

# 다시점 깊이 카메라 시스템의 깊이 영상 보정 방법

강윤석, 이은경, 호요성  
광주과학기술원

{yunsuk, eklee78, hoyo}@gist.ac.kr

## Depth Map Correction for Multiple Depth Camera System

Yun-Suk Kang, Eun-Kyung Lee, and Yo-Sung Ho  
Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

### 요약

본 논문에서는 다시점 깊이 카메라에서 촬영된 다시점 깊이 영상을 보정하는 방법을 소개한다. TOF 센서를 이용하는 깊이 카메라는 실시간으로 장면의 깊이를 측정할 수 있는 장점이 있지만, 촬영된 깊이 값이 시점에 따라, 그리고 거리에 따라 균일하지 못하게 나타나는 문제점을 가지고 있다. 제안하는 방법에서는 각 시점마다 실제의 거리에 따른 깊이 값의 분포를 구하고, 이 값의 분포를 균일화할 수 있는 함수를 구한다. 그리고 이 함수를 이용하여 촬영된 깊이 영상을 보정한다. 보정된 깊이 영상은 장면의 거리에 따라, 그리고 시점에 따라 균일하게 분포된 깊이 값을 가지게 되며 다시점 영상 및 다시점 깊이 영상을 이용한 3차원 비디오 생성의 정확도를 높일 수 있다.

### I. 서론

동일한 장면이나 물체를 여러 대의 카메라로 동시에 촬영한 영상을 다시점 영상(multi-view image)이라고 한다. 다시점 영상은 여러 각도에서 장면을 촬영하기 때문에 한 대의 카메라로 촬영한 영상보다 더 생생하고 입체감 있는 영상을 제공할 수 있는 장점이 있다. 다시점 영상을 이용한 3차원 TV (Three-dimensional TV, 3DTV)는 사용자에게 마치 현장에 있는 것과 같은 실재감을 줄 수 있는 차세대 방송 기술로써 활발한 연구가 진행되고 있다.

입체감을 줄 수 있는 3차원 영상을 생성하기 위해서는 다시점 영상과 함께 장면에 대한 깊이 정보가 필요하다. 깊이 정보를 획득하는 방법은 수동형 방식과 능동형 방식의 두 가지로 나눌 수 있다. 수동형 방식은 촬영된 영상을 이용하여 장면의 깊이 정보를 예측하는 것으로서, 스테레오 매칭(stereo matching)이나 2차원 영상의 3차원 변환과 같은 방법이 여기에 해당된다. 능동형 방식은 거리 센서를 이용하는 하드웨어 기반의 방식으로써 TOF (Time-of-Flight) 센서를 사용하는 깊이 카메라와 3차원 스캐너 등의 장비를 이용한다. 능동형 방식과 수동형 방식을 결합하여 구현한 복합형 방식은 다시점 카메라와 깊이 카메라를 함께 사용하여 3차원 영상을 생성하는 방법이다. 기존에는 스테레오 카메라 혹은 다시점 카메라와 한 대의 깊이 카메라를 주로 이용하였으나, 최근에는 다시점의 깊이 카메라를 이용하는 방법도 제안되었다 [1].

TOF 센서를 이용하는 깊이 카메라는 실시간으로 장면의 실제의 깊이 정보를 얻을 수 있는 장점이 있지만, 단점 또한 가지고 있다. 깊이 획득에 적외선을 이용하기 때문에 촬영 환경 및 거리가 제한되어 있으며, 특정 색상이나 물체에 대하여 정보를 획득하지 못하는 경우가 발생한다. 고해상도의 영상을 얻을 수 없는 것과 촬영된 깊이 영상에 잡음이 존재하는 것, 렌즈 왜곡의 문제도

발생한다. 그리고 장면의 거리에 따른 깊이 정보의 분포와 시점에 따른 깊이 정보가 균일하지 않게 나타나는 등의 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 3대의 깊이 카메라를 이용하여 구성된 다시점 깊이 카메라 시스템으로 촬영된 다시점 깊이 영상의 보정 방법을 소개한다. 제안하는 방법에서는 실제의 거리에 따라 균일하지 않게 나타난 깊이 값의 분포를 각 시점마다 구하고, 이 값의 분포를 선형적으로 균일화할 수 있는 함수를 찾아서 촬영된 다시점 깊이 영상을 보정한다. 보정된 깊이 영상에서는 각 시점에서 장면의 거리에 따라 균일한 깊이 값을 가진다.

