

사실적인 shadow 표현을 위한 HDR 영상 기반 광원 추정

유재덕¹, Naveen Dachuri², 김강연³, 이관행⁴

광주과학기술원^{1,2,3,4}

{uranus¹, naveend14², k2y00³}@gist.ac.kr, lee@kyebek.gist.ac.kr

Lighting Source Estimation from Real World Illumination for Realistic Shadowing

Jae Doug Yoo¹, Naveen Dachuri², Kang Yeon Kim³, Kwan H. Lee⁴
GIST^{1,2,3,4}

요약

본 논문에서는 배경과 오브젝트 합성 시 사실적인 그림자 효과를 표현하기 위해 HDR 영상을 기반으로 한 소수의 방향성 광원을 추정하는 기법을 제안한다. 실 세계 정보를 모두 포함하는 HDR 영상을 가시화 하기 위해 톤 맵핑 (tone mapping)하여 그 영상으로부터 광원의 위치가 되는 밝은 영역들을 찾아내고 그 위치들로부터 방향성 광원을 추정한다. 카메라의 노출시간을 짧게 하여 촬영한 영상에서 나타나는 부분을 실제 광원이 위치하는 부분으로 볼 수 있으므로 톤 맵핑한 영상을 이미지 프로세싱을 거쳐 노출 시간을 짧게 하여 촬영한 영상과 비슷한 결과를 얻을 수 있도록 한 후 밝은 영역만 표현 되도록 한다. 전 처리를 거친 영상을 기반으로 밝은 영역을 추정하기 때문에 보다 정확한 광원의 위치 추정이 가능하며, 추정된 밝은 영역과 일치하는 HDR 영상의 데이터를 사용하기 때문에 정확한 광원의 위치와 데이터를 얻을 수 있다. 또한 추정된 광원은 실제 렌더링에 곧바로 사용이 가능하며, 이를 통해 사실적인 shadowing 효과를 얻을 수 있다.

Keyword : HDRI, image based lighting, fuzzy c-means clustering

1. 서론

최근의 Computer Graphic 분야에 있어서 가상 객체와 실 세계의 장면을 자연스럽게 합성하는 기술이 많이 개발되고 있다. 자연스러운 합성을 위해서 현실 세계의 정확한 조명정보를 찾을 필요가 있다. 영상 기반 라이팅 (IBL)은 현실 세계의 전역조명 정보를 전 방향의 HDR 영상으로 표현하고, 이를 이용하여 사실적인 렌더링 결과를 얻는 방법이다. 즉 실 세계 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 사용하기 때문에 실시간으로 렌더링을 수행하기는 어렵다.

본 논문에서는 HDR 영상을 기반으로 하여 가상 객체와 실 세계 장면을 합성할 때 사실적인

shadowing 효과를 실시간으로 수행할 수 있도록, HDR 영상으로부터 소수의 방향성 광원을 추정하는 방법을 제안한다. 2 장에서는 관련 연구에 대해 설명하고 3 장에서는 제안된 광원추정 방법에 대해 설명 한다. 4 장에서는 실험 및 비교 결과를 보이고 5 장에서 결론을 기술한다.

2. 관련 연구

광원 추정 연구와 관련하여 실제 영상으로부터 조명조건과 반사특성 등을 추정하는 기법에 대한 연구가 여러 곳에서 진행되고 있다. 실제 영상을 기반으로 광원을 추정하는 연구로서 영상에서 가장 큰 영향을 미치는 하나의 광원을 복원 하는 것에 초점을 두고 음영정보를 이용한 모양추정 기법(shape from shading)이 있다. 하지만 실제 세계의 조명은 매우 복잡하기 때문에 하나의

광원만으로 이를 표현하기에는 어려움이 많다[1].

