

영상기반 재조명을 위한 전반사와 난반사 성분의 분리

이병화*, 박종일*, 이상화**

*한양대학교 전기전자컴퓨터 공학부, **서울대학교 전기공학부

Separation of Diffuse and Specular Reflection for Image-Based Relighting

Byoung-Hwa Lee*, Jong-Il Park*, Sang Hwa Lee**

*Division of ECE, Hanyang University, **Seoul National University

요약

전반사는 물체의 사실적인 모습을 나타내는데 중요한 요소이지만 컴퓨터 비전에서는 처리하기 어려운 장애 요소이다. 본 논문에서는 영상기반 재조명을 위하여 조명 조건이 다른 복수의 영상으로부터 전반사 성분과 난반사 성분을 분리하는 효과적인 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은 전반사 성분이 존재하는 영상과 난반사 성분만이 존재하는 영상에 대하여 난반사 성분의 RGB 값은 서로 비율을 유지하면서 변한다는 성질을 이용하여 전반사 성분을 분리한다. 그리고 실험을 통하여 이 알고리즘의 유효성을 확인하였다.

1. 서론

전반사(specular reflectance)는 물체의 사실적인 모습을 나타내주는 요소이지만 컴

퓨터 비전의 영역에서는 매우 어려운 장애 요소이다. 많은 컴퓨터 비전 알고리즘들은 전반사가 없다는 가정 하에 수행되며, 그러한 가정 하에서는 정확한 결과들을 보여준다. 그러나 전반사가 존재하는 경우, 이들 알고리즘에 의한 결과는 많은 에러를 포함하게 된다. 따라서 영상에서 전반사 성분을 구별하고 분리해내는 것은 매우 중요하여 많은 연구들이 행해져 왔다. 지금까지의 방식은 컬러를 이용하는 방법[1][2]과 편광을 이용하는 방법[3][4]으로 나누어 볼 수 있다. 이런 연구들은 성공적인 결과를 얻을 수 있지만 컬러를 이용하는 경우 많은 영상들이 필요하다는 어려움이 있고[1], 편광을 이용하는 경우 적당한 편광을 포함한 영상을 얻는데 어려움이 있다.

본 논문에서는 효과적인 계산을 위해 모든 점들의 컬러를 독립적으로 처리하는 접근방식을 이용하여 전반사 성분을 분리한다.

* 이 논문은 2002년 한양대학교 교내연구비 지원으로 연구되었음.

Lin과 Shum이 제안한 방법[2]의 경우 색상의 주파수 성분을 분석하여 전반사 영역을 분리해 내지만 본 논문에서는 그러한 복잡한 분석 과정이 필요 없는 간단한 방법을 이용하여 전반사 효과적으로 성분을 분리한다.

2. 전반사 영역의 분리

본 논문에서는 하나의 물체에 대해 광원의 위치가 각각 다른 복수의 영상을 이용하여 전반사 성분을 분리한다. 사용하는 영상에 대해서 다음의 조건들을 가정한다. 우선 모든 광원으로부터 전반사를 받는 화소는 없다고 가정한다. 그리고 센서의 특성에 의한 휘도포화는 없다고 가정한다.

영상 A,B가 주어졌을 때 각각의 영상의 밝기는 전반사 성분의 밝기와 난반사 성분의 밝기의 합으로 나타난다.

$$I_A = I_{DA} + I_{SA} \quad (1)$$

$$I_B = I_{DB} + I_{SB} \quad (2)$$

여기서 I_A : 영상 A의 밝기

I_{DA} : 영상 A의 난반사 성분의 밝기

I_{SA} : 영상 A의 전반사 성분의 밝기

I_B : 영상 B의 밝기

I_{DB} : 영상 B의 난반사 성분의 밝기

I_{SB} : 영상 B의 전반사 성분의 밝기

만약 영상B에서의 한 화소의 밝기가 그 점에 해당하는 다른 영상A에서의 화소의 밝기보다 작다고 하면($I_A < I_B$), 그 화소에는 전반사 성분이 존재하지 않는다고 볼 수 있다. 그리고 영상A 상의 그 화소에는 전반사

성분이 존재할 가능성이 있다. 이럴 경우 다음의 식(3)이 성립한다.

