

실세계 조명 정보를 포함하는 HDR영상 기반 소수 광원 추정 기법에 관한 연구

Naveen Dachuri, 유재덕⁰, 김승만, 이관행

광주과학기술원 기전공학과

Naveend14@gist.ac.kr, Uranus@gist.ac.kr, sman@gist.ac.kr, lee@keybek.gist.ac.kr

A Small Number of Light Sources Estimation from Real World Illumination for Fast Realistic Rendering

Naveen Dachuri, Jae-Doug Yoo⁰, Seung-man Kim, Kwan H. Lee

IDEG Laboratory, Department of Mechatronics, GIST

요 약

본 논문에서는 실세계 조명 정보를 표현하는 HDR(High Dynamic Range) 영상으로부터 소수의 방향성 광원을 추정하는 기법을 제안한다. 광원 추정을 위해 노출 시간을 달리한 일련의 일반 영상으로부터 실세계의 조명 정보를 선형적으로 표현할 수 있는 HDR영상을 생성한다. HDR영상의 색상 및 명도 변화를 이용하여 영역을 분할하고, 분할된 영역으로부터 명도 평균과 가중치를 이용하여 방향성 광원의 파라미터를 추출하는 방법을 제안한다. 제안된 방법의 장점은 비반복적인 기법을 사용하여 일관된 결과를 산출하며 사용자의 입력없이 자동으로 계산하는 것이다. 추정된 광원은 그래픽 하드웨어를 사용한 실시간 렌더링에 적용 가능하다. 또한 실시간 렌더링이 중요한 가상현실이나 증강현실 분야에서 가상의 오브젝트를 렌더링할 때 IBL(Image Based Lighting)등의 전역조명 효과와 유사한 사실적인 영상을 얻을 수 있다.

1. 서 론

최근의 Computer Graphic분야에 있어서 가상 객체와 실세계의 장면을 자연스럽게 합성하는 기술이 많이 개발되고 있다. 자연스러운 합성을 위해서 현실 세계의 정확한 조명정보를 이용하여 렌더링해야 한다. 영상 기반 라이팅(IBL)은 현실 세계의 전역조명 정보를 전방향의 HDR 영상으로 표현하고, 이를 이용하여 사실적인 렌더링 결과를 얻는 방법이다. 즉 실세계 조명 정보를 획득하여 영상으로 표현하고, 이를 렌더링을 할 때 광원 정보로 사용하여 가상 객체와 실제 장면을 자연스럽게 합성할 수 있다. 하지만 영상의 모든 픽셀을 광원정보로 사용하는 경우 실시간으로 렌더링을 수행하기 어렵다.

본 논문에서는 IBL을 이용한 CG합성과 유사한 수준의 결과물을 얻기 위해, HDR영상으로부터 소수의 광원을 추정하는 방법을 제안한다. 2장에서는 관련 연구에 대해 설명하고 3장에서는 제안된 광원추정 방법에 대해 설명한다. 4장에서는 실험 및 비교 결과를 보이고 5장에서 결론을 기술한다.

2. 관련 연구

본 연구와 관련하여 실제 이미지로부터 조명조건과

반사특성을 추정하는 기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 음영정보를 이용한 모양추정 기법(shape from shading)이 있지만 가장 중요한 하나의 광원을 복원하는데 초점을 두고 있다. 하지만 실제 세계의 조명은 매우 복잡하기 때문에 하나의 광원만으로 이를 표현하기는 불가능하다[1]. Hougen과 Abuja는 신호 처리와 환경 맵 샘플링을 이용하여 여러 개의 광원을 추정하는 연구를 수행하였다[2]. 하지만 추출된 광원의 수가 많아 실시간 렌더링에 적용하기에는 어려움이 있다. 본 논문과 유사하게 High Dynamic Radiance Map 으로부터 소수의 광원을 추정하는 연구가 있지만, 광원을 추정할 때 재귀적인 기법을 이용하기 때문에 추출된 광원의 일관성이 없고 일부 영역에 국한되는 문제가 발생한다[3]. 따라서 일관된 광원을 추정하기 위해 사용자의 개입을 최소화 하고 재귀적인 방법을 사용하지 않는 방법이 필요하다.

3. 소수의 방향성 광원 추정

3.1 광원 추출을 위한 전체 과정

그림 1은 광원 추정을 위한 전체 과정을 보여준다. 첫 번째 단계에서는 HDR 영상을 영역의 밝기에 따라 밝은 영역과 어두운 영역으로 분할한다. 그리고 밝은 영역에서는 영역 특성에 따라 소수의 광원에 대한 파라미터를 추정하며, 추가로 어두운 영역을 대표할 수

있는 global ambient 광원을 계산한다.