1975 년에 진행된 ‘Ullman’(MIT)의 연구는 광원의 위치를 찾는 최초의 연구로서 영상에서 보여지는 하나의 광원에 대해 추정하는 방법이다. 먼저 광원추정을 하려는 영상을 여러 개의 패치로 나누고 나누어진 패치 중 인접해 있는 패치간의 광량의 세기를 비교하여 그 차이가 급격하게 나타나는 곳을 광원의 위치라고 제안하였다[2]. 다수의 광원을 복원하는 최초의 연구는 1991 년에 ‘Yang & Yuille’에 의해 진행된 연구이다[3]. 영상에 나타나는 물체들의 음영 경계선을 이용하여 경계선에 나타나는 정보를 통해 여러 개의 광원을 복원하는 기법을 제안하였다. ‘Hougen 과 Abuja’는 신호 처리와 환경 맵 샘플링을 이용하여 여러 개의 광원을 추정하는 연구를 수행하였다[4]. 하지만 다수의 광원을 추정한 경우 추출된 광원의 수가 많아 실시간 렌더링에 적용하기에는 많은 어려움이 있다. 본 연구과 유사하게 ‘High Dynamic Radiance Map’으로부터 소수의 광원을 추정하는 연구가 있지만, 광원을 추정할 때 사용자로부터 다양한 정보 입력을 필요로 하며, 재귀적인 기법을 이용하기 때문에 추정된 광원의 일관성이 없고 일부 영역에 국한되는 문제가 발생한다[5]. 본 연구에서는 일관된 광원을 추정하기 위해 사용자의 개입을 최소화 하고 재귀적인 방법을 사용하지 않는 기법을 사용하였다.

3. 광원추정 방법

3-1. Light prove 를 이용한 HDR 영상 생성

광원의 정보를 추정하기 위해 가장먼저 ‘Light prove’(구면거울)을 이용하여 HDR 영상을 생성한다. Light prove 에 맺히는 광원의 위치로부터 방향성 정보를 추정하기 때문에 크롬볼과 촬영에 사용되는 카메라의 위치는 평행하게 되어야 한다. 카메라와 크롬볼의 위치가 정해지면 HDR 영상을 생성하기 위해 노출 시간을 달리하여 여러장의 LDR(Low Dynamic Range) 영상을 획득한다. 본 연구에서는 LDR 영상으로부터 HDR 영상을 생성하기 위하여 ‘HDRshop’을 이용하였다[6]. 그림.1 은 HDR 영상 생성과정을 보여주고 있다.

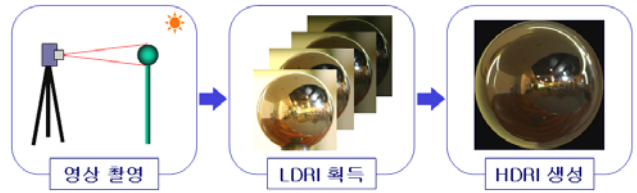


그림 1. HDR 영상 생성 과정

3-2. 입력영상 전처리

HDRshop 을 이용하여 HDR 영상을 만들 경우 통상적으로 원형 맵(circular map)을 생성하게 되는데, 원형 맵 자체로 방향성 광원에 대한 정보를 추정하는 것이 불편하기 때문에 본 연구에서는 원형 맵을 위도경도(latitude longitude) 이미지로 변형하여 사용하였다. 원형 맵과 위도경도 이미지는 서로 일치하기 때문에 위도경도 이미지로부터 광원의 x, y 좌표를 찾아 방향성 정보(구 좌표 계)를 쉽게 추정할 수 있다.

입력 영상에 대해서 추정되는 광원의 위치는 노출시간을 짧게 하여 촬영하였을 때 나타나는 밝은 영역에 존재한다고 가정한다. 밝은 영역과 어두운 영역을 분할 하기 위해 Fuzzy C Mean Clustering 기법을 사용하였는데 입력 영상이 전체적으로 밝은 경우 그림.2 에서 보는 바와 같이 영상의 대부분의 영역이 밝은 영역으로 인식되어 정확한 광원의 위치를 추정할 수가 없다.



그림 2. 전 처리 하지 않은 영역 분할

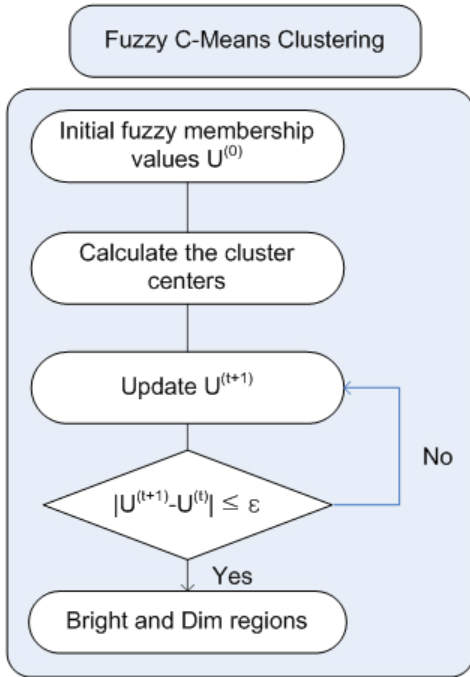
전처리 과정으로 Eq.1 을 적용함으로써 노출 시간을 짧게 하여 촬영한 영상과 비슷한 결과를 얻을 수 있다. 전 처리를 거친 영상을 FCM 에 적용하여 노출시간을 짧게 한 영상에 나타나는 밝은 영역들만 분할이 되도록 하였다.