$$\frac{I_{DA}}{I_{DB}} = \frac{I_A - I_{SA}}{I_B} \quad (3)$$

광원의 illumination이 $E_k(k=r,g,b)$ 라면 전반사성분은 광원의 성분에 비례하므로

$t \times \hat{E}_k(t \geq 0)$ 로 나타내고($E_k = 1 \cdot \hat{E}_k$ 여

기서 illumination intensity $I = |E_k|$, $k=r,g,b$)[5], 영상 A에서 전반사 성분이 존재하는 화소의 밝기를 I로 나타내고, 영상 B에서 난반사 성분만이 존재한다고 판단되는 같은 위치의 화소의 밝기를 I'로 나타낸다. 그리고 난반사 성분의 RGB값은 서로 비율을 유지하며 변한다는 것을 이용하면 식(3)은 다음 (4)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{I_r - t \times \hat{E}_r}{I'_r} = \frac{I_g - t \times \hat{E}_g}{I'_g} = \frac{I_b - t \times \hat{E}_b}{I'_b} \quad (4)$$

여기서

I_r : 전반사 성분이 존재하는 화소의 R값

I_g : 전반사 성분이 존재하는 화소의 G값

I_b : 전반사 성분이 존재하는 화소의 B값

I'_r : 난반사 성분만 존재하는 화소의 R값

I'_g : 난반사 성분만 존재하는 화소의 G값

I'_b : 난반사 성분만 존재하는 화소의 B값

이와 같은 방법으로 전반사 성분을 분리하면 그림 1의 결과를 얻을 수 있다. 실제 영상에서는 잡음이 존재하기 때문에 식(4)로부터 3가지의 t값이 나올 수 있다. 본 논문에서는 0보다 작은 t를 배제하고 나머지 t 값을 평균하여 t를 구하였다

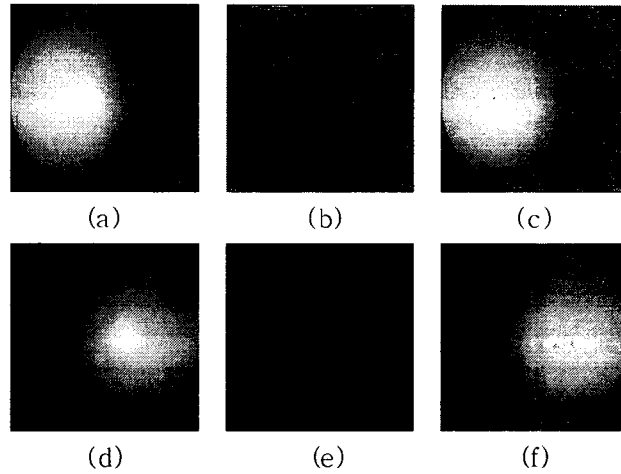


그림1. 두개의 광원에 의한 영상을 이용한 전반사 성분의 분리. (a) 광원이 왼쪽에 존재할 때의 영상, (b) (a)영상의 전반사 성분, (c) (a)영상의 난반사 성분, (d) 광원이 오른쪽에 존재할 때의 영상, (e) (d)영상의 전반사 성분, (f) (d)영상의 난반사 성분.

앞에서 제시된 2개의 광원에 대한 알고리즘은 여러 광원에 의한 영상들로 쉽게 일반화될 수 있다. 이 경우 난반사만이 존재한다고 판단되는 화소 I에 어떤 영상을 사용하느냐에 따라서 전반사 성분을 나타내는 t 값에 차이가 있을 수가 있다. I에 사용되는 영상에 전반사 성분이 포함되어 있으면 정확한 t를 구할 수 없다. 따라서 한 화소에서 전반사 성분을 분리할 때 사용할 다른 영상은 그 점에서 난반사만이 존재한다고 판단되는 가장 적절한 영상을 이용함으로써 가장 정확한 t를 구할 수 있다. 본 논문에서는 매 화소마다 모든 영상의 밝기를 비교한 후, 가장 어두운 영상을 난반사만 존재하는 영상으로 간주하여 이를 기준으로 다른 영상의 전반사 성분을 계산하였다. 단 일정한 밝기이하에서는 양자화 효과로 인한 오차가 커질 수 있으므로 난반사로 간주하였다. 그림 2에 광원이 3개인 경우의 실험 예를 나타내었다.

3. 실험 결과

다양한 여러 물체에 대해서 전반사 성분과 난반사 성분을 분리한 결과를 그림 3,4,5에 각각 나타내었다. 전반사와 전반사 성분이 비교적 정확히 분리되었음을 확인할 수 있다. 그러나 그림 6을 보면 전반사와 난반사 성분의 분리가 잘못된 영역이 눈에 띈다. 이는 센서에서 휘도 포화가 일어났기 때문이다. 많은 영상에 대해 실험해 본 결과 제안 방법은 전반사와 난반사 성분을 효과적으로 분리할 수 있음을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 광원의 위치가 다른 두 장 이상의 칼라 영상을 이용하여 전반사 성분과 난반사 성분을 분리하는 방법을 제안하고 유효성을 검증하였다. 제안방법은 매우 간단하며 광범위한 영상에 쉽게 적용시켜 볼 수 있다. 현재 분리된 전반사 성분과 난반사 성분을 이용하여 임의의 조명 조건에

