

# 스마트폰에서의 능동적 3차원 형상 취득 기법

원재현, 배민수, 박인규

인하대학교 정보통신공학부

{won1425@gmail.com, minstelrooy@gmail.com, pik@inha.ac.kr}

## Active 3D Shape Acquisition on a Smartphone

Jae Hyun Won, Min Su Bae, In Kyu Park

School of Information and Communication Engineering, Inha University

### 요약

본 논문에서는 스마트폰의 카메라와 플래시를 이용한 능동적 3차원 형상 취득 시스템을 제시한다. 두 대의 스마트폰을 이용하여 한 대의 스마트폰은 광원 역할과 광원 위치 추정을 위한 영상 취득을 하고 다른 스마트폰으로 고정된 위치에서 광원의 위치 변화에 따른 영상을 취득을 한다. 각 스마트폰에서 취득된 영상을 마커 기반에서 광원의 위치를 추정하고 카메라의 반응 함수에 의한 비선형적 왜곡과 렌즈의 왜곡을 보정한다. 광원의 방향 벡터와 보정된 영상의 밝기 값을 이용하여 photometric stereo 기법으로 3차원 형상을 취득한다.

### 1. 서론

컴퓨터 비전 분야에서 3차원 형상 취득과 복원은 문화재 복원, 얼굴 인식 등 다양한 응용 분야에 이용되고 있다. 최근 스마트폰의 광범위한 보급과 3차원에 대한 관심이 높아지면서 스마트폰상에서 3차원 영상처리에 대한 수요가 늘어 가고 있으며 소형화된 3차원 카메라에 대한 연구 [1]도 진행 되고 있다. 3차원 형상을 복원하는 기법에는 구조적 조명, multi-view stereo, structure from motion, shape from shading, photometric stereo 등 여러 기법들이 존재 한다. 스마트폰 상에서의 3차원 형상 취득은 스마트폰의 카메라와 플래시를 이용하여 광원의 위치변화에 따른 물체의 반사특성을 이용한 photometric stereo 방법을 이용 할 수 있다.

### 2. 능동적 3차원 형상 취득

Photometric stereo 기법은 조명이 무한한 거리에 존재하는 점광원이라는 가정과 Lambertian 법칙에 의해 난반사(diffuse) 성질을 가지는 물체에 대하여 관찰되는 영상의 밝기 값은 조명의 위치 벡터와 물체 표면의 법선 벡터의 내적으로 나타낼 수 있다 [2]. 물체 표면의 법선 벡터를 구하기 위해서는 다수의 광원 위치변화에 따른 고정된 위치에서 취득된 영상의 밝기 값과 광원의 위치 벡터를 추정하여 얻을 수 있다. 이러한 능동적 3차원 형상 취득 방법은 광원의 방향 성분과 조명의 밝기, 카메라 특성, 물체의 특성에 따라 3차원 형상 취득 결과에 많은 영향을 미친다. 본 논문에서 광원의 위치 벡터는 고정된 위치에서 취득된 영상과 조명 역할을 하는 스마트폰에서 취득된 두 영상으로부터 두 카메라간의 위치 변환을 추정하여 구한다. 또한 카메라 특성을 고려하여 기하학적 보정과 방사도 보정을 통하여 왜곡을 줄여준다. 그림 1 은 능동적 3차원 형상 취득 순서도를 보여준다.



그림 1. 순서도

### 3. 카메라 보정

영상에서 관찰되는 밝기 값은 카메라 반응곡선에 의해 방사도(irradiance)가 비선형적으로 표현된다. 또한 렌즈와 영상 센서를 완벽하게 수평으로 정렬하는 것이 어렵고 렌즈의 제조 과정상 왜곡이 발생하게 된다. 집중 조명(spotlight)을 목적으로 하는 스마트폰의 플래시는 LED 전면에 집중 조명을 위한 플라스틱 커버가 씌워져 있다. 이는 광원이 비선형적으로 발광하게 되는 원인이 된다.

#### 3.1 기하학적 보정

실제 카메라의 렌즈는 구면 렌즈이므로 방사(radial) 왜곡과 접선(tangential) 왜곡을 가지고 있어 영상의 가장자리에서 상의 위치가 왜곡되어 나타난다. 이러한 기하학적 왜곡을 보정하기 위하여 Matlab의 카메라 보정 툴박스 [3]를 이용하여 내부(intrinsic) 행렬과 방사 계수, 접선 계수를 추정하고 이에 따라 영상을 보정한다.

### 3.2 방사도 보정

카메라로 취득된 영상의 밝기 값은 노출 시간과 센서의 단위 면적당 입사되는 방사도 값의 곱이 카메라 반응 함수에 의해 왜곡되어 비선형적으로 표현된다. 일반적인 카메라의 반응 함수는 단조증가의 형태이므로 반응함수의 역함수를 이용하여 취득된 영상의 밝기 값을 입사되는 실제 방사도 값으로 바꿔 줌으로써 선형적으로 보정 할 수 있다 [4]. 여기서 반응 함수는 노출 시간을 다르게 한 여러 영상으로부터 Robertson의 방법 [5]으로 카메라의 반응 함수를 구한다.

