

Color Line Projection

박정욱^o 유재덕 이관형

광주과학기술원

{vzo^o, uranus}@gist.ac.kr, lee@kyebek.gist.ac.kr

Color Line Projection

Joung Wook Park^o, Jae Doug Yoo, Kwan Heng Lee

Dept. of Mechatronics, GIST

요 약

본 논문에서는 반짝이는 물체를 촬영하여 획득된 이미지로부터 반짝이는 특성을 제거하기 위한 방법으로 color line projection을 제안한다. Color line projection이란 반짝이는 물체에 대한 color line이 생성되어 있다고 가정하면 하이라이트를 제거하거나 반짝이는 특성을 제거하기 위해 반짝이는 성분을 지닌 색을 specular color line을 따라 diffuse color line에 투영하는 방법이다. 이를 활용하기 위해서는 촬영된 단일 색상을 잘 표현하는 color line이 필요하고 반짝이는 특성을 제거하려는 대상이 되는 색의 구분하는 작업이 선행되어야 한다. 본 논문에서는 color line projection에 대한 개념과 구현하기 위한 방법을 제안하고 이를 활용하는 예제로 반짝이는 성분을 지닌 픽셀들로부터 반짝이는 특성을 제거하는 방법에 적용하는 방법을 제시할 것이다. 또한 결과에서 color line projection이 아닌 다른 방법을 통해 반짝이는 특성을 제거한 결과와 비교함으로써 color line projection의 장점을 실제 이미지를 통해 검증할 것이다.

1. 서 론

모든 물체는 반짝이는 특성을 포함하고 있다. 단지, 이러한 특성이 발현되는 크기가 다르기 때문에 실제 이미지에서 색상의 왜곡 정도가 다르게 나타난다. 반짝이는 특성에 의해 가장 많이 발생하는 색상 왜곡은 하이라이트의 발생이다. 하이라이트는 광원이 표면 반사효과가 강한 물체의 표면에서 정반사되어 카메라에 영상이 맺히면서 발생한다. 하이라이트가 발생한 부분은 정반사 특성이 강하기 때문에 물체 자체 색상 정보가 사라지고 광원의 색상이 이미지에 생성될 뿐만 아니라 하이라이트 주변 영역의 색상은 반짝이는 특성을 많이 포함하고 있기 때문에 색상 왜곡이 수반된다. 이러한 특성을 제거하기 위해 반짝이는 성분의 투영 방향을 유추하여 반짝이는 특성을 제거하는 방법이 제안되었다.[2] 그러나 이러한 투영 방향의 예측은 이미지 한 장에서 수행하기 어렵고 이미지 한 장에서 수행하기 위해서는 학습이 선행되어야 한다.

본 연구에서 이러한 복잡한 과정을 수행하지 않고 color line이 존재하는 경우에 대해 color line projection을 수행함으로써 간단히 처리하는 방법을 제안할 것이다. 1장의 서론을 비롯하여 2장에서 기본 개념을 설명하고 3장에서 제안된 방법을 설명하고 4장에서 제안된 방법을 검증하기 위해 반짝이는 특성제거에 적용하는 예시를 보일 것이다. 5장에서 실험 결과를 제시하고 6장에서 결론을 내릴 것이다.

2. 기본 개념

Dichromatic reflection model[3]은 반짝이는 물체의 색을 표현하는 색상 모델 중 하나다. Dichromatic reflection model에서는 물체의 색은 표면에서 반사되는 특성을 표현하는 색 벡터와 물체 자체에서 반사되는 특성을 표현하는 색 벡터의 합으로 표현된다. 만약 무채색이 아닌 단색의 반짝이는 구가 있고 백색광이 비추진다면 표면 반짝이는 효과가 강한 하이라이트 부근을 제외한 모든 색은 물체 자체에서 반사되는 색 벡터 방향으로 분포한다. 또한 포화되지 않은 색에 대해 물체 전체의 표면 반사특성이 동일하다고 가정하면, 하이라이트와 그 부근의 색은 두 벡터 성분의 합으로 표현된다. 다시 말해 동일한 색과 다양한 surface normal을 가진 반짝이는 특성의 물체에 백색광원을 비추면 색은 이상적으로 기울어진 'L'자 모양의 분포, 즉 2개의 직선으로 이루어진 분포를 가지게 되고 이 색들의 분포는 두 벡터로 이루어진 하나의 평면에 분포하게 된다. 그러나 실제 물체를 촬영하면 이와 다르게 색의 분포가 특정한 커브를 가지게 되는데 이를 Omer[1]는 색선(color line)이라 정의하였다. 색선은 조사된 광원에서 동일한 색의 동일한 물체에 대해 측정된 색은 연속된 open polyline으로 표현된다. 이러한 색선 표현법을 만족하기 위해서는 형상변화가 다양한, 즉 surface normal이 다양한 단색 물체이고 주변의 환경에 영향을 받지 않아야 한다. 주변환경의 영향을 받는 경우 다양한 색상의 조명을 비추는 것과 같은 효과에 의해 색상 분포가 달라지기 때문에 색 분포가 색선이 아닌 volume을 가지게 된다. 그러므로 본 연구에서는 색선이 생성되는 단색의 다양한 형상에 대해 단색광을 비추는 물체에 한정하여 적용할 것이다.

