

사실적인 렌더링을 위한 분할된 HDR 영상으로부터의 광원 추정 기법

유재덕*, 조지호*, 이관행*

*광주과학기술원

e-mail : [uranus, jhcho, khlee@gist.ac.kr](mailto:uranus.jhcho, khlee@gist.ac.kr)

Light Source Estimation for Realistic Rendering using Segmented HDR Images

Jae-Doug Yoo*, Ji-Ho Cho*, Kwan H. Lee*

*Dept. of Mechartronics, Gwang-Ju Institute Science and Technology

요 약

현재 다양한 분야(영화, 광고, AR 등)에서 영상합성 기법이 많이 사용되고 있다. 실제 영상에 가상의 객체를 합성하거나 가상의 환경에 객체를 합성하는 경우 등 영상과 객체간의 사실적인 합성결과를 얻기 위해서는 실제 환경에 적용된 광원의 정보가 필요하다. 본 논문에서는 실 세계 조명 정보를 표현하는 HDR(High Dynamic Range) 영상을 이용하여 실 세계의 광원을 추정하는 기법을 제안한다. 광원 추정을 위해 노출 시간을 달리한 일련의 LDR(Low Dynamic Range) 영상으로부터 실 세계 정보를 선형적으로 표현할 수 있는 HDR 영상을 생성한다. HDR 영상을 가시화 한 후 영상에 나타나는 밝기 값을 기반으로 영상을 분할하고 분할된 영상들이 나타내는 빛의 세기에 비례하여 방향성 광원을 추정한다. 추정된 조명조건을 이용하여 IBL(Image Based Lighting)등의 전역조명 효과와 유사한 결과를 얻을 수 있으며 소수의 광원을 추정함으로써 실시간 렌더링이 중요한 가상현실이나 증강현실 분야에도 적용할 수 있다. 또한 분할된 영상들로부터 광원을 추정하기 때문에 각각의 영상들이 오브젝트에 나타내는 조명효과도 확인할 수 있다.

1. 서론

최근의 Computer Graphic 분야에서 가상 객체와 실 세계의 장면을 자연스럽게 합성하는 기술들이 많이 연구되고 있다. 사실적인 합성을 위해서는 현실 세계에 적용된 정확한 조명 조건을 이용하여 렌더링 해야 한다. 영상기반 라이팅(IBL)은 현실 세계의 전역조명 정보를 전방향성의 HDR 영상으로 표현하고, 이를 이용하여 사실적인 렌더링 결과를 얻는 방법이다. 하지만 영상의 모든 픽셀을 광원의 정보로 사용하기 때문에 상당한 시간이 요구되는 단점이 있다.

본 논문에서는 전역조명 방법을 이용한 결과와 유사한 수준의 합성결과를 효율적으로 얻기 위해, HDR 영상을 분할하고 분할된 영상들로부터 소수의 광원을 추정하는 방법을 제안한다. 2 장에서는 관련 연구에 대해 설명하고 3 장에서는 제안된 광원 추정 방법에 대해 설명한다. 4 장에서는 실험 및 비교 결과를 보이고

5 장에서 결론을 기술한다.

2. 관련 연구

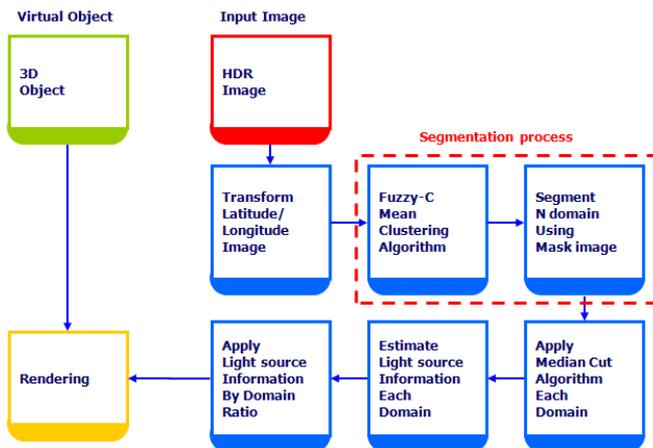
본 연구와 관련하여 실제 영상으로부터 조명조건과 반사특성을 추정하는 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 1975 년에 진행된 'Ullman'(MIT)의 연구는 광원의 위치를 찾는 최초의 연구로서 영상에 나타난 가장 중요한 하나의 광원을 추정하기 위한 방법이다. 광원추정을 하려는 영상을 여러 개의 패치로 나누고 나누어진 패치 중 인접해 있는 패치간의 광량의 세기를 비교하여 그 차이가 급격하게 나타는 곳을 광원의 위치로 제안하였다[1]. 단일 광원을 추정하기 위한 연구는 음영정보를 이용한 모양추정 기법(shape from shading)을 기반으로도 연구되었지만 실 세계의 조명은 매우 복잡하기 때문에 하나의 광원만으로는 이를 사실적으로 표현하기 어렵다[2]. 다수의 광원을

