

## 절차적 멀티카메라 기하 및 색상 정보 보정 툴킷

### Procedural Geometry Calibration and Color Correction Toolkit for Multiple Cameras

Hoonjong Kang<sup>1</sup> · Dongsik Jo<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Associate Professor, Department of Electronic Engineering, Wonkwang University, Iksan, 54538 Korea

<sup>2\*</sup>Assistant Professor, School of IT Convergence, University of Ulsan, Ulsan, 44610 Korea

#### ABSTRACT

Recently, 3D reconstruction of real objects with multi-cameras has been widely used for many services such as VR/AR, motion capture, and plenoptic video generation. For accurate 3D reconstruction, geometry and color matching between multiple cameras will be needed. However, previous calibration and correction methods for geometry (internal and external parameters) and color (intensity) correction is difficult for non-majors to perform manually. In this paper, we propose a toolkit with procedural geometry calibration and color correction among cameras with different positions and types. Our toolkit consists of an easy user interface and turned out to be effective in setting up multi-cameras for reconstruction.

**Keywords** : Multiple cameras, Geometry, Calibration, Toolkit

## I. 서 론

최근 비정형 위치의 멀티카메라를 가지고 실제 공간에 있는 물체를 3D 복원(Reconstruction)하여 차세대 화상회의, VR/AR, CG 영상 제작, 모션 캡처, 플렌옵틱 영상 생성 등에 널리 활용하고 있다[1-3]. 3차원 물체(혹은 객체)에 대한 정밀한 3D 복원을 위해서는 다수의 비정

형 카메라 간의 위치 및 각도 정보에 대한 상대적인 상관관계를 먼저 알아야 한다[4]. 멀티카메라 간의 상관관계는 미리 크기 정보를 알고 있는 특정 패턴(예: 체스보드, Calibration Plate)을 통해 기하 보정(캘리브레이션, Calibration) 과정을 거치고, 행렬 수식과 같은 수학적 계산에 의해 카메라 파라미터(내부 및 외부)를 추출하여 멀티카메라 간의 상관관계를 추정하는 프로세스로 일반적으로 진행이 된다[5]. 예를 들면, 왜곡된 카메라 영상을 보정하기 위해서는 카메라 내부 파라미터(Intrinsic Parameter)를 구해야 한다. 또한, 카메라 외부 파라미터 보정(Extrinsic Camera Calibration)은 체스보드에 대한 영상을 분석하여 이 영상을 획득할 당시의 카메라의 3차원 위치(지면으로부터 높이 등) 및 3D 자세 정보(Pan, Tilt 등)를 추출하는 것을 목적으로 한다.

그리고, 정확한 3D 복원을 위해서는 다수의 멀티카메라 간의 색상 정보를 일치하는 방법이 필요하다[6]. 다수의 카메라에 대한 동일한 복원 결과에 대한 색감을 표현하기 위해 색상 보정 값을 이용한 일치 작업이 필요하다.

하지만, 멀티 카메라의 기하 및 색상을 보정하는 기존의 방법은 상용 툴킷에서 명령어를 기반으로 수행하거나 수작업을 통해 수행하므로 카메라를 이용한 영상 처리에 관한 컴퓨터 비전 전공자가 아니면 쉽게 수행하기가 어렵다. 즉, 비전공자가 쉽게 카메라 기하 및 색상 보정 작업을 편리하게 수행하는 방법이 필요하다.

따라서, 본 논문에서는 비정형의 위치에 있는 멀티카메라에 대한 기하 보정 및 서로 다른 카메라들 간의 색상 정보를 절차적으로 쉽게 보정하는 툴킷에 대해 제안한다. 이를 위해 컴퓨터 비전 비전공자인 사용자는 인터페이스(UI) 버튼 동작과 툴킷에 포함된 절차적 가이드 라인으로 멀티카메라의 3차원 공간 구조 특성을 기반한 카메라 기하 보정과 카메라 간의 중첩 영역을 통한 색상 정보를 쉽게 보정할 수 있다. 본 논문에서 제시한 툴킷을 이용하여 사용자들에게 기하 및 색상 보정을 수행한 결과, 배경 지식이 없는 사용자들도 카메라 보정 과정을

Received 11 March 2021, Revised 13 March 2021, Accepted 3 April 2021

\* Corresponding Author Dongsik Jo(E-mail:dongsikjo@ulsan.ac.kr, Tel:+82-52-259-1647)

Assistant Professor, School of IT Convergence, College of Engineering, University of Ulsan, Ulsan, 44610 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2021.25.4.615>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

쉽고 빠르게 수행하는 것을 알 수 있었다. 2장에는 본 논문에서 제안한 절차적 멀티카메라 기하 및 색상 보정 툴킷의 구조 및 절차적 동작 방법을 제시하고, 3장에서는 구축 결과 및 사용자(비전공자 대상) 툴킷 이용 결과를 제시하고, 4장의 결론에서는 본 논문에서 제시된 효과성에 대한 정리 및 추후 연구 방향에 대해 제시한다.

