

# ArUco 마커를 활용한 3D 디스플레이 모듈 위치정보 검출 시스템\*

김현기<sup>○</sup> 장용석 홍성훈  
전남대학교 ICT융합시스템공학과  
rlagusrl1357@naver.com, wkd9136@nate.com, hsh@jnu.ac.kr

## System for detecting location information of 3D display module Using ArUco Markers

Hyungi Kim<sup>○</sup> Yongsuk Jang Sunghoon Hong  
Dept. of ICT Convergence System Engineering, Chonnam National University

### 요 약

LED가 발달함에 따라 예술분야와의 융합을 통하여 무대공연에서의 사용이 늘고 있다. LED로 만들어진 3D 디스플레이 모듈의 개발에 따라 공연에 필요한 영상의 송출을 위해 3D 디스플레이의 ID와 위치정보를 파악할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 광학 가시광 카메라와 ArUco 마커 인식 기술을 응용하여 카메라와 객체의 위치정보를 측정하는 방법을 서술하고 특정공간에서 객체의 위치를 나타내는 방법을 제시한다. 또한 한정적인 공간만 담을 수 있고 마커가 가려질 경우 위치 측정이 불가능한 단일 카메라의 단점을 보완하여 듀얼 카메라에서의 디스플레이 모듈 위치정보 검출 방법을 제시한다.

### 1. 서 론

LED가 발달함에 따라 조명, 광고판, 디스플레이 등 다양한 분야에서 널리 활용되고 있고, 더 나아가 단순하게 정보 제공을 위한 디스플레이를 벗어나 예술분야와의 융합을 통하여 무대공연에서의 사용이 늘어나고 있다. 이러한 무대공연에서 사용되는 LED 디스플레이 모듈은 현재까지 주로 평면 LED 디스플레이를 사용하고 있고, 기존의 LED 디스플레이는 고중량 발열재로 무거우면서 복잡한 배선으로 조립성이 좋지 못하며, 모듈 ID-영상정보에 대한 mapping 기능의 부재로 많은 설치시간과 인원이 필요하고, 저해상도와 2D 디스플레이 기반으로 다양한 공연환경에 대응하기 어려운 문제점이 있다. 이러한 문제점으로 인하여 무대설치 및 재구성이 어렵고, 공연의 질이 저하되며 기술 확산이 지연될 수 있기 때문에 이를 해결할 수 있는 방안으로 3D 디스플레이 모듈이 개발되었다.

3D 디스플레이 모듈은 적층형 모듈로써 6면이 각각의 영상을 디스플레이 할 수 있고, 적층과정에 따라 디스플레이의 위치가 달라질 수 있기 때문에 표현할 콘텐츠 영상과 디스플레이 모듈간의 관계를 표현할 수 있는 모듈 ID-영상 mapping 기술과 이를 공연 기획자가 쉽게 눈으로 확인 가능 할 수 있도록 지원하는 사전시각화 시뮬레이터가 필수적으로 요구된다. 이러한 사전시각화 지원을 위해서는

모듈 ID-영상 mapping 기술이 함께 지원되어야 하는데 이는 공연 기획자가 시뮬레이션을 통해 구성한 무대 공연 콘텐츠 영상과 실제 설치된 디스플레이의 위치와 방향에 따라 올바르게 영상을 송출 할 수 있도록 하는 기술로써 3D 디스플레이 모듈 ID의 위치를 정확히 알아야 한다. 따라서 3D 디스플레이 모듈 위치정보 검출 방법으로 카메라를 이용한 마커인식 기반 위치정보 검출 방법을 제시한다.

본 논문에서는 디스플레이 위치 변경에 따른 위치 좌표계 생성 및 좌표값 검출 기술과 단일 카메라를 이용한 방식의 단점을 보완하여 듀얼 카메라를 이용할 때의 모듈 위치정보 검출 방법을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 디스플레이 모듈 위치정보 검출을 위해 본 연구에서 적용한 카메라 보정 및 ArUco마커 검출 및 자세추정 기술을 살펴보고, 제안하는 마커인식 기반 디스플레이 모듈 위치 및 자세정보 검출 기술에 대해 설명한다. 마지막으로 3장에서는 결론을 맺는다.