### 4. 실험 결과

두 대의 스마트폰을 이용하여 광원의 방향을 서로 다른 여섯 방향에서 영상을 취득한다. 하나는 고정된 위치에서 취득을 하고 다른 하나는 방향을 바꿔가며 영상을 취득하여 마커 기반의 ARToolKit [6]을 이용하여 두 카메라의 위치를 추정하고 이를 이용해 광원의 방향을 추정한다. 고정된 위치의 스마트폰에서 취득된 영상은 그림 2 와 같이 취득된 영상에 대하여 기하학적 보정과 방사도 보정을 적용한다. 추정된 서로 다른 여섯 방향의 광원 방향 벡터와 보정된 영상의 밝기 값을 이용하여 그림 3 (a)와 같은 물체 표면의 법선 벡터를 구하고 물체 표면의 법선 벡터로부터 그림 3 (b) 와 같은 깊이영상을 취득 할 수 있다. 스마트폰의 플래시와 카메라를 이용하여 능동적 3차원 형상 취득의 왜곡 원인이 되는 카메라와 조명에 대하여 기하학적 보정과 방사도 보정을 통해 복원 오차를 줄여 낮은 비용으로 높은 품질의 3차원 형상 취득이 가능하고 간단하면서도 소형화된 3차원 카메라로 이용할 수 있다.

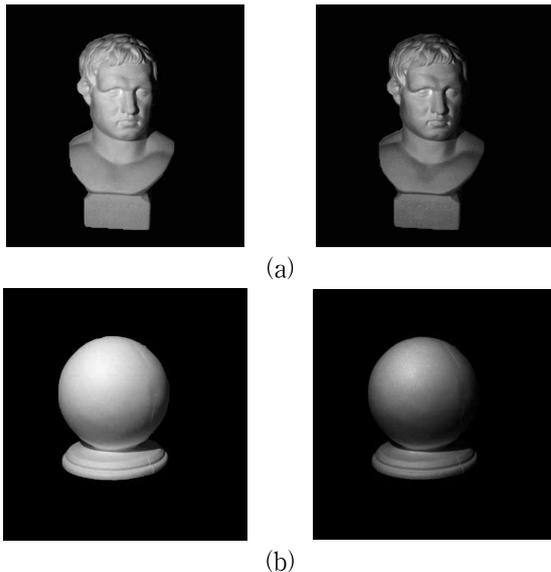


그림 2. 방사도 보정 결과 (a) 보정 전 (b) 보정 후

### 5. 결론

본 논문에서는 각각의 스마트폰에서 취득된 영상을 이용하여 광원의 방향을 추정 하고 영상에 대하여 기하학적 보정과 방사량 보정을 적용하여 스마트폰상에서 카메라와 플래시를 이용한 능동적 3차원 형상 취득 시스템을 제시 하였다.

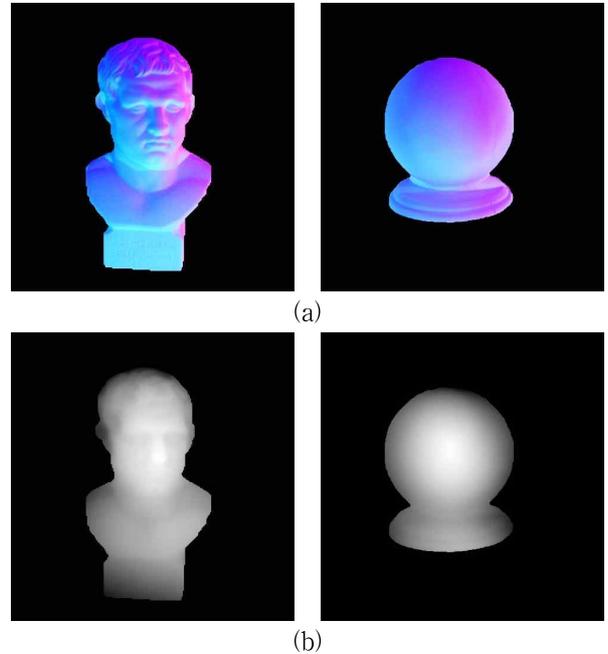


그림 3. 복원 결과 (a) 법선 벡터 영상 (b) 깊이 영상

### 감사의 글

본 연구는 정보통신산업진흥원의 IT/SW 창의 연구 과정의 연구 결과로 지식경제부와 삼성전자 주식회사에 의해 지원된 과제에 수행되었음(NIPA-2010-(C1810-1004-0002)).

### 참고 문헌

- [1] T. Higo, Y. Matsushita, N. Joshi, and K. Ikeuchi, "A hand-held photometric stereo camera for 3-D modeling," *Proc. IEEE International Conference on Computer Vision*, pp. 1234-1241, September 2009.
- [2] R. J. Woodham, "Photometric method for determining surface orientation from multiple Images," *Optical Engineering*, vol. 19, no. 1, pp. 139-144, February 1980.
- [3] J. Y. Bouguet, *Camera calibration toolbox for Matlab*, [http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib\\_doc/](http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/).
- [4] M. A. Robertson, S. Borman, and L. Stevenson, "Dynamic range improvement through multiple exposures," *Proc. IEEE International Conference on Image Processing*, vol. III, pp. 159-163, October 1999.
- [5] A. Livinov and Y. Y. Schechner, "Addressing radiometric nonidealities: A unified framework," *Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. II, pp. 66-59, June 2005.
- [6] H. Kato and M. Billinghurst, "Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system," *Proc. IEEE International Workshop on Augmented Reality*, pp. 85-94, October 1999.