## II. 절차적 멀티카메라 기하 정보 보정 툴킷 구조도 및 절차적 동작 방법

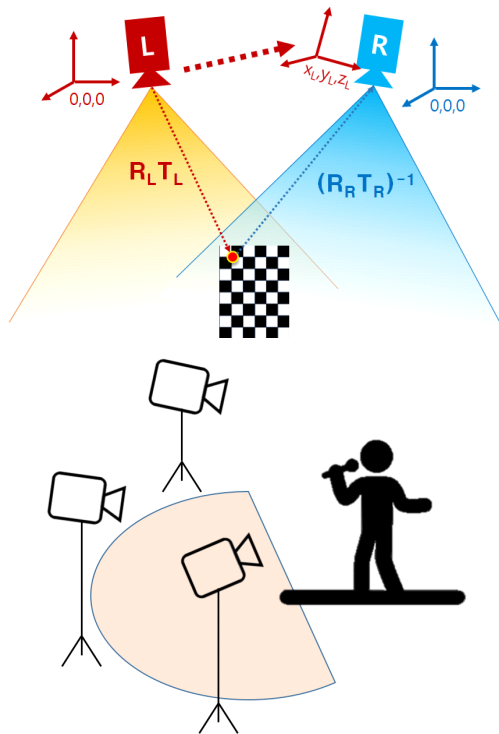


Fig. 1 Camera calibration for multiple cameras (Top), and 3D Reconstruction (Bottom)

그림1은 본 논문에서 제시한 툴킷에서 기하 보정 가능한 멀티 카메라 캘리브레이션 방법에 대한 예시이다. 그림에 따라 체크보드 (혹은 마커)를 이용하여 각 카메라별로 추출된 카메라 파라미터 좌표계들을 하나의 좌표계로 정합하는 과정을 거치게 된다. 이는 다수의 카메라 관점에서 특징점을 기반으로 개별 카메라의 R/T (Rotation, Translation) 값을 수학적 계산하는 방식으로

진행된다. 즉, 하나의 공간상에 존재하는 대응점들을 기준으로 각 카메라별로 3D 공간상의 좌표 기준으로 기하 관계를 추출하고, 월드 좌표계(World Coordinate System)로 행렬 연산을 통해 정합하는 방식으로 수행한다[7]. 다수 카메라 기하 보정에 대한 캘리브레이션을 수행한 후 3D 공간상의 객체에 대한 복원이 가능하게 된다.

그림 2는 다수 카메라 간의 색상 오차를 줄이기 위한 보정 값 추출 방법에 관한 것이다. 본 논문에서는 카메라 사이의 중첩 영역 ROI(Region of Interest)를 설정하고, ROI에서 Intensity 값을 계산하여 각 카메라별로 gain 값을 계산하는 방식으로 수행하였다. 이를 통해 개별 카메라 간의 칼라 오차를 줄이기 위한 차이 값 추출이 가능하고, 추출된 값은 각 카메라간의 색상오차를 줄일 수 있는 보정 값으로 활용할 수 있겠다.