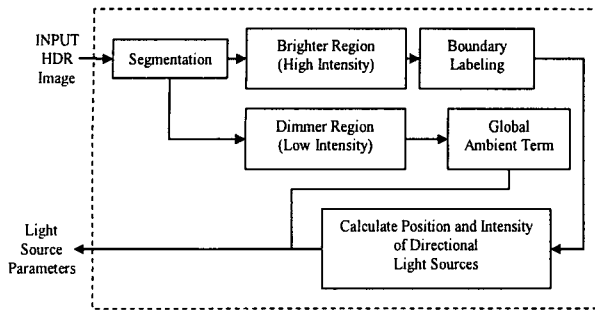


그림 1. 방향성 광원 추출 과정

3.2 영역 분할 및 클러스터링

우선 HDR영상에 Wavelet decomposition 기법을 적용하여 무수히 많은 영역을 경계정보 기반으로 추출하고[4], 색상 밝기가 비슷한 영역을 통합하기 위해 각 픽셀의 경계 정보와 색상 정보를 고려한 Fuzzy C-Mean Clustering(FCM) 알고리즘을 사용한다[5,6].

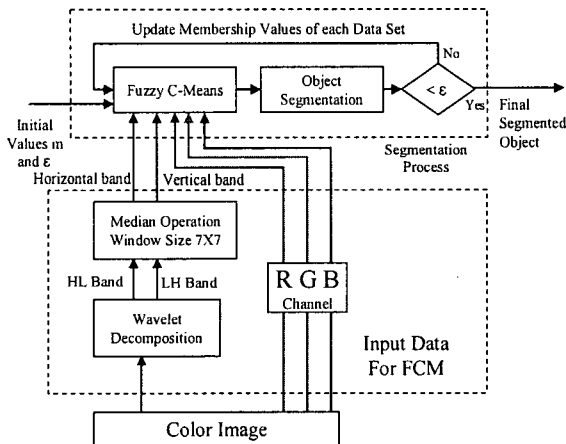


그림 2. 영역 분할 알고리즘

그림 2는 제안된 영역 분할 처리과정을 보여주며, 우선 밝은 부분에 대한 영역들을 분할 및 클러스터링하고, 어두운 영역은 전체를 하나의 영역으로 인식한다. 그림 3은 분할된 영역을 보여주고 있다. 밝은 영역으로 분할된 영역들은 비슷한 명암을 가지는 영역의 구분을 위해 고유 번호를 부여한다. 그림 4는 번호로 구분된 밝은 영역을 번호에 따라 색상을 달리하여 표현한 color map을 보여준다.

3.3 광원 파라미터 계산

마지막 단계로 번호로 분류된 밝은 영역에서 방향성이 있는 광원의 정보를 추정하기 위해 식 1을

이용하여 가장 밝은 값을 갖는 N개의 영역을 선택하고, 각각의 영역에 대한 평균 밝기를 구한다. 선택되지 않은 영역들은 거리 값을 계산하여 가장 가까이에 위치하고 있는 선택된 영역에 포함된다.

$$I = 0.2125R + 0.7154G + 0.0721B \quad (1)$$



(a) HDR image (b) Segmented regions
그림 3. HDR영상의 명도 기반 영역 분할

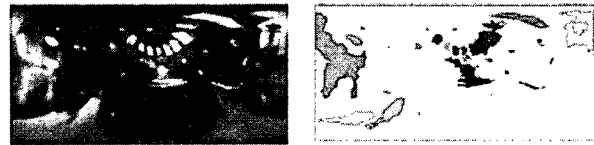


그림 4. Color map으로 표현된 분할 영역

선택된 영역내의 존재하는 광원의 radiance value는 픽셀 값의 합으로 정해지며, 방향성을 갖는 광원은 radiance value가 정해진 후에 계산된다. 광원의 위치는 선택된 영역과 주변 영역에 대해서 가중치를 이용한 평균에 의해 정해진다. 픽셀의 가중치는 식 2를 이용하여 영역의 최대값과 최소값에 의해 계산된다.

$$w_i^j = \frac{I_i^j - I_{\min}^j}{I_{\max}^j - I_{\min}^j} \quad (2)$$

w_i^j 는 j 영역의 i 번째 요소를 의미하고, I 는 식1에서 구해진 밝기를 나타낸다. 가중치를 고려하여 각각의 영역에 대한 평균 위치를 식 3에 이용하여 계산한다. x_j 와 y_j 는 평균 위치를 가리키고 N 은 j 영역의 픽셀 개수를 나타낸다.

$$x_j = \frac{\sum_{i=1}^N x_i \times w_i^j}{\sum_{i=1}^N w_i^j}, \quad y_j = \frac{\sum_{i=1}^N y_i \times w_i^j}{\sum_{i=1}^N w_i^j} \quad (3)$$

그리고 나서 주변 영역의 정규화된 명도 평균을

고려한 식 4에 의해 광원의 최종 위치가 정해진다.

x_{final} 과 y_{final} 은 광원의 최종 위치를 의미한다.