$$R', G', B' \begin{cases} 0, 0, 0 & \text{if } R, G, B \leq \text{Light} \dots (\text{Eq.1}) \\ R' = aR + b, G' = aG + b, B' = aB + b & \text{otherwise} \end{cases}$$

(R, G, B : 칼라값 Light : 가장 밝은 값 - 50)

3-3. 영역 분할

FCM의 입력 정보는 입력 영상에 대한 RGB 값으로 사용자의 중간 개입 없이 영상을 밝은 영역과 어두운 영역에 대해 각각 1, 0의 값으로 분리하여 준다[7]. 그림.3는 FCM의 처리 과정을 보여주고 있다.



(U : fuzzy membership function)

그림 3. FCM 처리과정

밝은 영역이 FCM을 거쳐 나뉘어지면 각각의 밝은 영역에 대해 광원에 대한 정보들을 계산할 수 있도록 영역별로 그룹을 지어야 한다. Labeling에는 'Glass Fire' 알고리즘을 적용하였으며[8], 알고리즘의 처리과정은 그림.4과 같다.

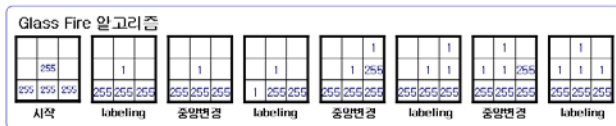


그림 4. 'Glass Fire' 알고리즘

그림.5은 Labeling된 각각의 영역을 pseudo color로 나타내고 있다.

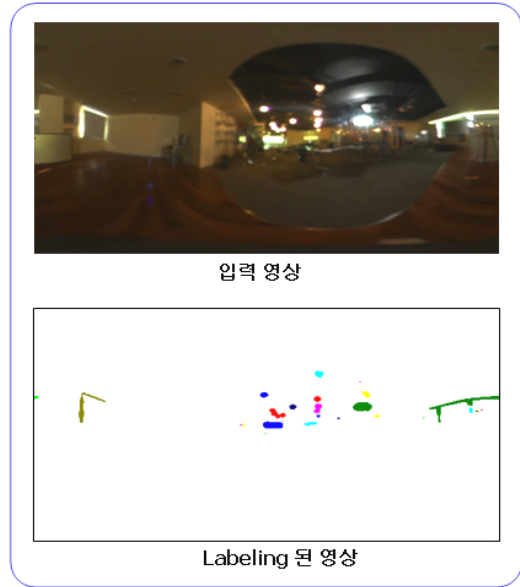


그림 5. 입력 영상과 Labeling된 영상

전체적인 분할 처리과정은 그림.6과 같다.

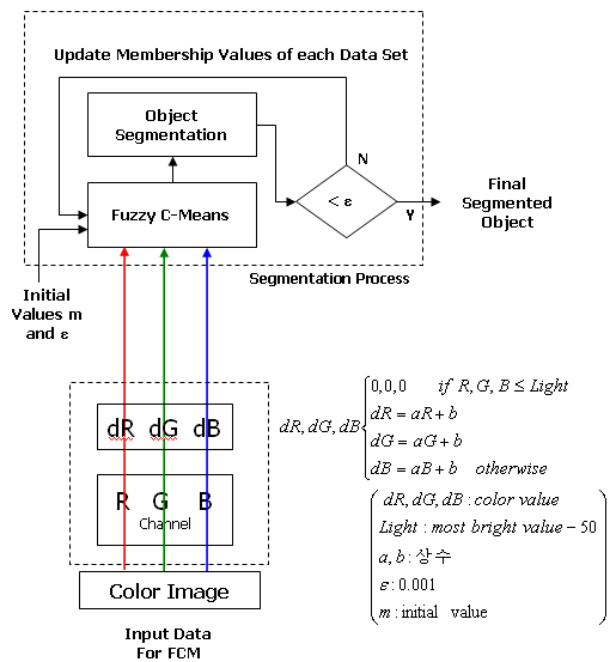


그림 6. 영상 분할 처리과정

3-4. 광원 정보 추정

광원의 정보로 추정되는 값들은 광원의 RGB 값, Intensity, 광원의 좌표 그리고 광원의 방향성 정보이다. 각각의 밝은 영역이 FCM을 거쳐 정해지면 영역별로 추정되는 광원에 대한 정보를 계산한다. 먼저 광원의 R, G, B 값은 각각의 Labeling된 영역으로부터 영역내의 R, G, B 값의