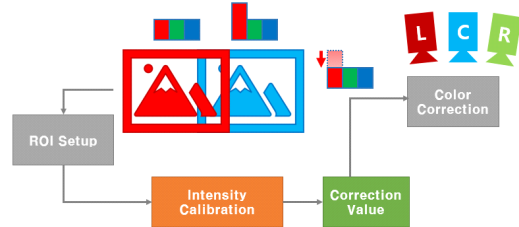


Fig. 2 Proposed color correction method for multiple cameras

그림 3은 본 논문에서 제안하는 절차적 멀티카메라 기하 및 색상 보정 툴킷의 데이터 흐름도를 표현하였다. 그림에서 제시한 흐름도에 따른 절차를 사용자는 가이드라인 및 인터페이스에 따라 순서대로 따라하는 방식으로 동작을 수행하면 된다. 순서에 따르면 먼저 사용자는 다수 카메라를 원하는 적절한 위치에 배치하고, 체크 보드를 촬영한 다수 이미지를 이용하여 카메라 내부 파라미터(Aspect Ratio, Resolution, Focal Length 등)를 우선 추출한다. 이 때 카메라 렌즈왜곡(Radial Distortion, Tangential Distortion 등)을 보정하기 위한 파라미터가 계산된다. 그 이후 다수의 카메라 환경에서 각 카메라의 기하 보정을 위한 기하 정보 추출, 기하 정보 값 계산, 기하 정보 기반 좌표 정합 등 외부 파라미터를 얻는 과정을 수행한다. 그리고, 다수의 카메라 간 색상 보정하는 절차에 따르게 된다. 이러한 과정에서 사용자는 버튼과 같은 인터페이스 도구와 절차적인 가이드라인(예: 체크보드 구성 방법 및 크기 등에 따른 제작 방법, 다양한 각도에서 촬영, 몇 장의 이미지를 촬영하는지 여부 등)에

의해 인터페이스 버튼 기능으로 동작으로 수행이 가능하도록 하였다. 또한, 사용자가 수행한 과정은 카메라의 내부 및 외부 파라미터에 따른 다수 카메라 투영 정보 및 기하정보 좌표, 색상 일치 정보 피드백 등을 통해 툴킷 내부적으로 3D 공간에서 가시화 되도록 하였다.

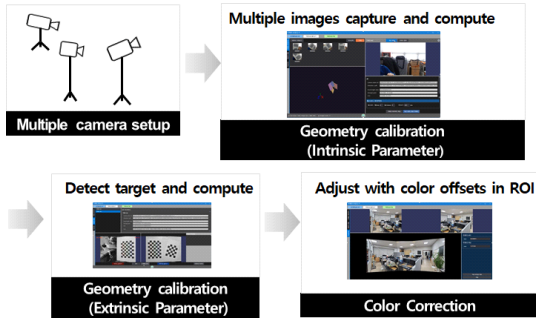


Fig. 3 Proposed data flow of multi-camera calibration toolkit

### III. 절차적 멀티카메라 기하 및 색상 정보 보정 툴킷 구현 결과

그림 4는 본 논문에서 제시한 절차적 멀티카메라 기하 및 색상 보정 툴킷의 결과이다. 기하 정보 보정을 위해서는 영상처리에 특화된 개발 라이브러리인 OpenCV (Open source computer vision) API를 이용하여 다수의 카메라 자세 보정 및 기하정보 추출 캘리브레이션 과정을 수행하는 툴킷 기능을 개발하였다. 다수의 카메라로부터 다수의 패턴(체스보드) 이미지를 촬영하여 radial distortion, tangential distortion과 같은 카메라 내부 왜곡 보정 파라미터는 절차적으로 계산하고, 다수의 카메라를 등록하여 카메라 간의 외부 파라미터 보정 결과를 추출하도록 하여 월드를 기준으로 좌표계를 정합하는 과정을 표현되도록 하였다. 또한, 다수의 카메라 환경에서 각 카메라별로 다른 색상(노출, 화이트 밸런스 등)을 보정하기 위해 파노라마 스티칭을 위한 기법에서 사용하는 중첩영역에서의 Gain 보정을 통한 색상 보정을 수행하였다. 모든 중간 과정 및 결과는 해당 툴킷에서 확인이 가능하도록 하였다.