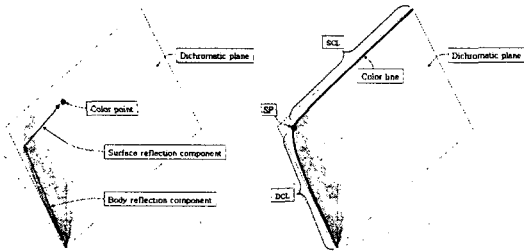


그림 1 기본 개념

3. Color line projection

Color line projection을 수행하기 위해서는 color line을 specular color line(SCL)과 diffuse color line(DCL)으로 분리해야 한다. Specular color line은 표면 반사성분과 물체 자체 색상을 모두 포함하는 색으로부터 구성된 color line의 부분이고 diffuse color line은 물체 자체 색상으로만 구성된 color line이다. 이 두 부분을 구분하는 color line 상의 경계점을 SP로 정의하고 이 점을 찾아야 한다. 이 때 color line이 dichromatic reflection model을 만족하고 단일 백색광원에 대해 skewed 'L' 형상[]을 따른다고 가정하면 color line은 두 개의 직선으로 근사화 하여 경계점을 추정할 수 있다. 이라고 가정할 수 있다. Color line이 p_k 를 원소로 갖는 polyline이라고 가정하면 식(1)을 최소로 만드는 점이 SP가 된다.

$$C(\delta) = \sum_{k=1}^{\delta} \frac{|(\vec{p}_\delta - \vec{w}) \times (\vec{w} - \vec{p}_k)|}{|\vec{p}_\delta - \vec{w}|} + \sum_{k=\delta}^{y+1} \frac{|\vec{p}_\delta \times \vec{p}_k|}{|\vec{p}_\delta|} \quad (1)$$

여기서, $k = 1, 2, \dots, y+1$.

$$SP = \vec{p}_\delta \text{ if } \min(C(k)) = C(\delta) \quad (2)$$

이러한 분리점을 기반으로 SCL을 따라서 DCL에 투영하는 color line projection을 수행하기 위해 임의의 SCL 주변점 \vec{q} 에 대해 SCL과의 방향 벡터 \vec{a} 를 구하고 이를 DCL에 투영하여 \vec{b} 를 구한다.

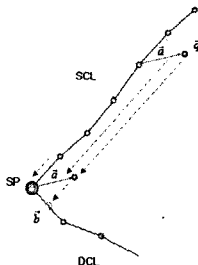


그림 2 Color line projection

4. Color line projection 을 이용한 하이라이트 재채색

Color line projection을 이용하여 표면의 반짝이는 특성을 제거 및 하이라이트 재채색하는 방법은 다음과 같다. 하이라이트와 하이라이트 이웃하는 영역을 세그먼트하고 지정된 하이라이트로부터 color line을 생성한다.

Color line이 생성되면 식(1)과 식(2)를 이용하여 SCL과 DCL을 찾는다. 마지막으로 color line projection을 이용하여 하이라이트 주변의 specular 성분을 제거하고 하이라이트 부분의 색도 재채색한다.

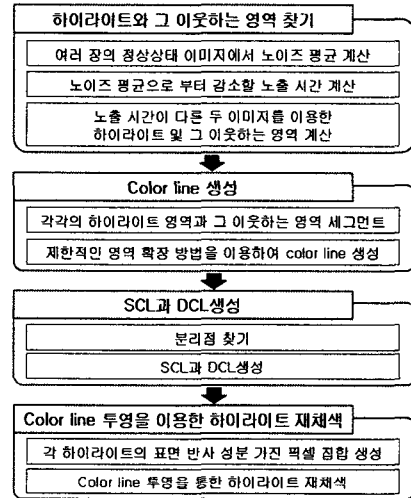


그림 3 Color line projection을 이용한 하이라이트 재채색 방법

5. 실험 결과

4절에서 제시한 방법을 위해서 본 연구에서는 노출 시간을 달리한 두 장의 이미지를 획득하였다. 이를 위해 Canon EOS 300D를 사용하였고, 렌즈는 Canon EFS(18-55mm)를 사용하였다. F-stop은 5.6으로 설정하였고 카메라 RGB 작업공간은 sRGB를 사용하였다. 촬영 대상 물체 주변에서 실측 색온도는 6200K이다. 촬영은 암실 환경에서 수행되었고 측정하는 사람은 암실 밖에서 카메라 SDK를 이용한 프로그램으로 자동 촬영하였다.

