

저조도 영상의 개선을 위한 톤 매핑 및 색 항등성 기법에 관한 연구

이우람, 전병민
충북대학교

ninayosi@nate.com, bmjun@cbnu.ac.kr

A Study of Tone Mapping and Color Constancy Methods for Enhancing Low Light Level Images

Woo-Ram Lee, Byoung-Min Jun
Chungbuk National University

요 약

광원 및 조명이 미약한 환경에서 획득된 저조도 영상은 인지적 및 색 왜곡적 측면에서 취약점을 가진다. 영상의 색 복원을 위한 연구인 색 항등성 기법은 저조도 환경에 적합하지 않기 때문에 저조도 영상을 대상으로 적용할 경우에는 좋은 성능을 내지 못한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 저조도 영상의 색 복원을 위한 톤 매핑 및 색 항등성 기법에 대해 분석한다. 톤 매핑 기법은 저조도 영상의 밝기를 개선해 색 항등성 기법의 적용을 가능하도록 하기 위해 사용되며, 이후 다양한 색 항등성 기법을 밝기 조절된 저조도 영상에 적용해 색 복원에 적합 여부를 판단한다.

1. 서론

저조도 영상(low light level image)은 광원(light source) 및 조명(illumination)의 영향이 미약한 환경에서 획득된 영상이다. 저조도 영상은 다른 영상과는 달리 광원의 영향을 직접적으로 받은 하이라이트 영역과 영상의 대부분을 차지하고 있는 어두운 영역으로 구성되는 특징을 가진다. 저조도 영상을 영상처리 및 비전 시스템에서 활용할 시 발생할 수 있는 문제점 중 하나는 색의 왜곡(distortion)이다. 이론적으로 영상 형성식(image formation)식의 관점에서 보면 영상 획득 장치를 이용하여 획득된 영상에 기록된 물체의 색은 광원의 영향을 받아 원래의 특성을 상실하게 된다. 그 중에서도 저조도 영상은 미약한 조명 환경의 영향으로 대부분의 픽셀이 어둡게 나타나고 이로 인해 물체를 구별할 수 없을 뿐 아니라 색 정보 역시 많은 왜곡이 발생한다. 영상을 입력으로 하는 다양한 검출 및 인식 시스템에서 이러한 저조도 영상의 문제점은 시스템의 성능 저하를 발생시키는 원인이 되며, 해결해야만 하는 중요한 과제이다.

색 항등성(color constancy)기법은 색 복원 분야에서 저조도 영상의 문제점을 해결할 수 있는 해법 중 하나이다. 컴퓨터 비전 분야에서 색 항등성 기법은 임의의 영상을 대상으로 광원의 색을 찾고 이를 통해 물체의 변하지 않는 특성인 반사계수(reflectance)를 찾는 것을 목적으로 한다. 이론적으로 임의의 영상을 대상으로 물체나 광원의 색을 계산하는 것은 불충분조건(under constraint condition)에 해당하기 때문에 색 항등성 기법은 영상 획득 시의 장면에 대한 고유한 가정을 수반한다. 색 항등성 기법의 성능은 해당 기법의 가정과 영상의 특성이 일치하는 정도에 따라 결정된다. 하지만 저조도 영상은 색 왜곡이 크게 발생하기 때문에 색

항등성 기법을 적용하더라도 만족할만한 성능을 기대하기 어렵다.

본 논문에서는 저조도 영상의 밝기 개선을 통해 색 항등성 기법의 성능을 높이는 방법을 고려한다. 이를 위해 여러 톤 매핑 기법들과 잘 알려진 다양한 색 항등성 기법들을 분석하고 이들을 조합하여 저조도 영상의 색 복원에 적합한 기법을 찾는다.

