

멀티스펙트럴 재조명을 이용한 조명 밝기 보정

심규동, 박종일¹
 한양대학교 컴퓨터소프트웨어학과
 kdsim@mr.hanyang.ac.kr, jipark@hanyang.ac.kr

Illuminant Brightness Correction using Multispectral relighting

Kyudong Sim, Jong-II Park
 Department of Computer and Software, Hanyang University

요 약

조명이 객체에 균일하지 않은 세기의 빛을 제공하는 문제는 조명의 하드웨어 설계에서 해결해야 할 문제 중 하나였다. 본 논문에서는 객체가 받는 특정 조명의 세기가 균일하지 않은 영상을 균일한 밝기의 영상으로 보정하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 밝기가 균일하지 않은 특정 조명에서 획득한 영상과 밝기가 균일한 일반 조명에서 획득한 영상을 이용한다. 우선 균일하지 않은 특정 조명에서 컬러필터나 다른 광원을 이용해서 특정 조명의 밝기를 기준으로 객체의 반사 스펙트럼을 복원한다. 복원한 반사 스펙트럼을 균일한 조명의 스펙트럼 특성으로 스펙트럴 재조명을 하여 두 영상간 밝기의 차이를 비교한다. 이 비교를 통해 특정 조명에서 획득한 영상의 밝기를 보정하고 보정 결과 비교를 통해 보정이 잘 되었음을 확인할 수 있다. 이 결과를 통해 특정 조명의 하드웨어 설계의 어려움을 줄일 수 있을 것으로 기대 된다.

1. 서론

카메라를 이용한 디지털 영상 획득의 빈도는 점차 많아지고 디지털 영상 콘텐츠의 제작도 더불어 많아지고 있다. 이러한 영상 정보를 획득하는데 조명의 밝기나 방향, 균일한 빛의 세기는 중요한 요소 중 하나이다. 특정 조명을 사용해서 객체의 영상을 획득할 때 객체가 받는 조명의 세기가 균일해야 할 필요가 있다. 이 경우 하드웨어적으로 객체에 전부 고르게 빛이 도달하도록 설계를 하거나 흰색 판을 이용하여 빛의 세기 분포를 확인하고 보정을 하게 된다.

본 논문에서는 흰색 판을 따로 사용하지 않고 조명의 세기가 균일하지 않은 특정 조명에서 획득한 영상을 조명의 세기가 균일한 영상으로 보정하는 방법을 제안한다. 이 과정에서 조명의 세기가 균일한 일반 조명으로 획득한 영상과 균일하지 않은 조명을 사용한 영상의 색상을 비교하기 위한 반사 스펙트럼 복원과 스펙트럼 단위 재조명인 스펙트럴 재조명 방법이 사용된다. 반사 스펙트럼은 물질이 빛을 반사하는 물리적 특성으로 조명과 카메라의 특성에 상관없이 색을 결정하는 고유한 물질의 특성이다. 반사 스펙트럼의 복원은 두 LED 조명세트를 이용한 방법과 다수의 카메라를 사용하는 방법 등이 있다[1, 2, 3].

본 논문에서는 LED 를 이용한 반사 스펙트럼 복원 방법으로 균일하지 않은 조명에서 획득한 영상의 스펙트럼을 복원하고, 복원한 스펙트럼을 균일한 조명과 같은 조건으로 재조명 한다. 재조명된 영상과 조명의 세기가 균일한 영상을 비교해서 세기가 균일하지 않은 영상을 균일한 영상으로

보정한다. 이 과정은 그림 1 의 흐름도에서 확인할 수 있다.

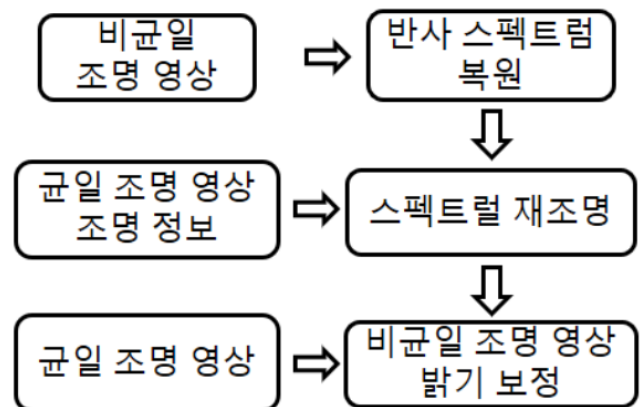


그림 1. 제안하는 밝기 보정 시스템의 흐름도

2. 반사 스펙트럼 복원

반사 스펙트럼을 복원하는 방법 중 2 종류의 LED 를 이용한 방법은 스펙트럼 복원 정확도가 좋고 복잡한 장비 세팅이 필요하지 않아 비교적 활용하기 쉬운 반사 스펙트럼 복원 방법이다[1]. 반사 스펙트럼을 복원하기 위해 식 1 과 같은 선형 디지털 카메라 모델을 사용한다.