추정하는 연구는 Yang 과 Yuille 에 의해 시작되었으며 Hougen 과 Abuja 는 신호처리와 환경 맵 샘플링을 이용하여 여러 개의 광원을 추정하는 연구를 수행 하였다[3]. HDR 영상을 이용한 광원추정 방법은 Paul Debevec 의 연구가 대표적으로 HDRShop 을 이용하여 HDR 영상을 생성할 수 있으며 제공되는 plug-in 들을 이용함으로써 광원을 추정할 수도 있다[4].

3. 조명조건 추정

3.1 조명조건 추정을 위한 전체 과정

그림 1 은 조명조건을 추정하기 위한 전체적인 과정을 보여준다. 생성된 HDR 영상을 원형 맵과 일치하는 위도/경도 맵으로 매핑한 후 빛의 세기에 따라 3 개의 영역(밝은 영역, 중간 영역, 어두운 영역)으로 분할한다. 분할된 영상은 'Median Cut' 알고리즘을 이용하여 빛의 세기에 비례하여 각각의 영상으로부터 일정 수의 광원을 추정하고 추정된 정보를 렌더링에 적용할 수 있다[5].



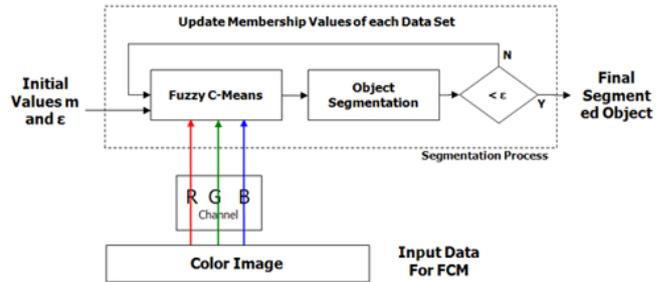
(그림 1) 조명조건의 추정과정

3.2 HDR 영상 분할

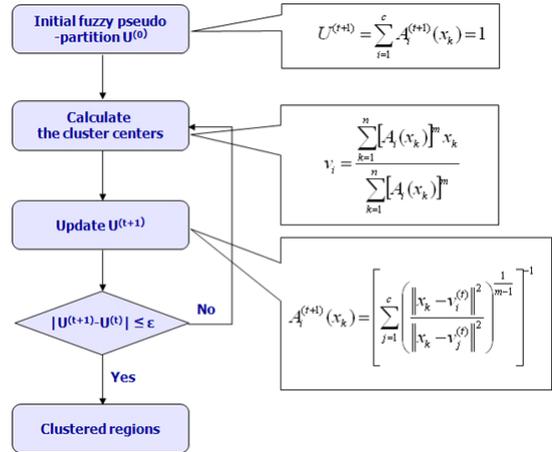
빛의 세기에 따라 가상의 객체에 미치는 영향은 다르게 나타난다. 영상에 나타나는 가장 밝은 부분들은 그림자 생성에 큰 영향을 주며 강력한 광원으로부터 난반사된 다른 객체들의 색 정보를 포함하고 있는 광원들은 영상의 전체적인 색상에 영향을 준다. 이와 같이 광원의 정보를 이용해 사실적인 렌더링 결과를 생성하는 것과 더불어 광원의 세기에 따른 효과들을 알아보고 효율적으로 이용하기 위해 HDR 영상을 분할하여 사용한다.

영상을 분할 하기 위한 방법은 다양하며 영상의 특성에 따라 여러 가지 방법들이 적용될 수 있다. 본 논문에서는 사용자의 개입을 최소화하고 영상 분할을 위한 경계 값을 추정하기 위해 FCM (Fuzzy-C Mean) 클러스터링 기법을 이용하여 자동적인 영역 분할이 가능하도록 하였다[6].

그림 2 는 영역 분할 과정을 보여주는 블록 다이어그램이며 그림 3 은 FCM 의 처리과정을 나타낸다.



(그림 2) 영역분할 블록 다이어그램



(그림 3) FCM 처리과정

빛의 세기에 대한 분포는 수식 (1)에 의해 계산할 수 있으며 각각의 분할된 영상들과 빛의 세기에 대한 분포 정도를 그림 4 에서 볼 수 있다.