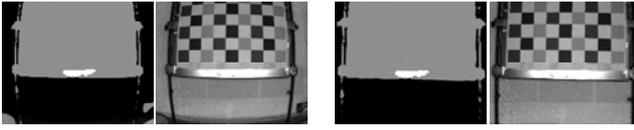
### II. 다시점 깊이 카메라의 특성

그림 1은 촬영에 사용된 다시점 깊이 카메라 시스템을 보여준다. 카메라의 모델은 Mesa Imaging의 SR4000으로, QCIF 해상도의 깊이 영상을 약 5m의 범위 내에서 최대 54fps로 촬영할 수 있다.



그림 1. 다시점 깊이 카메라 시스템

촬영된 영상은 장면에 대한 깊이 영상과 흑백 영상의 두 가지 형태로 저장된다. 그림 2(a)는 원 영상을 보여주며, 렌즈 왜곡이 발생하였음을 알 수 있다. 촬영된 영상의 원활한 사용을 위해서 그림 2(b)와 같이 렌즈 왜곡을 제거한 후, 영상 정렬화를 수행하였다 [2].



(a) 촬영된 영상 (b) 렌즈 왜곡이 제거된 영상  
그림 2. 다시점 카메라의 출력 영상 및 렌즈 왜곡 보정

촬영에 사용된 깊이 카메라는 TOF 센서를 사용하는 카메라로써, 두 대 이상의 카메라를 사용하기 위해서는 신호의 간섭을 피하기 위해서 각 카메라마다 서로 다른 변조 주파수를 사용해야 한다. SR4000은 기본적으로 30MHz의 변조 주파수를 사용하며 추가로 29MHz와 31MHz의 주파수를 제공한다. 따라서 동시에 촬영이 가능한 최대 카메라 수는 세 대 이다. 촬영 시에 사용되는 변조 주파수에 따라서 카메라의 최대 촬영 거리가 조금씩 달라지는 오차가 발생한다.

### III. 다시점 깊이 영상 보정 방법 및 실험 결과

다시점 깊이 영상 보정을 위해서는 깊이 영상의 각 화소 값에 해당하는 실제의 깊이를 측정해야 한다. 이를 위해 그림 3과 같이 격자 무늬가 인쇄된 패턴을 장면의 가장 뒤쪽부터 앞쪽까지 일정한 거리로 움직이며 촬영한다. 촬영을 위해서 바닥에 눈금이 표시된 레일을 설치하였으며 10cm의 간격으로 총 2m의 거리를 촬영하였다.

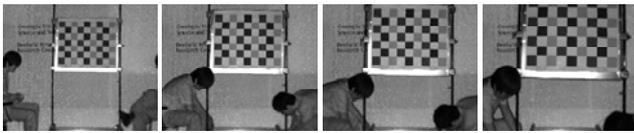


그림 3. 거리에 따른 영상 획득

거리에 따라 촬영된 각 시점의 영상에서 격자 무늬 패턴에 대한 두 개의 변이 값을 구할 수 있고, 이 값의 평균으로 계산된 최종 변이 값  $d$ 를 이용하여 실제의 거리 값인  $Z$ 를 식 (1)과 같이 구할 수 있다.

$$Z_i = \frac{f \cdot B}{d_i} \quad (1)$$

위의 식에서  $Z$ 는 촬영된 영상의 번호를 의미하고,  $f$ 와  $B$ 는 각각 카메라의 초점 거리와 카메라 간 간격이다.