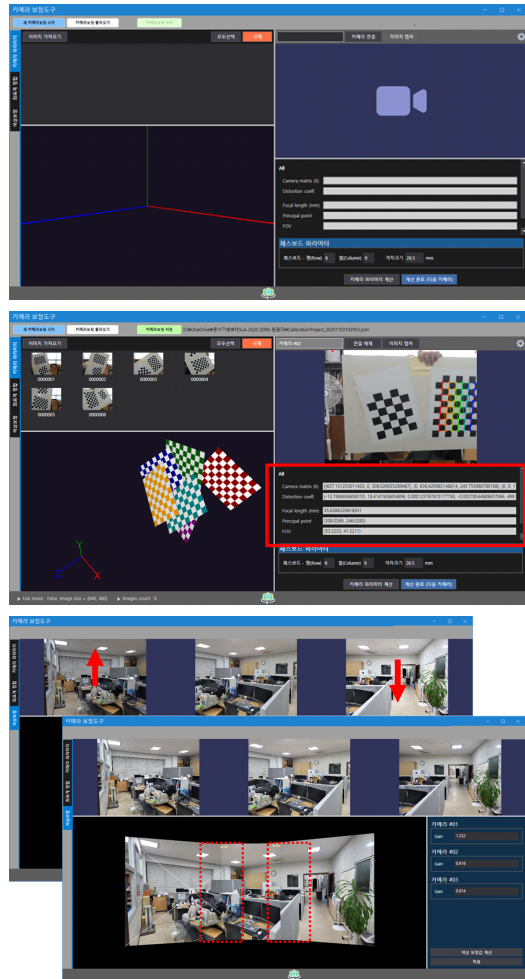


Fig. 4 Results of procedural geometry calibration and color correction toolkit for multiple cameras: Interface in our toolkit(Top), Geometry calibration(Center), Color correction(Bottom)

개발된 다수 카메라 기하 및 색상 보정 툴킷을 이용하여 5인의 컴퓨터 비전공자를 대상으로 테스트를 수행하였다. 그 결과 모든 사용자가 해당 툴킷의 인터페이스 버튼과 가이드 정보에 따라 빠른 시간 내로 (카메라 설치 시간 및 계산시간 제외 1분 이내) 기하 및 색상 보정을 할 수 있는 것을 확인하였다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 비정형 멀티카메라의 최적화된 기하 정보를 추정하는 캘리브레이션(calibration), 다수의 카메라에 대한 색상 보정에 대한 절차적 프로세스를 진행할 수 있는 툴킷을 제시하였다. 본 논문의 결과에 따르면 컴퓨터 비전 비전공자들도 멀티카메라 기하 및 색상 정보를 쉽게 획득하여 3D 물체를 복원할 수 있는 기능을 수행할 수 있게 된다.

향후 본 연구를 확장하여 3D 물체 복원 프로세스까지 연결이 될 수 있도록 툴킷의 기능을 확장할 계획이고, 멀티카메라의 정밀한 색상 정보 일치 등 고도화 기능도 포함할 계획이다. 또한, 3D 물체에 기반한 카메라 오차, 복원 성능, 카메라 속성 등을 제시할 수 있는 실험 환경 구성 및 옥외 환경에서도 적용 가능한 방법을 추가하는 개발할 계획이다. 또한, 효과적인 인터페이스 도구에 대한 연구도 진행할 것이다.

#### ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Institute of Information & communications Technology Planning & Evaluation (IITP), grant funded by the Korean government(MSIT) (No. 2020-0-00226, Development of High-Definition, Unstructured Plenoptic video Acquisition Technology for Medium and Large Space).

#### REFERENCES

- [ 1 ] A. Soltani, H. Haibin, J. Wu, and T. Kulkarni, "Synthesizing 3D Shapes via Modeling Multi-View Depth Maps and Silhouettes with Deep Generative Networks," In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2017.
- [ 2 ] H. Xie, H. Yao, S. Zhang, S. Zhou, and W. Sun, "Pix2Vox++: Multi-Scale Context-Aware 3D Object Reconstruction from Single and Multiple Images," *International Journal of Computer Vision*, no. 128, pp. 2019-2935, 2020.
- [ 3 ] B. Haefner, Y. Quéau, T. Möllenhoff, and D. Cremers, "Fight Ill-Posedness with Ill-Posedness: Single-Shot Variational Depth Super-Resolution from Shading," In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2018.
- [ 4 ] Y. Lin, V. Larsson, M. Geppert, Z. Kukulova, M. Pollefeys, and T. Sattler, "Infrastructure-Based Multi-Camera Calibration Using Radial Projections," In *European Conference on Computer Vision(ECCV)*, pp. 327-344, 2020.
- [ 5 ] S. C. Lim and D. Y. Kim, "A Calibration Method for Multimodal Dual Camera Environment," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 19, no. 9, pp. 2138-2144, 2015.
- [ 6 ] K. Li, Q. Dai, and W. Xu, "Collaborative Color Calibration for Multi-Camera Systems," *Signal Processing: Image Communication*, vol. 26, no. 1, pp. 48-60, 2011.
- [ 7 ] R. Usamentiaga and D. F. Garcia, "Multi-Camera Calibration for Accurate Geometric Measurements in Industrial Environments," *Measurement*, vol. 134, pp. 345-358, 2019.