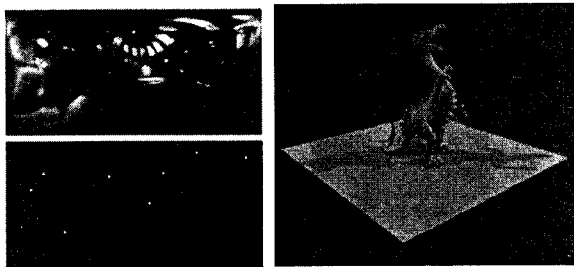
$$x_{final} = \left(\frac{I_{total}^i - I_{total}^j}{I_{total}^i} \right) \times (x_{final}^j - x_{final}^i) + x_{final}^i$$

$$y_{final} = \left(\frac{I_{total}^i - I_{total}^j}{I_{total}^i} \right) \times (y_{final}^j - y_{final}^i) + y_{final}^i \quad (4)$$

방향성 광원을 추정한 후, 어두운 영역의 global ambient 광원 파라미터는 밝은 영역을 제외한 영역의 모든 픽셀 값을 평균하여 계산한다.

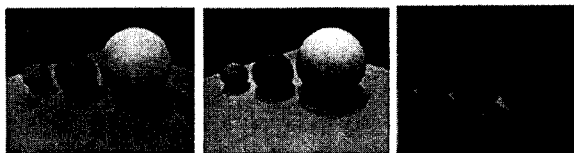
4. 실험 결과 및 비교

그림 5(a)는 추정된 광원의 방향을 보여준다. 직교영상의 각 점은 구형좌표와 일대일 매칭이 되기 때문에 광원의 방향성을 알 수 있다. 그림 5(b)는 추출된 8개의 방향성 광원을 이용하여 렌더링한 결과를 보여주고 있다. HDR영상의 조명상태와 비교해보면 비교적 사실적인 렌더링 결과를 볼 수 있다.



(a) 추정된 광원 (b) 렌더링 결과
그림 5. 추정된 광원을 이용한 렌더링

그림 6(a)는 추출된 광원으로 렌더링된 결과이고, 그림6(b)는 HDR영상을 이용하여 상용 툴인 Maya에서 IBL 기반의 전역조명(global illumination)을 이용하여 렌더링한 결과이다. 그림 6(c)는 두 영상간의 차 영상을 보여주며 평균적으로 10%미만의 오차를 보였다. 하지만 그림자 영역에서 상대적으로 큰 오차가 발생하여 지역조명(local illumination)기법의 한계가 존재하는 것을 알 수 있었다.



(a) (b) (c)
그림 6. 전역조명(IBL) 결과와 비교

5. 결론

본 논문에서는 실세계 조명 정보를 실시간 렌더링에 사용할 수 있도록 하기 위해서, HDR 영상으로부터 소수의 방향성 광원을 추정하는 방법을 개발하였다. 현재 그래픽 하드웨어에서 지원 가능한 최대 8개의 광원을 추출하여 실시간 렌더링의 가능성을 실험을 통해서 보였다. 또한 IBL과 같은 전역조명 기법으로 얻은 렌더링 결과와 비교했을 때 10%정도의 오차가 발생하였기 때문에 유사한 렌더링 결과를 얻었다고 할 수 있다. 하지만 가상 객체에 의해서 생기는 그림자나 가상 객체 자체의 음영부분에서 오차가 크게 나타났으며, 이를 줄일 수 있는 광원 추정 알고리즘의 개선이 필요하다. 하지만 향후 그래픽 하드웨어의 발달로 더 많은 수의 광원이 실시간으로 사용될 수 있다면 제안된 방법을 효율적으로 확장할 수 있을 것이다.

감사의 글

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

참고문헌

- [1] HORN B., BROOKS M.: Shape and source from shading. In IJCAI85, pp.932-936, (1985)
- [2] HOUGEN D., ABUJA N.: Estimation of the light source distribution and its use in integrated shape recovery from stereo and shading. In IEEE 4th Int. Conf. On Computer Vision, pp.148-155, (1993)
- [3] COHEN J., DEBEVEC P.: Lightgen plugin. <http://www.ict.usc.edu/jcohen/lightgen/lightgen.html>
- [4] CHEN J., PAPPAS T., A.MOJSILOVIC B. R.: Adaptive image segmentation based on color and texture. In ICIP Rochester, New York, USA (Sept. 2002)
- [5] LIM Y., LEE S.: On the color image segmentation algorithm based on the thresholding and fuzzy c-means techniques. Pattern Recognition 23, 9, pp. 935-952, (1990)
- [6] YANG J., HAO S., CHUNG P.:Color image segmentation using fuzzy c-means and eigen space projections. Signal Processing 82, pp. 461-471, (2002)