### 2. 디스플레이 모듈 위치정보 검출 기술

디스플레이 모듈 위치정보 검출 기술에는 광학 가시광 카메라와 마커 인식 기술을 응용하여 카메라와 객체의 위치 및 자세를 측정하는 방법을 이용한다. 이번 장에서는 카메라 보정 및 마커 인식기술에 대한 기본원리와 동작에

\* 이 연구는 2020년도 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원 (KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (‘20010624’)

대해 간단히 살펴보고 이를 이용한 마커인식 기반 디스플레이 모듈 위치정보 검출 방법을 제시한다.

## 2.1 카메라 보정

카메라 영상은 촬영 시에 사용된 렌즈, 렌즈와 이미지 센서와의 거리, 렌즈와 이미지 센서가 이루는 각 등 카메라 내부의 기구적인 부분에 의해서 크게 영향을 받고, 3차원 점들이 영상에 투영된 위치를 구하거나 역으로 영상좌표로부터 3차원 공간좌표를 복원할 때에는 이러한 내부 요인을 제거해야만 정확한 계산이 가능하다.

카메라 보정은 미리 알고 있거나 샘플로 뽑은 3D 월드 좌표와 2D 영상좌표의 매칭 쌍들을 이용하여 변환행렬을 구한다. 매칭 쌍을 만들어 내기 위해서 보통 카메라로 체스보드판을 촬영하는 방법을 사용하며, OpenCV와 같은 영상처리 라이브러리의 solvePnP함수를 이용하여 손쉽게 계산 가능하다. 카메라 보정의 방법은 영상을 이진화 한 후 체스보드의 교차점 정보를 추출하여 실세계 기반 교차점과 영상좌표 기반의 교차점들에 대해 캘리브레이션을 수행한다.[1] 그림 1은 카메라 보정 수행 방법, 그림 2는 영상 왜곡 보정의 예시이다.

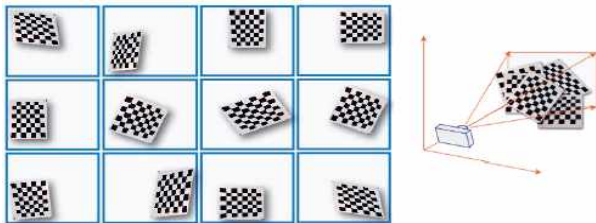


그림 1 카메라 보정 수행 방법

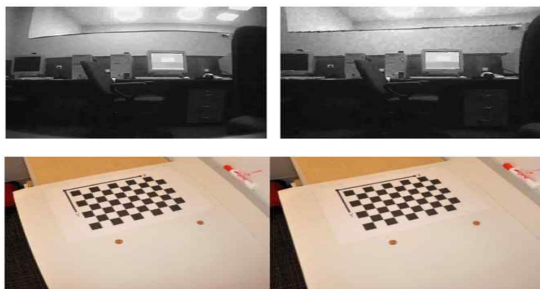


그림 2 영상왜곡 보정 예시

## 2.2 ArUco마커 검출

마커의 네 코너점과 마커의 ID가 저장된 data 집합에서 해당하는 마커의 ID를 검출하여야 한다. 영상을 이진화 시켜 흑백 영상으로 변환한 후 꼭지점이 네 개라는 제한 조건에 있는 윤곽선들을 추출한다. 추출된 사각형들을 perspective transform을 사용하여 정면에서 본 사각형으로 변환 시킨 후 그림 3과 같이 이미지를 격자로 분할한다. 그렇게 얻어진 격자의 비트 행렬을 마커의 ID가 저장된 데이터 집합과

비교하여 대응되는 마커를 추출한다.