합을 각각 구하고 그 영역의 픽셀수로 나누어 평균 R, G, B 를 계산함으로써 얻을 수 있다. Intensity 는 각 픽셀의 R, G, B 값을 이용하여 $I = 0.2152R + 0.7154G + 0.0721B$ 를 계산하고 영역의 픽셀수로 나눈 평균 값으로 구하였다. 각각의 영역 에서 광원의 위치는 각 픽셀의 밝기 정도에 따라 Eq.2 에서 주어진 가중치(w)를 구하고 이를 Eq.3 에 적용하여 영역에서의 x, y 좌표에 대한 평균 값을 계산하여 추정 하였다.

$$w_i^j = \frac{I_i^j - I_{\min}^j}{I_{\max}^j - I_{\min}^j} \dots\dots\dots \text{Eq.2}$$

$$(x, y)_j = \frac{\sum_{i=1}^N (x, y)_i \times w_i^j}{\sum_{i=1}^N w_i^j} \dots\dots\dots \text{Eq.3}$$

(I : intensity, j : region, i : pixel)
 I_{\max}^j : maximum value of j region
 I_{\min}^j : minimum value of j region

영역별로 광원의 위치를 계산한 후 수많은 광원 중에 실시간으로 사용가능 한 소수의 광원만을 선택 하였다. 소수의 광원은 영상에서 가장 많은 영향을 주는 광원으로써 영역의 Intensity 와 픽셀 수를 이용하여 곱한 결과가 큰 값으로 나타나는 영역의 광원을 선택하였다. 그림.7 은 영상에 나타나있는 밝은 영역들로부터 추정된 모든 광원들(b)과 선택된 소수(8)의 광원들(c)의 위치를 보여주고 있다.

영상에 나타나는 광원의 x, y 좌표가 추정 되었으면 다음으로 각각의 광원에 대한 방향성을 계산한다. 앞 절에서 설명한 것과 같이 ‘Light prove’ 를 통해 빛이 들어오는 방향을 알 수 있다. 원형 맵과 위도경도 맵이 일치하기 때문에 위도경도 맵의 좌표에 대한 광원의 구 좌표를 쉽게 얻을 수 있다. 그림.8 은 원형 맵과 위도경도 맵과의 관계를 나타내고 있으며, 구 좌표 계는 위도경도 맵의 x, y 좌표들로부터 Eq.4 를 이용하여 계산할 수 있다. 계산된 x, y, z 방향성을 추정 할 수 있다.