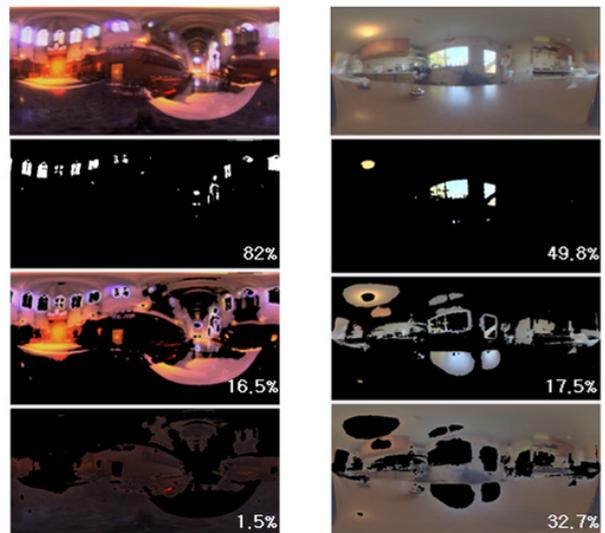
$$\text{Total Luminance} = \sum_{i=0}^{N \times M} P_i (0.2125 \times R + 0.7154 \times G + 0.0721B)$$

$$\text{Region}_j \text{ Luminance} = \sum_{i=0}^{R_j \times N \times R_j \times M} P_i (0.2125 \times R + 0.7154 \times G + 0.0721B)$$

N, M : image size; P: pixel; R: Region

$$\text{Region}_j \text{ Ratio} = \text{Region}_j \text{ Luminance} / \text{Total Luminance}$$

(수식 1)

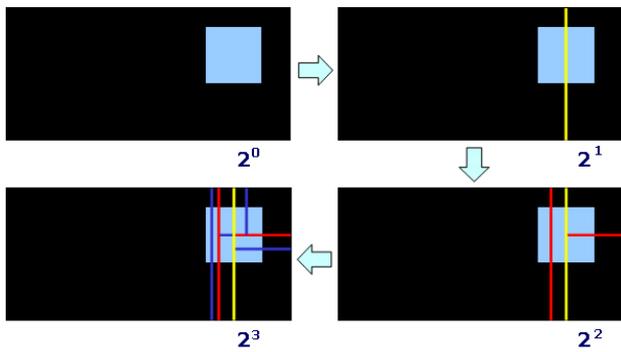


(그림 4) 분할된 HDR 영상과 빛의 세기 비율

3.3 Median Cut 알고리즘을 통한 광원정보 계산

분할된 영상들에 나타난 정보들을 이용하여 효율적으로 광원을 추정 하기 위해 ‘Median Cut’ 알고리즘을 적용하였다. ‘Median Cut’ 알고리즘의 처리과정을 그림 5 에서 설명한다. 이는 동일한 빛의 세기를 갖도록 영역을 2^n 개로 분할 하며 분할된 영역의 각 중심 점이 광원의 위치가 된다. 이를 통해 빛의 세기에 따른 정보만을 포함하고 있는 외곽의 정보가 모호한 영상에 대해서 다양한 개수의 광원을 빠르고 효율적으로 추정할 수 있다.

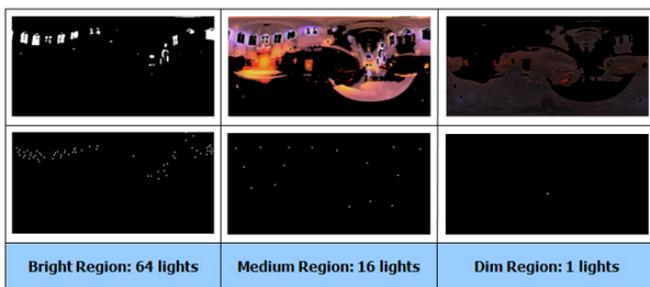
앞 절에서 설명한 빛의 세기 비율에 따라 분할된 영상들로부터 광원을 추정한다.