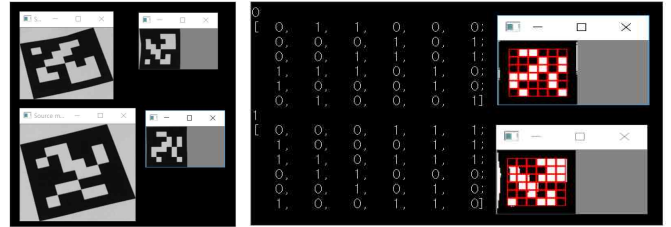


그림 3 마커의 이진화 및 격자분할 과정

각각의 마커에 대한 코너점을 검출한 후 카메라와 마커 사이의 이동 및 회전 벡터를 구하기 위해서 solvePnP 함수를 사용하여 마커의 위치정보를 추정할 수 있다. 그림 4는 카메라 기준 이동 및 회전 벡터 계산 결과이다.[2]

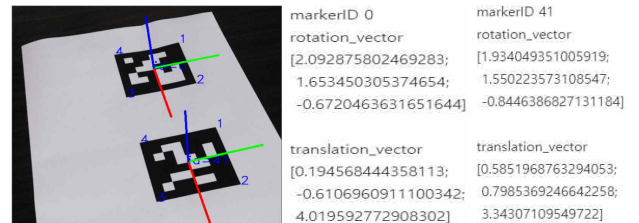


그림 4 마커의 카메라 기준 이동 및 회전 벡터

## 2.3 마커인식 기반 디스플레이 모듈 위치정보 검출

디스플레이 모듈의 위치정보를 검출하기 위해서는 디스플레이에 마커를 띄워 그 마커의 이동 및 회전 벡터를 이용하면 된다. 그리고 디스플레이 모듈의 위치를 정확하게 알기 위해서 디스플레이 모듈이 위치한 특정 공간의 위치 정보를 알고 있어야 한다. 무대와 같은 특정된 공간의 위치 정보를 얻기 위해서는 마커의 각 코너점을 검출하여 이동 및 회전 벡터를 계산한 것과 같이 그 공간의 각 코너점을 영상에서 직접 선택하면 된다. 보통 무대의 실제 정보는 알고 있기 때문에 그 정보를 이용하여 무대의 카메라 기준 이동 및 회전 벡터를 구할 수 있다. 그림 5는 무대 공간과 디스플레이 모듈의 3차원 정보를 검출하는 예시이다.[3]

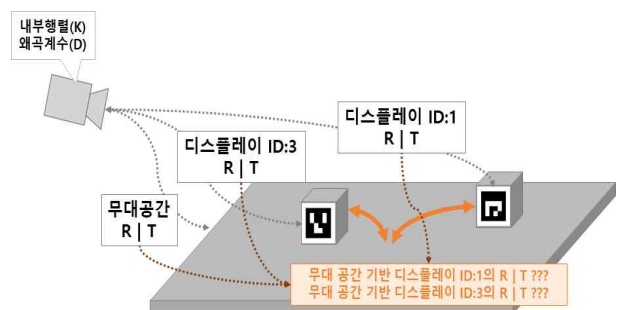


그림 5 무대 공간과 모듈의 3차원 정보 검출

여러 개의 체스보드 판과 카메라 간의 관계를 표현할 수 있는 외부행렬 값을 구할 수 있다. 이 외부행렬 값은 회전과 이동에 대한 내용을 포함하고 이는 카메라가 특정 개체를 촬영할 때, 회전과 이동에 따른 객체의 상태를 카메라 좌표계를 이용하여 표현이 가능하다. 객체 좌표계에서의 한 점  $P_o$ 은 다음과 같은 수식을 통하여 카메라 좌표계의  $P_c$ 로 변환된다. 여기서  $R$ 은 회전행렬,  $T$ 는 이동행렬이다. 그림 6는 카메라 기준 모듈 검출 결과이며 표 1은 카메라 기준 모듈 검출 결과 데이터다.

$$P_c = R(P_o - T) \quad (2)$$

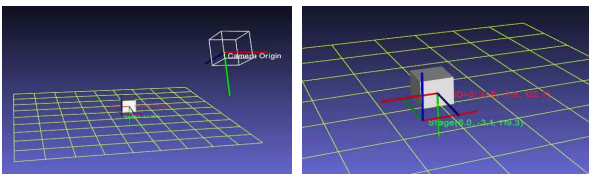


그림 6 카메라 기준 디스플레이 모듈 검출 결과

표 1 카메라기준 3차원 정보 검출 결과 데이터

구분	회전			이동		
	X	Y	Z	X	Y	Z
무대공간	116.8	1.1	-2.3	6.0	-3.1	119.3
디스플레이	1.7	180.1	41.2	10.8	-7.8	122.7

식 (2)를 이용하여 모듈의 좌표계를 무대의 좌표계로 표현하면 다음과 같다. 그림 7은 무대 기준 모듈 검출 결과이며 표 2는 무대 기준 모듈 검출 결과 데이터다.

