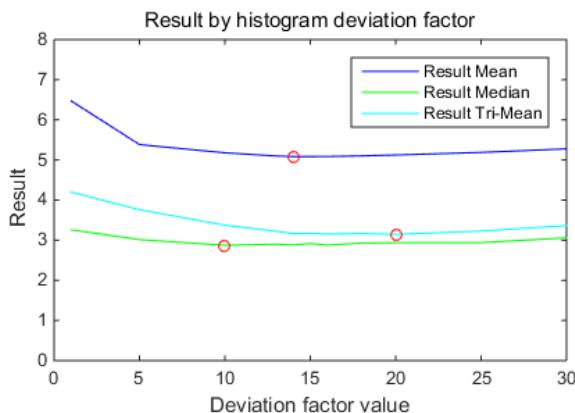
추정된 대표 지점은 해당 영상의 광원을 가장 잘 표현하는 무채색 지점으로써 Von Kries chromatic adaptation 모델[5]을 이용하여 입력 영상으로부터 화이트 밸런싱을 통한 사물의 반사율을 효과적으로 재현해 낼 수 있다.

3. 실험결과

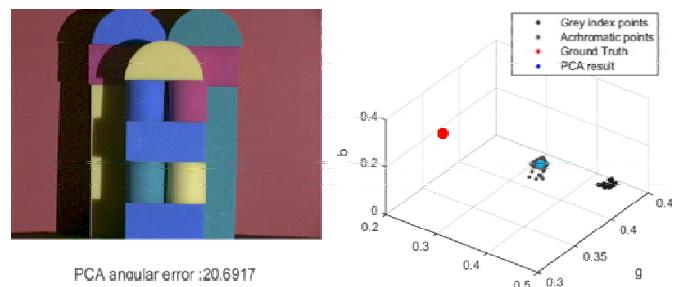
실험에 사용된 data set은 SFU Laboratory image set[8]으로 <http://colorconstancy.com>[6]에서 참조하였다. 비교를 위한 다른 알고리즘 역시 동일한 곳에서 참조하였다.

일반적으로 Color Constancy 알고리즘의 평가를 위해 많이 사용되는 방법은 Angular Error[7]를 이용하는 것으로, 제공되는 Ground Truth 광원의 값과 알고리즘으로 추정한 광원의 값을 계산하여 값으로 표현한다.

$$d_{angle}(\mathbf{e}_e, \mathbf{e}_u) = \cos^{-1} \left(\frac{\mathbf{e}_e \cdot \mathbf{e}_u}{\|\mathbf{e}_e\| \cdot \|\mathbf{e}_u\|} \right) \quad (4)$$



(그림 4) 색상 편향 값에 따른 실험 결과값



(그림 5) 무채색 지점이 없는 이미지의 결과

	Mean	Median	Tri-Mean	Min	Max
Grey world	9.8	7.0	7.6	0.0	37.3
Max-RGB	9.1	6.5	7.5	0.2	36.2
Shade of grey	6.4	3.7	4.6	0.1	29.6
General Grey world	5.4	3.3	3.8	0.1	28.9
Grey-Edge (1 st)	5.6	3.2	3.8	0.2	31.6
Grey-Edge (2 nd)	5.2	2.7	3.3	0.1	26.7
Grey pixel N=0.01%	6.3	2.3	3.0	0.0	41.7
Proposed	5.1	2.9	3.2	0.0	25.0

<표 1> SFU Laboratory image set 을 이용한 알고리즘 성능 비교 실험 결과

본 실험에서 색상 히스토그램을 보정할 시의 saturation 값과 색상 채널 편향 인자 값은 실험을 통하여 적절한 값을 확인하였는데, 히스토그램 보정 시의 saturation 값은 1%로 설정하였으며[3], 색상 채널 편향 인자 값은 (그림 4)와 같이 실험 결과가 가장 최적의 값이 나오는 0.14를 사용하였다.

<표 1>과 같이 실험 결과는 제안하는 알고리즘이 평균적으로 가장 성능이 좋은 것을 볼 수 있다. 주요한 원인으로는 Angular Error의 max 값이 실험 결과에서 가장 낮은 것을 알 수 있는데, 이것은 무채색 지점의 표본을 주성분 분석(PCA)으로 대표 값을 선정하는 제안기법이 다른 알고리즘보다 확률적으로 오류가 적기 때문일 것이다.

무채색 지점을 추정하여 광원을 예측하는 다른 알고리즘과 마찬가지로 제안하는 알고리즘도 (그림 5)와 같이 영상 내에서 무채색 지점이 존재하지 않거나, 비정상적인 표면 반사 등으로 추정한 무채색 지점이 광원의 색상을 잘 표현하지 못하고 있는 영상에서는 좋은 성능을 보여주지 못했다.

4. 결론

색상 히스토그램 보정을 수행함으로써 색상 대비를 개선하여 각 색상 채널의 색상 비율이 임계 값 이하

로 유사한 부분을 무채색 지점으로 추정하여 표본을 추출하고, 주성분 분석(PCA)을 통해 영상의 광원을 추정하는 알고리즘을 제안하였으며, 실험을 통하여 그 결과가 과거의 알고리즘들과 비교하여 매우 뛰어난 것을 실험적으로 확인하였다. 현재는 단순히 각 색상 채널의 비율이 임계 값 이하로 유사한 부분을 무채색 지점으로 추정하는데, 향후에는 어떤 제약 조건을 통하여 좀 더 무채색에 가까운 지점을 표본으로 추출하는 방법이 필요할 것이다. 또한, 주성분 분석(PCA)과 더불어 무채색으로 추출된 표본들에서 영상의 실제 광원과 더 유사한 대표 표본을 찾을 수 있는 방법을 연구해야 할 것이다.

알리는 글

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 대학 ICT 연구센터육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2015-H8501-16-1017).

참고문헌

- [1] E. Land and J. McCann, "Lightness and retinex theory," *J. Opt. Soc. Amer. A*, vol. 61, no. 1, pp. 1–11, Jan. 1971.
- [2] G. Buchsbaum, "A spatial processor model for object colour perception," *Journal of the Franklin Institute*, vol. 310, no. 1, pp. 1–26, July 1980.
- [3] S. Wang, Y. Zhang, P. Deng, and F. Zhou, "Fast automatic white balancing method by color histogram stretching," *2011 4th International Congress on Image and Signal Processing*, pp. 979–983, 15–17 Oct. 2011.
- [4] Yang, K., Gao, S., Li, C., Li, Y.: Efficient illuminant estimation for color constancy using grey pixels. In: 2015 IEEE Conference on CVPR, pp. 1–10 (2015).
- [5] J. von Kries, "Influence of adaptation on the effects produced by luminous stimuli," in *Sources of Color Vision*, D. MacAdam, Ed. MIT Press, 1970, pp.109–119.
- [6] A. Gijsenij, T. Gevers, and J. Van De Weijer. Computational color constancy: Survey and experiments. *Image Processing, IEEE Transactions on*, 20(9):2475–2489, 2011.
- [7] Arjan Gijsenij, Theo Gevers, and Marcel P Lucassen. Perceptual analysis of distance measures for color constancy algorithms. *Journal of the Optical Society of America A*, 26(10):2243–2256, 2009.
- [8] K. Barnard, L. Martin, B. Funt, and A. Coath. A data set for color research. *Color Research & Application*, 27(3):147–151, 2002.