

COMPUTER VISION PROJECT 3

202011203 정은호

1. 구현

전체적인 프로젝트의 흐름도는 다음과 같다 :

A) Do Camera Calibration

24mm Square 10x7 체커보드를 사용하여, reprojection error 0.29pixels 를 달성하여 알맞게 Camera Calibration을 수행하였다.

B) Design Custom Marker

38mm x 38mm 커스텀 마커를 제작하였다.

C) Detect Input Image Orientation (Bottom View vs Top View)

100mm x 200mm 직사각형의 각 꼭지점에 커스텀 마커를 부착하고, 마커 속 오각형과 직사각형의 상대적 위치를 판별하여 Bottom View에서 찍힌 사진인지, Top View에서 찍힌 사진인지 구분한다. 오각형이 직사각형 기준 좌측에 위치할 경우 Bottom View('B'), 우측에 위치할 경우 Top View('T')에서 찍힌 사진이다. 어느 View에서 찍혔는지에 따라 **동일한 3D 좌표의 점들에 대한 Image Frame 상에서의 상대적 배치가 달라지기 때문에 C) 과정은 중요하다.**

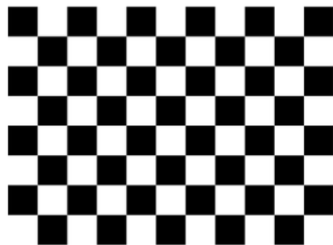


Fig1. Checkerboard



Fig2. Custom Marker

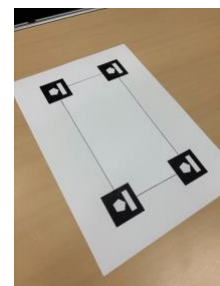


Fig3. 100 x 200 Square with Markers

D) Detect 4 Marker Center Points

입력 이미지에서 HSV 기반으로 검정 마커를 추출하고, 마커의 꼭짓점과 중심좌표를 계산한다. detect_markers() 함수에서 이를 수행하는데, 이 함수는 최종적으로 각 마커의 네 꼭짓점 위치를 (N,4,2) 모양으로 반환하고, 검출된 총 마커 개수를 반환한다(N = 검출된 총 마커 개수 = 4). 각 마커의 네 꼭짓점 위치를 평균 내면 해당 마커의 중심좌표를 계산할 수 있고, 본 프로젝트에서는 이 마커의 중심좌표를 마커의 위치를 대표하는 값으로 보도록 한다.

E) Based on Image Orientation and Center Points, find 3D coordinates of each marker

D) 단계를 거치면 **각 마커에 대해** 이미지평면 상 네 꼭짓점 좌표, 카메라 캘리브레이션을 통해 얻은 내부 파라미터, 그리고 마커 중심을 원점으로 한 object frame 상의 네 꼭짓점 좌표를 알고 있다. 이들을 인자로 하여 SolvePNP 함수를 통해 마커 좌표계와 카메라 좌표계 간 변환행렬 (rvec, tvec)을 구할 수 있다.

SolvePnP 를 통해 얻는 이동 벡터(tvec)와 회전 벡터(rvec)는 마커 좌표계와 카메라 좌표계 간의 상대적 변환을 나타내는 값이며, 특히 rvec은 두 좌표계 간의 회전 관계를 나타낸다. 이때 rvec은 각 마커의 꼭지점 위치를 정확히 계산하는 데 사용할 수 있지만, 본 과제에서 정의한 마커 위치는 마커 중심(원점)이므로 마커 간 상대적인 거리 측정에는 tvec 정보만으로도 충분하다. 2D 이미지 상 각 마커의 중심좌표와 tvec(이동행렬)을 통해 각 마커의 3D 위치를 구한다.

F) Find length of each side of the square

각 마커들의 3D 좌표를 알고 있으므로, 직사각형의 각 변의 위치를 손쉽게 구할 수 있다.

2. 결과

마커가 부착된 100mm x 200mm 직사각형의 Bottom Left, Bottom Right, Top Left, Top Right 네 코너 방향에서 각각 찍은 총 네 개의 사진에 대하여 구한 결과를 평균 내면 다음과 같이 나왔다.

```
===== FINAL AVERAGED SIDE LENGTHS =====  
Top Edge (TL-TR): 101.92 mm (Expected ~100 mm)  
Right Edge (TR-BR): 200.55 mm (Expected ~200 mm)  
Bottom Edge (BR-BL): 102.50 mm (Expected ~100 mm)  
Left Edge (BL-TL): 200.91 mm (Expected ~200 mm)  
=====
```

1~2% 미만의 오차율을 보였는데, 수작업으로 마커의 정중앙을 직사각형의 각 꼭짓점에 위치하도록 하였기 때문에 이 때 오는 미세한 오차를 감안한다면, 상당히 정확하게 변의 길이를 구한 것을 확인할 수 있다.

3. 고찰

정교한 결과를 위해서는 다음과 같은 조건들이 주어져야 한다.

가장 먼저, 정교한 camera calibration이 우선시되어야 한다. 이번 실험의 경우 0.29 pixels의 낮은 reprojection error를 보였다. 더욱 다양한 각도, 거리, 회전을 포함한 조건에서 찍은 사진을 통하여 0.05 수준의 매우 낮은 reprojection error를 보인다면 더 정확한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

둘째, 마커 디자인 시 내부 도형의 대칭성이 중요하다. 본 프로젝트처럼 좌우/상하가 비대칭인 마커를 사용해야 상대적 위치(방향성)를 고려하여 입력 이미지가 Top View 인지 Bottom View인지 자동으로 판별할 수 있다.

셋째, 마커의 위치 정렬 정확도 역시 중요한 요소이다. 이상적으로는 마커의 중심이 정확히 100mmx200mm 직사각형의 꼭짓점과 일치해야 하지만, 본 실험에서는 수작업 부착 방식을 사용했기 때문에 $\pm 1\sim 2$ mm 수준의 위치 오차가 발생했을 것으로 판단된다.

넷째, 영상의 해상도 및 조명 조건을 신경 써야 한다. 해상도가 낮으면 마커의 경계가 흐려져 꼭지점 좌표 검출이 부정확해지기 쉬우며, 조명이 고르지 않으면 컨투어 검출 단계에서 오류가 발생할 수 있다. 실내 간접 조명을 사용하여 조도를 균일하게 유지하고, 높은 해상도의 영상을 사용하며, 반사가 없는 무광 마커를 제작한다면 이로부터 오는 문제를 최소화 할 수 있다.