세 개의 시점에서 촬영된 영상에서 격자 무늬 패턴에 대한 깊이 값  $D$ 와 실제의 거리 값인  $Z$ 의 관계는 그림 4(a)에 나타나 있다. 시점에 따라, 그리고 실제의 거리에 따라 깊이 값의 분포가 고르지 않음을 확인할 수 있다. 이러한 깊이 값의 특성을 보정하기 위해 각 점에서 거리의 제곱의 합을 최소로 만드는 직선을 그림 4(b)와 같이 구하였다.

이제 다시점 깊이 영상을 보정하기 위해서 입력되는 깊이 영상의 각 화소에서의 실제 거리 값인  $Z(i,j)$ 를 계산하고, 앞에서 구한 함수를 이용하여 그에 대응하는 깊이 값으로 대체한다. 깊이 영상의  $(i,j)$  위치의 화소에 해당하는 실제의 거리 정보는 식 (2)와 같이 구할 수 있으며,  $D_{max}$ ,  $D_{min}$ ,  $D(i,j)$ 는 각각 최대와 최소의 깊이 값,  $(i,j)$  위치의 화소의 깊이 값을, 그리고  $Z_{max}$ 와  $Z_{min}$ 는 각각 최소와 최대 변이 값을 사용하여 계산된 실제 거리의 최대와 최소값이다.

$$Z(i,j) = Z_{min} + \{D_{max} - D(i,j)\} \times \frac{Z_{max} - Z_{min}}{D_{max} - D_{min}} \quad (2)$$

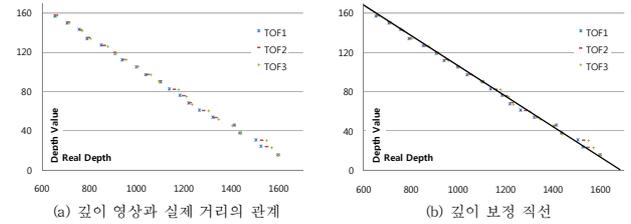


그림 4. 깊이 영상 보정을 위한 함수

깊이 영상의 각 화소에서 구해진  $Z$ 값은 그림 4(b)의 함수에서 대응되는 보정된 깊이 값을 찾고, 이 깊이 값으로 현재 화소의 깊이 값을 대체한다. 이 과정을 보정하고자 하는 각 시점의 깊이 영상 혹은 비디오의 모든 시점에 적용하면 깊이 값이 보정된 다시점 깊이 영상을 얻을 수 있다. 그림 5는 제안한 방법을 통해서 깊이 값이 보정된 다시점 깊이 영상을 보여준다.



그림 5. 제안한 방법의 실험 결과

### IV. 결론

본 논문에서는 다시점 깊이 카메라로 촬영된 다시점 깊이 영상의 보정 방법을 소개하였다. 카메라의 특성으로 인해 발생하는 장면에 대한 깊이 값의 비균일 및 비선형 문제에 대하여, 거리에 따라 획득한 깊이 값과 실제의 거리 값을 계산하여 보정 함수를 구하고, 그것을 이용하여 다시점 깊이 영상을 보정하였다. 보정된 다시점 깊이 영상은 시점과 장면의 거리에 따라 균일하고 선형적인 특성을 나타내었다.

### 감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2009-(C1090-0902-0017)).

### 참고 문헌

[1] Y.M. Kim, D. Chan, C. Theobalt, and S. Thrun, "Design and Calibration of a Multi-view TOF Sensor Fusion System," In Proc. of CVPR Workshop on Time-of-Flight Computer Vision, pp. 1-7, 2008.

[2] A. Wang, T. Qiu, and L. Shao, "A Simple Method of Radial Distortion Correction with Centre of Distortion Estimation," Journal of Mathematical Imaging and Vision, vol. 35, no. 3, pp. 165-172, 2009.