

3 차원 시각 센서를 탑재한 로봇의 Hand/Eye 캘리브레이션

Hand/Eye calibration of Robot arms with a 3D visual sensing system

*김민영, *노영준, *조형석, **김재훈

*한국과학기술원 기계공학과 (Tel: 042-869-3253; Fax: 042-869-3210; E-mail: mykim@lca.kaist.ac.kr)

**삼성중공업 조선플랜트 연구소 (Tel: 0558-630-6280 ; Fax: 0558-630-5562; E-mail: kjhcmr@samsung.co.kr)

Abstracts The calibration of the robot system with a visual sensor consists of robot, hand-to-eye, and sensor calibration. This paper describe a new technique for computing 3D position and orientation of a 3D sensor system relative to the end effect of a robot manipulator in an eye-on-hand robot configuration. When the 3D coordinates of the feature points at each robot movement and the relative robot motion between two robot movements are known, a homogeneous equation of the form $AX = XB$ is derived. To solve for X uniquely, it is necessary to make two robot arm movements and form a system of two equation of the form: $A_1X = XB_1$ and $A_2X = XB_2$. A closed-form solution to this system of equations is developed and the constraints for solution existence are described in detail. Test results through a series of simulation show that this technique is simple, efficient, and accurate for hand/eye calibration.

Keywords Hand/Eye Calibration, 3D sensor system, Stereo Vision

1. 서론

로봇의 발달과 함께, 시각센서를 탑재한 로봇은 산업현장에서 널리 사용되고 있다. 현재 산업현장에 도입되어 있는 산업용 로봇들은 사전에 교시된 작업만을 수행할 수 있어서, 양산형 자동화에는 적합하지만, 신모델 생산에 적용하기에는 부적합하며, 아직까지 로봇에 시각 인식 기능을 부여하여 보다 융통성있는 작업을 실현시키고자 하는 연구는 본격적인 실용화단계에 이르지 못하고 있다.

시각 인식장치를 탑재한 로봇을 현장에 적용 시키고자 할 때, 중요한 문제로 대두되는 것이 로봇 시스템에 대한 보정이며, 이에 대한 중요성과 요구는 날로 증가하고 있다. 시각센서를 탑재한 로봇 시스템의 보정은 크게 3가지로 나뉜다. 1) 로봇의 보정 2) 시각센서의 보정 3) 로봇과 시각센서의 보정(hand/eye calibration)

이 논문에서 다루고자 하는 내용은 로봇과 시각센서 사이의 변환관계에 대한 보정이다. 이에 대한 연구로는 Tsai[1], Shiu & Ahmad[2] 등의 연구가 있었다. 지금까지 연구의 방향은 하나의 카메라(2차원 시각센서)를 탑재하고 있을 때, 센서와 로봇사이의 관계를 보정하는데 초점이 맞추어져왔다. 이러한 기법들은 로봇의 상대적인 움직임을 바탕으로 센서 좌표계와 보정용 타겟의 기준좌표계와의 상대 변환관계를 계속 규명하고, 이를 통해 로봇의 End-effect 좌표계와 센서의 변환관계를 유추하는 것을 기본 원리로 하고 있다. 즉, 로봇의 자세가 변할때 마다 센서과 보정용 타겟의 변환관계를 카메라 보정을 통해 계속 알아내어야 한다는 단점이 있다. Ma[3]는 로봇이 움직일 때 영상불변량을 이용하여, 기준물체가 필요없는 self hand-eye 보정에 대한 연구를 수행하였다.

본 논문에서는 3차원 시각센서를 탑재하고 있는 로봇의 경우에 있어서, Hand/Eye 보정을 논하고자 한다. 현재 매니플레이터를 탑재하고 있는 자율주행로봇의 경우, 주위 환경의 인식 문제 때문에 매니플레이터에 하나의 카메라를 이용한 센서를 장착하기 보다, 3차원 시각센서를 장착하고 있는 구성이 선호되고 있다. 향후에는 자율주행로봇 뿐만 아니라, 일반적인 매니플레이터의 경우에도 3차원 시각센서의 적용 사례[4][5]가 더욱 증가할 것으로 예측된다. 이 논문에서는 3차원 시각센서로 널리 사용되는 Stereo Vision의 경우와 같이 일정한 레인지에 있는 3차원 정보를 한번에 추출할 수 있는 3차원 시각센서에 있어서 보정 기법을 전개하고 이를 시뮬레이션으로 증명하고자 한다. 논문의 구성은 다음과 같다. 2장

에서는 Hand/Eye 보정에 대한 문제를 정의하고, 3장에서 3차원 센서 시스템이 탑재된 로봇의 Hand/Eye 보정기법을 제안하고자 한다. 4장에서는 제안된 기법의 유용성을 밝히기 위하여, 모의실험이 수행된다.

2. Hand/Eye 보정에 대한 문제 정의

로봇에 대해 일정한 위치에 있는 물체의 3차원 좌표를 측정하기 위해, 3차원 시각 인식 장치를 장착하고 있는 로봇은 그림 1에 나타낸 바와 같이 세가지의 보정이 필요하다. 로봇 보정(Robot Calibration)이라 불리는 로봇 끝단(End Effect)과 로봇 베이스(Base)와의 보정, Hand/Eye 보정이라 불리는 시각 인식장치와 로봇 끝단의 보정, 그리고 센서 보정이라 불리는 시각 인식 장치와 측정 물체 사이의 보정이 필요하다.

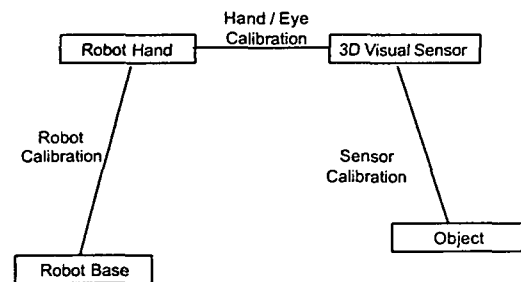


Fig. 1 Three calibrations: Robot calibration, Hand/Eye calibration, Sensor calibration