2. 영상에 개선을 위한 색 복원 기법 분석

본 논문에서는 저조도 영상의 밝기 개선을 위한 톤 매핑 방법으로 히스토그램 평활화(HE, Histogram Equalization)와 감마 보정(GC, Gamma Correction) 기법을 고려하였다. HE는 평활화 범위와 횡수에 따른 다양한 버전이 존재한다. 하지만 저조도 영상은 픽셀이 특정한 밝기 범위에 모여있는 저 대비 영상이 아니라 밝기 범위 전체에 픽셀이 존재하기 때문에 밝기 범위나 영역을 분할하여 평활화 연산을 적용하는 기법들 보다 기본적인 HE 기법을 사용하였다. GC은 CRT나 프린터에 적용되는 색 보정 기술이지만 함수의 특성상 어두운 영역의 밝기를 개선시킬 수 있다.

본 논문에서 색 복원을 위해 고려한 색 항등성 기법들은 Gray World(GW) [1], White Patch(WP) [2], Shades of Gray(SG) [3], Gray Edge(GE) [4] 그리고 MSRCR [5]이다. 이들은 대표적인 색 항등성 기법들로 많은 관련 연구 및 응용 시스템에서 사용된다. GW, WP, SG 그리고 GE는 식 1에서 정의된 Minkowski Framework(MF)로 표현 가능함이 Finlayson et al.에 의해 증명되었다 [4].

$$\left(\int \left| \frac{\partial^n f^\sigma(x)}{\partial x^n} \right|^p \right)^{\frac{1}{p}} = k e^{n \cdot p \cdot \sigma} \quad (1)$$

n, p, σ는 MF의 동작을 결정하는 인자들이다. N은 영상의 구조를 결정하는 인자이며 이에 따라 GW나 WP에 가까운 연산이 수행된다. p는 가중치를 결정하며, σ는 영상과 컨벌루션되는 가우시안 함수에 관한 인자이다. 이들 세 변수의 조합에 따라 다양한 색 항등성 기법의 동작을 정의할 수 있다. MSRCR은 색 항등성 연구의 선구자인 Edwin D. Land의 Retinex 기법의 최신 연구 중 하나이며, 인간의 눈에 가까운 색을 추정할 수 있는 특징을 가진다.

실험을 위해 본 논문에서는 색 항등성 연구를 위해 제안된 Barnard 데이터 셋 내의 스펙트럼들을 이용하여 합성된 저조도 영상을 이용하였다. 합성된 저조도 영상 중 하나가 그림 1의 상단 첫 번째 이미지에 나타난다. 영상은 다양한 색을 가지는 패치들로 구성되었지만 저조도 광원의 영향으로 인해 색 왜곡의 영향이 크게 나타난다.

그림 1의 첫 번째 행에는 톤 매핑 기법을 생략하고 색 항등성 기법들을 적용해 얻은 결과 영상들이다. MSRCR 기법을 제외한 다른 기법을 적용한 결과 영상들에서는 효과적인 색 복원이 이루어지지 않음을 확인 할 수 있다. 이는 각 기법이 가정하는 장면에 대한 조건을 실험 영상이 만족하지 못했기 때문이다. 두 번째 행에는 저조도 영상을 대상으로 HE를 수행한 결과 영상과 이 영상에 색 항등성 기법들을 적용한 결과 영상이 나타난다. 하지만 HE를 밝기 채널에 적용한 결과 영상은 색도 정보의 손상이 발생되어 낮은 대비를 갖는다. 또한 이후에 색 항등성 기법을 적용하더라도 색 복원이 어려운 문제점이 발생하였다. 마지막으로, 그림 1의 세 번째 행에는 GC 기법을 적용한 결과 영상과 이를 이용하여 생성된 색 항등성 기법의 결과 영상이 도시된다. GC은 HE 기법에 비해 밝기나 대비 측면에서 더 나은 결과 영상을 생성하였기 때문에 이후에 적용된 색 항등성 기법을 통해 좀더 나은 색 복원 결과를 보였다.