¹ 교신저자

$$I = \int s(\lambda)c(\lambda)p(\lambda)d\lambda \quad (1)$$

여기서 식 1 의 $p(\lambda)$ 는 조명의 파워 스펙트럼, $c(\lambda)$ 는 카메라의 응답특성, $s(\lambda)$ 는 물체의 반사 스펙트럼, λ 는 파장이다. 여기서 물체의 반사 스펙트럼은 식 2 와 같이 Parkinnen 기저함수 k 개를 이용하여 더 적은 수의 변수로 나타낼 수 있다[4].

$$s(\lambda) = \sum_{k=1}^{K_s} \sigma_k b_k(\lambda) \quad (2)$$

여기서 σ_k 는 기저함수의 계수이고 $b_k(\lambda)$ 는 기저함수이다. 식 1 과 2 를 식 3 과 같이 나타낼 수 있다.

$$I = \sum_{k=1}^{K_s} \sigma_k \int b_k(\lambda)c(\lambda)p(\lambda)d\lambda \quad (3)$$

$$I = \sigma F$$

식 3 의 F 의 역함수가 존재하고 식 2 를 이용하면 식 3 으로부터 반사 스펙트럼을 구하는 식 4 를 얻을 수 있다.

$$BF^{-1}I = B\sigma = R \quad (4)$$

식 4 와 컬러 체커와 같이 반사 스펙트럼이 알려진 도구를 이용하여 행렬 F^{-1} 를 획득하고 획득한 F^{-1} 를 이용해 영상 내 전 영역의 스펙트럼을 획득할 수 있다.

3. 영상 재조명과 영상 밝기 보정

획득한 반사 스펙트럼은 객체가 받은 조명과 카메라의 스펙트럼 특성에 상관없이만 스펙트럼을 복원하는 과정에서 조명의 세기에 영향을 받아서 복원이 된다. 복원된 스펙트럼은 컬러 체커를 기준으로 조명이 더 어두운 영역에서는 스펙트럼 값이 낮게, 조명이 더 밝은 영역에서는 높게 얻어진다. 이렇게 복원된 반사 스펙트럼에 식 1 을 이용하여 임의의 조명과 카메라 특성으로 스펙트럼 재조명을 하게 되면 RGB 색상을 획득하게 되는데 RGB 색상의 크기는 낮아지고 높아진 스펙트럼의 세기와 연관이 있다.

이 때, 같은 객체에 조명의 세기가 고르게 분사된 영상이 있을 경우 재조명된 영상과 비교를 해서 조명의 세기 분포가 실제로 어떻게 되는지 확인하고 보정할 수 있다. 재조명된 영상과 균일한 조명에서 획득한 영상의 RGB 평균의 비율을 식 5 와 같이 구할 수 있다.

$$R(x,y) = I_{rec}(x,y)/I_{plat}(x,y) \quad (5)$$

여기서 $R(x,y)$ 는 세기 보정 비율이고 $I_{rec}(x,y)$ 는 복원된 영상의 RGB 평균이고 I_{plat} 은 균일한 조명에서 획득한 영상의 RGB 평균, x, y 는 픽셀 좌표이다. 보정 비율을 이용해 조명이 균일하지 않은 영상을 균일한 영상으로 보정할 수 있다.

4. 실험

실험에는 그림 2, 그림 3 과 같이 조명의 밝기가 균일하지 않고 밝은 영역이 한 방향으로 치우친 영상과 조명의 밝기가 균일한 다른 조명으로 획득한 영상을 사용했다. 같은 조명 조건에서 컬러 체커를 좌측과 우측에 배치하여 위치에 따라 밝기 변화를 확인할 수 있도록 했다.



그림 2. 균일하지 않은 조명에서 획득한 영상과 양 방향에 배치된 컬러 체커



그림 3. 균일한 조명에서 획득한 영상

조명의 밝기가 균일하지 않은 영상을 이용하여 반사 스펙트럼을 획득하고, 획득한 반사 스펙트럼을 조명이 균일한 영상의 조명과 같게 재조명을 해서 그림 4 와 같은 영상을 획득할 수 있다. 재조명된 영상과 조명이 균일한 영상과 비교하여 보정 비율 행렬을 획득한다. 획득한 보정 비율 행렬을 이용해 밝기 보정을 해서 그림 5 와 같은 영상을 획득할 수 있다.



그림 4. 복원한 스펙트럼을 이용해 균일한 조명 특성으로 재조명한 영상



그림 5. 밝기 보정이 된 영상

표 1 은 밝기 보정이 되기 전 좌우 컬러 체커의 24 개 색의 평균 RGB 오차와 밝기 보정이 된 후의 평균 RGB 오차를 나타낸다. 이 결과를 통해 밝기 보정이 제대로 수행되었음을 확인할 수 있다.

표 1. 보정 전후 양 방향 컬러 체커의 RGB 색상 오차

	Blue	Green	Red
보정 전	23.39814	40.12501	66.00003
보정 후	4.98149	2.86574	11.73617

5. 결론

본 논문에서는 조명의 밝기가 고르지않은 환경에서 획득한 영상을 이용하여 반사 스펙트럼을 복원하고 복원된 반사 스펙트럼의 스펙트럴 재조명과 조명의 밝기가 일정한 영상을 이용해 조명의 밝기가 고르지 않은 영상의 밝기를 고르게 보정했다. 보정 결과의 비교를 통해 조명의 밝기가 고르게 되었음을 확인할 수 있었고, 이를 통해 일반적이지 않은 조명을 사용할 때 하드웨어 설계의 어려움을 줄일 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2016 년도

문화기술 연구개발 지원사업으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] Park, Jong-Il, et al. "Multispectral imaging using multiplexed illumination." Computer Vision, 2007. ICCV 2007. IEEE 11th International Conference on. IEEE, 2007.
- [2] Wug Oh, Seoung, et al. "Do It Yourself Hyperspectral Imaging with Everyday Digital Cameras." Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2016.
- [3] Jiang, Jun, and Jinwei Gu. "Recovering spectral reflectance under commonly available lighting conditions." Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 2012 IEEE Computer Society Conference on. IEEE, 2012.
- [4] Parkkinen, Jussi PS, J. Hallikainen, and T. Jaaskelainen. "Characteristic spectra of Munsell colors." JOSA A 6.2 (1989): 318-322.