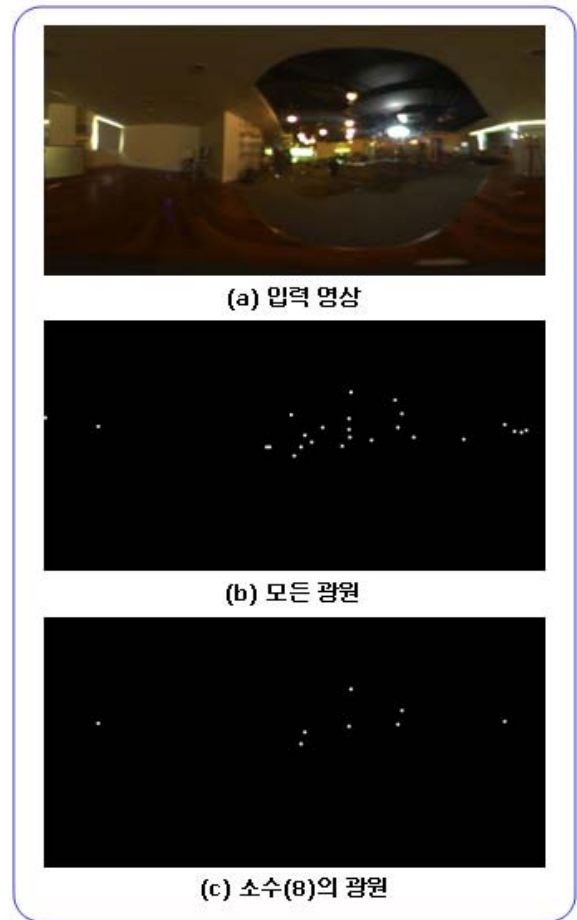


그림 7. 광원의 위치 추정 결과

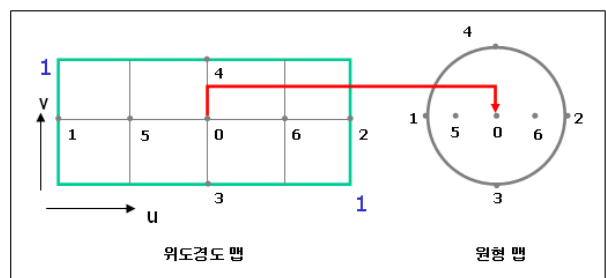


그림 8. 원형 맵과 위도경도 맵이 관계

$$\begin{aligned} x &= \sin(\pi u) \cos(2\pi v) \\ y &= -\cos(\pi v) \\ z &= \sin(\pi v) \sin(2\pi u) \dots\dots\dots (\text{Eq.4}) \end{aligned}$$

(u : x position)
(v : y position)

4. 실험 및 결과 비교

앞 절에서 설명한 실험을 토대로 하여 추정된 8 개의 방향성 광원의 정확성을 살펴보기 위해 Maya 6.0 소프트웨어에서 렌더링 하였다. Maya 소

소프트웨어에서 8개의 방향성 광원을 생성하고 추정된 광원의 정보를 입력하여 렌더링 하였으며 그 결과는 그림 9, 10에서 보여주는 것과 같다. 추정된 모든 광원이 방향성 광원이기 때문에 비슷한 세기의 광원들이 산개되어 추정되는 경우 야간 경기장에서 볼 수 있는 여러 개의 그림자가 생성되는 결과가 나타난다.

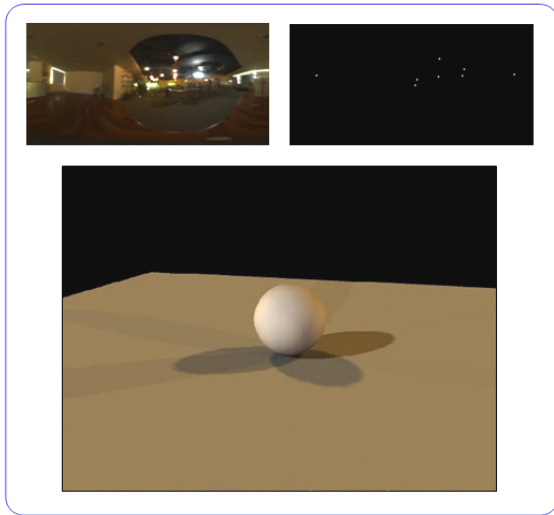


그림 9. 추정된 광원을 이용한 렌더링 결과 1

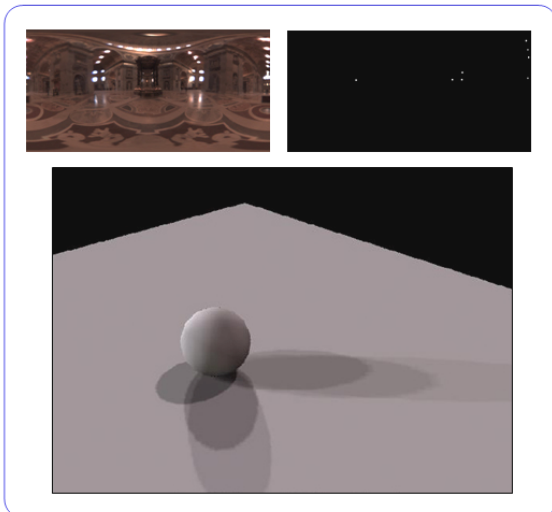


그림 10. 추정된 광원을 이용한 렌더링 결과 2

그림 11은 실 세계 환경에서 오브젝트를 찍은 영상과 추정된 8개 광원 기반의 렌더링 결과로 실제 영상과 비슷한 결과를 보여준다. 실 세계 영상의 카메라 외부 파라미터(자세와 위치)는 보정 패턴을 이용하는 Tsai의 카메라 검정 기법을 이용

하였다[9].