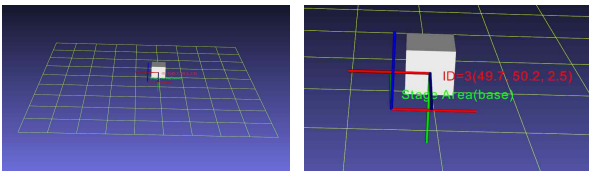


그림 7 무대 기준 디스플레이 모듈 검출 결과

표 2 무대 기준 3차원 정보 검출 결과 데이터

구분	회전			이동		
	X	Y	Z	X	Y	Z
무대공간	-	-	-	-	-	-
디스플레이	-3.8	-125.2	127.8	49.7	50.2	2.5

## 2.4 듀얼 카메라의 디스플레이 모듈 위치정보 검출

무대가 너무 커서 카메라에 담기지 않거나 모듈이 가려져서 마커가 검출되지 않는 경우 여러대의 카메라를 이용하여 모듈의 위치정보를 통합하여야 한다. 무대의 공간은 공통이기 때문에 각 카메라의 디스플레이 위치 정보에 전체무

대의 중심점을 기준으로 오프셋을 부가하여 좌표계를 변환시키면 된다. 그림 8은 실제 2대의 카메라로 검출한 위치정보 검출의 예시이며 그림 9는 위치정보를 통합한 결과이다.

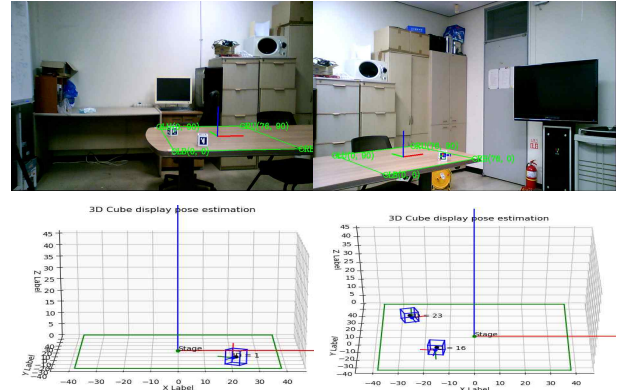


그림 8 듀얼 카메라 위치정보 검출

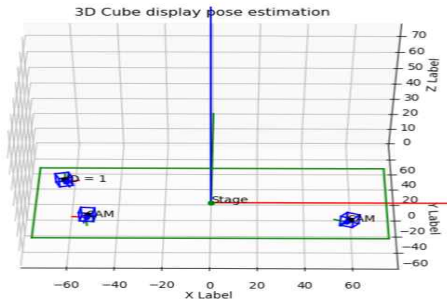


그림 9 듀얼 카메라 위치정보 추합

## 3. 향후 연구 및 결론

본 논문에서는 무대 위의 디스플레이에 한정되어 위치 정보를 검출하였지만 각 마커의 ID에 따라 실제 물체의 정보를 넣고 물체 검출을 자동으로 한다면 거리 센서를 사용하지 않고도 물체와의 거리를 알 수 있거나 해당 물체의 위치를 알 수 있으므로 현재 개발된 영상 자율 주행 시스템에도 보완하여 적용할 수 있을 것으로 보인다. 또한, 여러 대의 카메라를 사용할 경우 자동으로 위치정보를 통합할 수 있도록 향후 연구가 필요할 것으로 보인다.

## 참고문헌

- [1] Gary Rost Bradski, "Learning OpenCV", O'Reilly Media, Inc., 2008
- [2] Xiang, Yu, et al. "Posecnn: A convolutional neural network for 6d object pose estimation in cluttered scenes." arXiv preprint arXiv:1711.00199 (2017).
- [3] Stefan Hinterstoisser, Vincent Lepetit, Slobodan Ilic, Stefan Holzer, Gary Bradski, Kurt Konolige, and Nassir Navab. Model based training, detection and pose estimation of texture-less 3D objects in heavily cluttered scenes. In Asian Conference on Computer Vision (ACCV), pages 548-562, 2012.