맞는 영상을 생성하는 방법을 개발하고 있으며, 전반사 성분을 별도로 다루어 줌으로써 보다 현실감있는 영상기반재조명이 가능할 것으로 전망된다. 앞으로 위도 포화가 심하지 않은 경우에는 전반사 성분을 적절히 분리할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

그림 1과 그림 3의 영상은 Lin과 Shum[2]의 실험 데이터임

5. 참고문헌

- [1] G.J. Klinker, S.A. Shafer, and T. Kanade, "The measurement of highlights in color images," *International Journal of Computer Vision*, vol.2 pp.7-32, 1990.
- [2] Stephen Lin and Heung-Yeung Shum, "Separation of diffuse and specular reflection in color images," *IEEE CVPR*, vol.1 pp. I-341 - I-346, Dec. 2001.
- [3] L. B. Wolff, "Using polarization to separate reflection components," *IEEE CVPR*, pp. 363-369, 1989.
- [4] S. K. Nayar, X. Fang, and T. E. Boult, "Removal of specularities using color and polarization," *IEEE CVPR*, pp. 583-590, 1993
- [5] H. -C. Lee, "Method for computing the scene-illuminant chromaticity from specular highlights," *Journal of the Optical Society of America A*, 3, 1986.

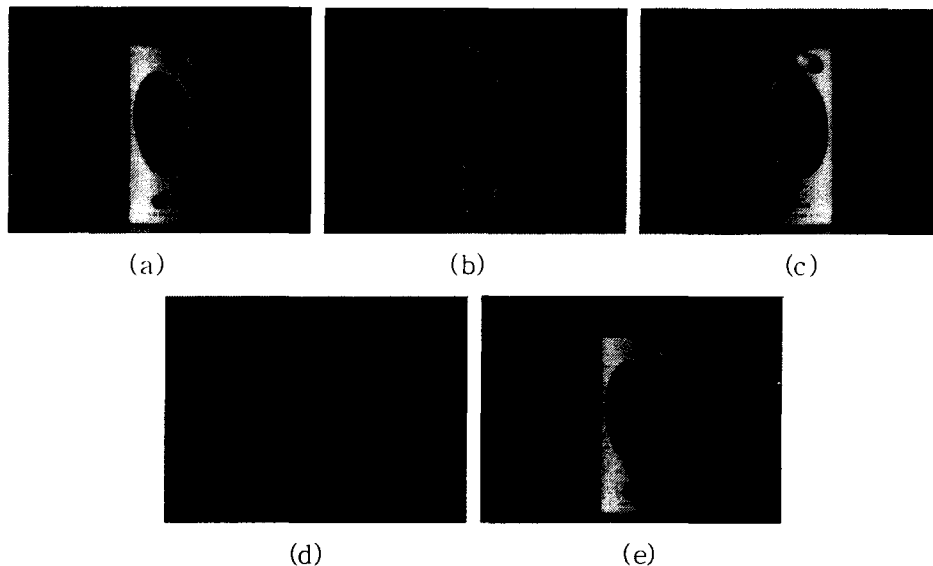


그림2. 세 개의 광원에 의한 영상을 이용한 전반사 성분의 분리. (a) 광원을 왼쪽에 두고 찍은 영상, (b) 광원을 가운데 두고 찍은 영상, (c) 광원을 오른쪽에 두고 찍은 영상, (d) (a),(b),(c)영상을 이용하여 구한 (a)영상의 전반사 성분, (e) (a),(b),(c)영상을 이용하여 구한 (a)영상의 난반사 성분.