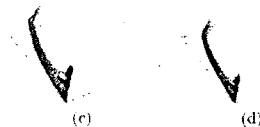
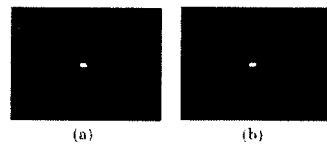


그림 4 사용된 이미지 (a), (b)와 색 공간에서 분포 (c), (d)

그림 4는 본 연구에서 적용한 이미지이다. 4절에서 하이라이트의 영역을 구하고 color line을 생성하기 위해 노

출시간이 1/80초와 1/100초의 이미지를 사용하였다. (c)와 (d)는 이에 대응되는 색 공간에서의 분포를 나타낸다. 이를 기반으로 3에서 제시된 방법으로 SP를 구하면 그림 5와 같다. 그림 6은 제안된 방법에 의한 결과다.

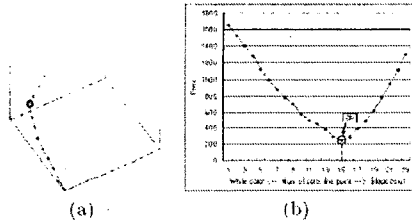


그림 5 SP 계산하기

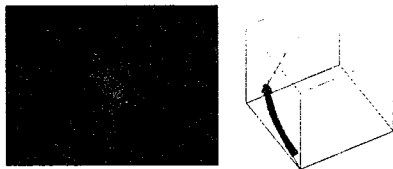


그림 6 제안된 방법에 의한 결과

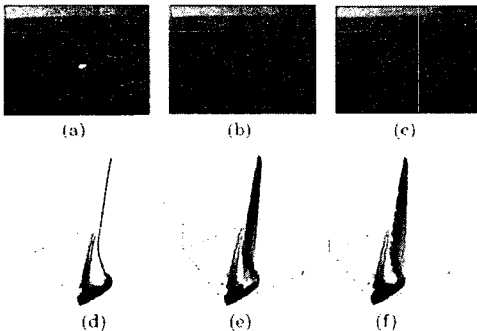


그림 7 Color line projection과 일반 투영과 비교

그림 7은 제안된 방법의 장점을 보여주는 그림이다. color line projection은 SCL을 따라 DCL에 투영하기 때문에 그림 7(d)와 같이 독특한 색 분포를 갖는 경우 그림 7(c)와 같이 색의 왜곡 없이 반짝이는 특성 제거가 가능하다. 일반 투영을 한 그림 7(e)의 경우 결과가 그림 7(b)처럼 왜곡된다.

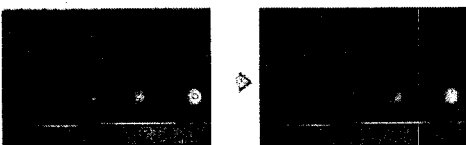


그림8 다양한 색상공에 적용한 결과

그림 8은 다양한 색상에 대해 적용한 결과다. 각 색상공은 각기 다른 color line을 가지고 있기 때문에 각 색상에 적합한 투영방향을 고려하지 않고도 각 색상의 하

이라이트와 반짝이는 특성이 제거되었다.

6. 결론

제안된 color line projection 방법은 반짝이는 특성을 가진 단색 물체에 대해 반짝이는 성분에 의해 독특한 색 분포를 갖는 물체에 대해 반짝이는 특성을 제거하는 방법이다. 일반 투영 방법에 비해 간단하면서도 좋은 결과가 나온다. 또한 제안하는 방법에 의해 색에 대해 정의하는 경우 DCL만을 이용하기 위해 색의 왜곡을 수정할 때 사용 가능하다. 제안된 방법은 반짝이는 특성의 물체를 감지할 때도 활용 가능하다.

감사의 글

본 연구는 광주과학기술원 실감콘텐츠 연구센터(ICRC)를 통한 과학기술부 특정연구개발 사업의 지원과 광주과학기술원 실감방송 연구센터를 통한 정보통신부 대학IT연구센터(ITRC) 사업의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- [1] Omer, I. and Werman, M., "Color lines: image specific color representation" Computer Vision and Pattern Recognition, 2004. CVPR 2004. Proceedings of the 2004 IEEE Computer Society Conference on vol. 2, pp. 11-946 - 11-953, 27 June-2 July 2004.
- [2] Ping Tan, Lin, S., Long Quan, Heung-Yeung Shum, "Highlight removal by illumination - constrained inpainting", Computer Vision, 2003. Proceedings. Ninth IEEE International Conference on, vol.1 pp. 164-169, 13-16 Oct. 2003.
- [3] KLINKER, G.J., A Physical Approach to Color Image Understanding, A K Peters, Wellesley, Massachusetts, 1993