3. 결론 및 향후 연구

본 논문은 저조도 영상의 색 복원을 위해 톤 매핑 및 색 항등성 기법들을 분석하고 저조도 합성 영상을 이용하여 복원 실험을 수행하였다. 실험 결과 직접적으로 저조도 영상에 색 항등성 기법을 적용하는 것 보다 GC에 기반한 톤 매핑을 전처리 과정으로 사용할 경우 결과 영상의 밝기 및 대비 측면에서 좋은 결과를 나타냈다. 하지만 MSRCR을 색 복원 기법으로 사용할 경우 결과 영상의 경계 부분에서의 색 번짐 현상이 발생한다. 이는 center-surround 방식의 retinex 특성 때문이며 이를 해결하기 위한 대한 향후 연구가 필수적이다. 또한 저조도 영상의 국부적인 특성을 반영해 영상의 밝기를 효율적으로 조절할 수 있는 적응적인 톤 매핑 기법에 대한 연구 또한 필요하다.

4. 참고 문헌

- [1] Buchsbaum G., "A spatial processor model for object colour perception," Journal of the Franklin Institute, Vol. 310, pp 337-350, 1980.
- [2] M. Ebner, Editor, Color Constancy, Wiley (2007)
- [3] Finlayson, G. D. and Trezzi, E., "Shades of Gray and Colour Constancy," Twelfth Color Imaging Conference: Color Science and Engineering Systems, Technologies, and Applications, pp. 37-41, 2004.
- [4] Joost van de Weijer, Theo Gevers, and Arjan Gijsenij, "Edge-based color constancy," IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 16, Num. 9, pp. 2207-2214, 2007.
- [5] Jobson, D. J., Rahman, Z., and Woodell, G. A., "A multiscale retinex for bridging the gap between color images and the human observation of scenes," IEEE Trans. Image Processing, Vol. 6, pp. 965-976, 1997

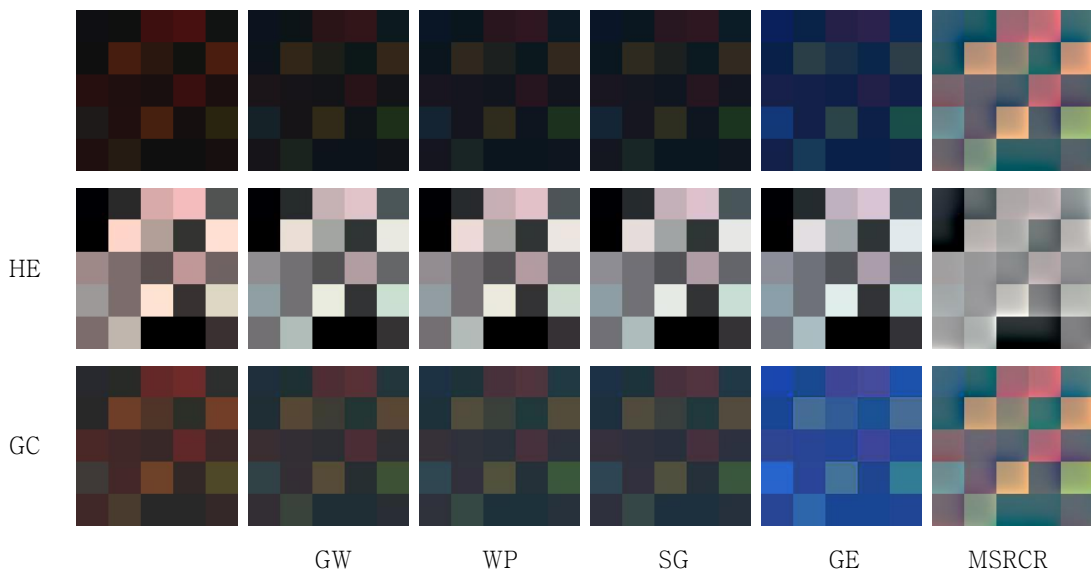


그림 1. 톤 매핑과 색 항등성 기법 적용 후의 결과 영상