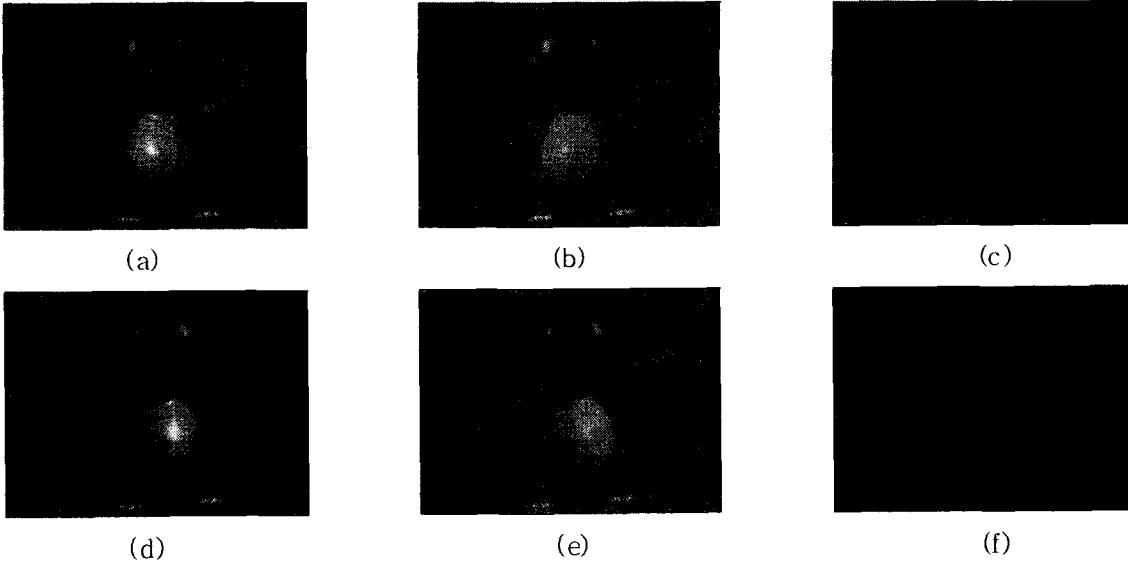


그림3. 실험결과1. (a) 광원을 왼쪽에 두고 촬영한 영상, (b) (a)영상의 난반사 성분, (c) (a) 영상의 전반사 성분, (d) 광원을 오른쪽에 두고 촬영한 영상, (e) (d)영상의 난반사 성분, (f) (d)영상의 전반사.

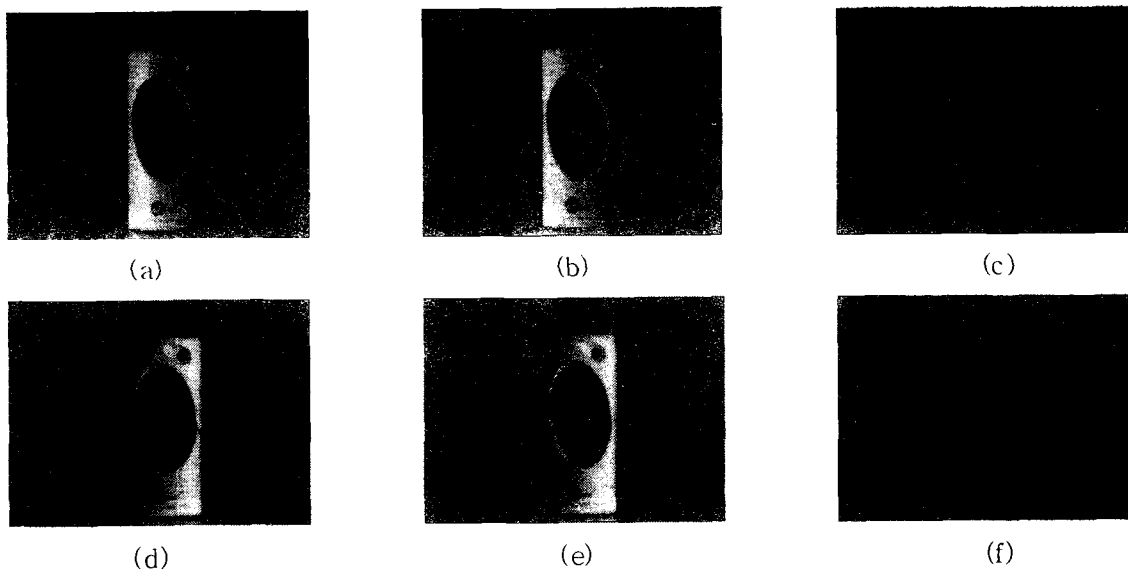


그림4. 실험결과 2. (a) 광원을 왼쪽에 두고 촬영한 영상, (b) (a)영상의 난반사 성분, (c) (a) 영상의 전반사 성분, (d) 광원을 오른쪽에 두고 촬영한 영상, (e) (d)영상의 난반사 성분, (f) (d)영상의 전반사 성분.