그림 11. 렌더링 결과 비교

제안하는 방법을 평가 하기 위해 'HDRshop'의 'plugin'으로 제공되는 광원 추정 프로그램인 'Light Gen' 과 비교를 하였다. 동일한 개수의 광원을 추정하였으며, 'Light Gen'의 경우 하나의 입력 영상에 대해 광원 추정을 수행 할 때 마다 다른 결과를 보여주지만 제안하는 방법을 사용할 경우 입력 영상에 대해서 항상 동일한 결과를 얻을 수 있다.

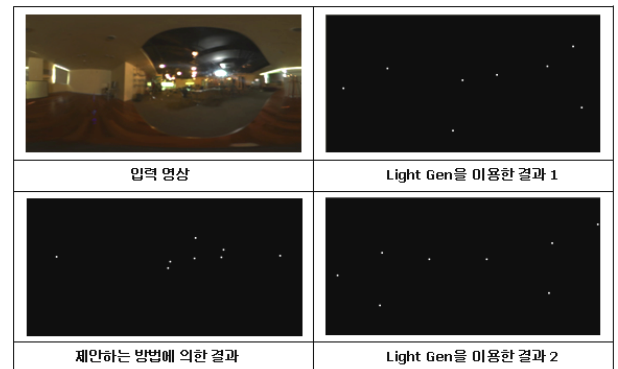


그림 12. Light Gen 과의 광원추정비교 결과

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 실 세계 조명 정보를 기반으로 사실적인 shadow 효과를 얻기 위해 HDR 영상으로부터 소수의 방향성 광원을 추정하는 방법을 제안 하였다. 현재 그래픽 하드웨어에서 지원 가능한 최대 8개의 광원을 추정하여 Maya 6.0 소프트웨어에서 렌더링 하였으며, shadow가 생성되는 결과 실험적으로 보였다. 영상에 나타나는 광원과 렌더링의 결과로 생성되는

shadow 효과를 비교해 보면 추정된 광원으로부터 적절한 그림자가 생성되는 것을 볼 수 있었지만 방향성 광원을 실시간 렌더링이 가능하도록 하기 위해 8 개의 광원만을 사용 하였기 때문에 광원들이 산개 되어 추정 되는 경우 여러 개의 shadow 가 생성되는 것을 볼 수 있었다. 가상 객체에 생성되는 shadow 문제를 최소화 하기 위한 알고리즘의 개선이 필요 하며, 향후 그래픽 하드웨어의 발달로 더 많은 광원을 사용할 수 있는 환경이 된다면 더 나은 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 산개되어 추정되는 광원들로 인해 발생하는 shadow 문제를 개선하기 위해 영상의 중요 광원을 기반으로 soft shadow 생성을 위한 광원추정 기법에 관한 연구를 진행 할 계획이다.

감사의 글

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

참고문헌

- [1] HORN B., BROOKS M.: "Shape and source from shading" , In IJCAI85(1985), pp. 932-936
- [2] Ullman, S.: "On Visual Detection of Light Sources" , Artificial Intelligence Memo 333, MIT(1975)
- [3] Yang, Y., Yuille, A.: "Source from Shading, Proceedings of the Conference on Computer Vision and Pattern Recognition" , pp.534-539 (1991)
- [4] 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(1993), pp. 148-155
- [5] COHEN J., DEBEVEC P.: "Lightgen plugin" ,

<http://www.ict.usc.edu/jcohen/lightgen/lightgen.html>

- [6] DEBEVEC P.: "HDRshop a HDRI processing Tool" , <http://www.debevec.org/HDRshop>
- [7] Y.W. Lim, S.U. Lee.: "On the color image segmentation algorithm based on the thresholding and fuzzy C-means techniques" , Pattern Recognition 23 (9) (1990) 935-952
- [8] Harlick, Robert M., and L.G. Shapiro.: "Computer and Robot Vision" , Volume I, (1992) pp.22~48
- [9] Rober Y. Tsai.: "A Versatile Camera Calibration Technique for High-Accuracy 3D Machine Vision Metrology Using Off-the-Shelf TV Cameras and Lenses" , IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol RA-3, No.4, (1987. 08)