(그림 5) Median Cut 알고리즘 처리과정

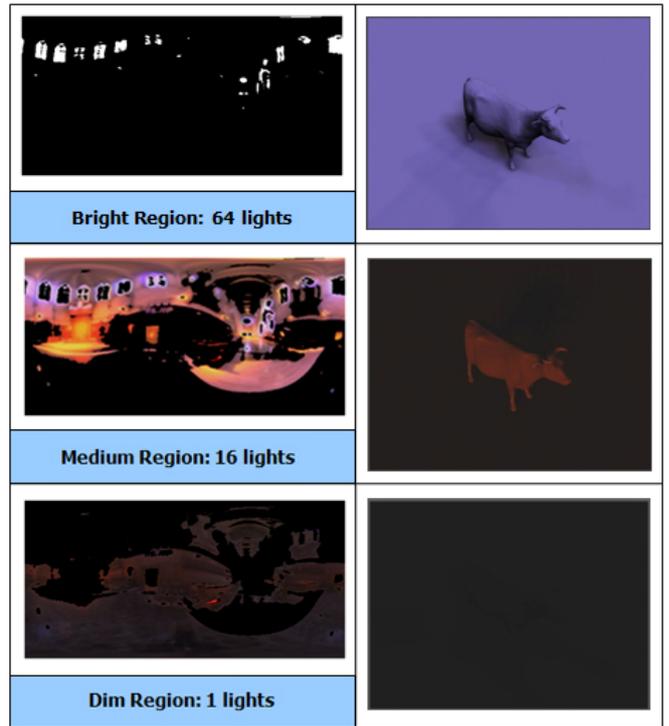
4. 실험 결과

앞 장에서 설명한 바와 같이 분할된 영상의 빛의 세기에 따른 비율을 기반으로 방향성 광원을 추정한다. 비율에 따라 다양한 개수의 광원을 추정할 수 있으며 그림 6 에서는 64:16:1 의 비율로 광원을 추정한 결과를 나타낸다.



(그림 6) 추정된 광원

그림 7 은 분할된 영상으로부터 추정된 광원들을 적용한 렌더링 결과를 보여준다. 그림에서 나타나는 바와 같이 밝은 영역으로부터 그림자가 생성되는 결과를 확인할 수 있고 다른 두 영역으로부터 난반사되어 주변 객체의 색상정보를 포함하고 있는 광원과 상대적으로 약한 광원들에 대한 렌더링 결과를 확인할 수 있다.



(그림 6) 분할된 영상으로부터 추정된 광원을 이용한 렌더링 결과

추정된 광원들을 모두 이용하여 실제 HDR 영상의 조명조건을 생성하고 이를 적용하여 렌더링한 결과를 그림 7에서 볼 수 있다.



(그림 7) 추정된 조명 조건을 적용한 렌더링 결과

분할된 영상의 결과와 이를 모두 이용한 결과에서 볼 수 있듯이 실제 광원으로부터 생성되는 그림자와 음영효과 및 색상 정보들을 분할된 상태로 추정하고 이를 다시 하나의 전체적인 조명조건으로 추정할 수 있었다.

모든 실험에 대한 결과 영상은 상용소프트웨어인 마야 7.0 을 이용하여 렌더링 하였다.

5. 결론

본 논문에서는 실 세계 조명 정보를 이용하여 사실적인 렌더링 결과를 얻기 위해 분할된 HDR 영상으로

부터 조명조건을 추정하는 방법을 제안하였다. 실험을 통해 분할된 영상들로부터 추정된 각각의 광원들이 가상의 오브젝트에 어떠한 영향을 나타내는지 확인할 수 있었으며 이를 이용하여 실 세계 환경의 조명 조건을 추정함으로써 사실적인 그림자 생성과 음영 및 색상 효과를 표현할 수 있었다.

제안하는 방법을 이용하여 HDR 영상에 대한 다양한 개수의 광원을 추정할 수 있으며 소수의 광원만을 추정할 경우 실시간 렌더링에 적용될 수 있으며 많은 수의 광원을 추정하여 적용할 경우 보다 사실적인 결과를 생성할 수 있다. 하지만 많은 수의 광원을 실시간 적용하기는 어려우며 향후 그래픽 하드웨어의 발달로 많은 수의 광원이 실시간으로 사용될 수 있다면 제안된 방법을 이용하여 보다 사실적인 결과를 다양한 응용프로그램에서 생성할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 광주과학기술원 실감콘텐츠 연구센터(ICRC) 사업의 지원과 한국전자통신연구원 광통신연구센터의 광가입자망(FTTH) 서비스개발 실험사업 연구지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Ullman, s., "On Visual Detection of Light Sources", Artificial Intelligence Memo 333, MIT (1975)
- [2] Horn B, Brooks M., "Shape and Source from Shading. In IJCAI85, pp.932-936 (1985)
- [3] Yang, Y., Yuille, A., "Source from Shading", Proceedings of the Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.534-539 (1991)
- [4] COHEN J., DEBEVEC P.: Lightgen plugin.
<http://www.ict.usc.edu/jcohen/lightgen/lightgen.html>
- [5] Heckbert, P., Color Image Quantization for frame butter display. In SIGGRAPH'82, pp.297-307 (1982)
- [6] George J. KLIR and Bo Yuan, "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications", pp.358-365 (2002)