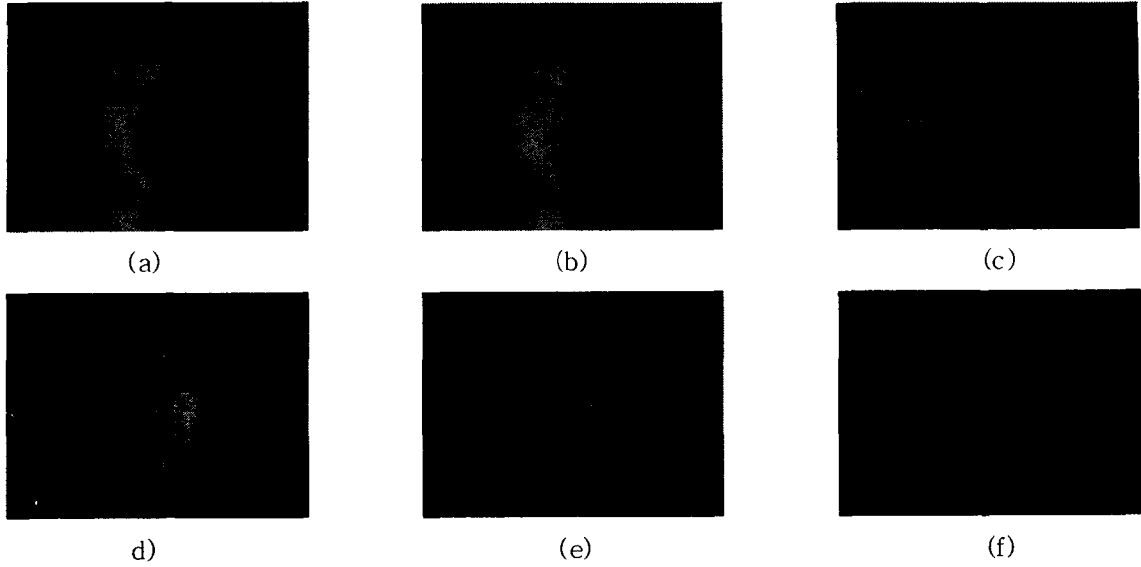


그림5. 실험결과 3. (a) 광원을 왼쪽에 두고 촬영한 영상, (b) (a)영상의 난반사 성분, (c) (a) 영상의 전반사 성분, (d) 광원을 오른쪽에 두고 촬영한 영상, (e) (d)영상의 난반사 성분, (f) (d)영상의 전반사 성분.

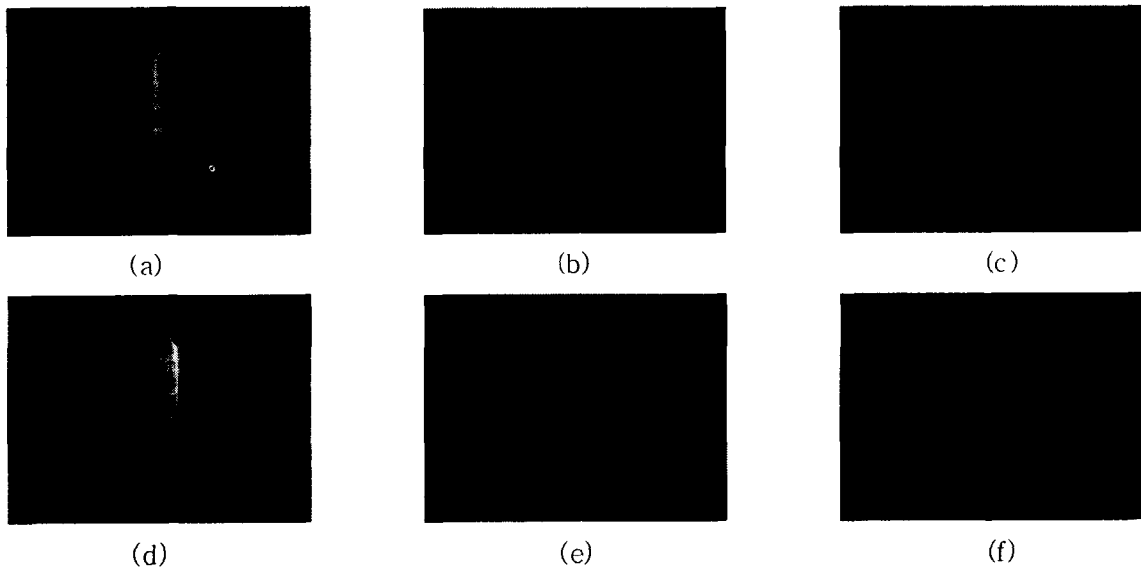


그림6. 실험결과 4. (a) 광원을 왼쪽에 두고 촬영한 영상, (b) (a)영상의 난반사 성분, (c) (a) 영상의 전반사 성분, (d) 광원을 오른쪽에 두고 촬영한 영상, (e) (d)영상의 난반사 성분, (f) (d)영상의 전반사 성분.