

# 단일 영상 정보를 이용한 무인항공기의 위치 제어

김 우 현<sup>1,2</sup> · 서 지 원<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 글로벌융합공학부

<sup>2</sup>연세대학교 글로벌융합기술원

## Position Control of UAV Using Monocular Vision

Woohyun Kim<sup>1,2</sup> · Jiwon Seo<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>School of Integrated Technology, Yonsei University

<sup>2</sup>Yonsei Institute of Convergence Technology, Yonsei University

### Abstract

In this paper, a position control method of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) using monocular vision is presented. The position and attitude data is retrieved from the camera calibration method and the UAV is controlled to a desired position based on this data. The presented method is verified by an experiment using a motion analysis system which provides the ground truth.

### 1. 서 론

최근 몇 년간 무인항공기는 감시 혹은 정찰과 같은 군사적인 임무뿐만 아니라 취미, 방송 등의 민간 영역까지 폭넓게 이용되어 왔다 [1]. 특히 다수의 프로펠러만을 이용하여 자세를 제어하는 멀티로터 형태의 무인항공기는 그 형태에서 오는 유지보수의 간편함 때문에 널리 이용되고 있다.

이에 따라 멀티로터 형태의 무인항공기를 이용한 연구들이 진행되어 왔으며 [2,3], 그 중 무인항공기의 자율 비행 제어는 사람이 직접 조종을 하지 않고도 임무를 수행할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이러한 무인항공기의 자율 비행을 위하여 무인항공기의 위치 파악은 필수적이다.

일반적으로 실외의 환경에서 가장 다방면으로 이용될 수 있는 항법 시스템은 GPS와 같은 GNSS(위성항법시스템, Global Navigation Satellite Systems)이다. GPS는 실외 환경에서 위성 신호를 이용하여 정밀한 위치 정보를 제공한다. 한편, 다수의 멀티로터 자율 비행 연구에서는 동작 분석 장비를 사용하기도 하였는데, 동작 분석 장비에서 제공하는 높은 정밀도의 위치 정보를 토대로 무인항공기의 자율 비행을 가능하게 한다.

본 논문에서는 저가형 카메라를 이용하여 단일 영상 정

보를 통해서 무인항공기의 위치를 제어하는 방법을 제안한다. 본 논문의 2절에서는 쿼드로터 무인항공기의 제어 모델과 단일 영상 기반의 위치 제어 기법을 제안하며, 3절은 이에 대한 검증 실험 및 결과를 담고 있다. 마지막으로 4절은 본 논문의 결론을 기술한다.

### II. 단일 영상 기반 위치 제어 기법의 설계

#### 1. 무인항공기 제어 모델

본 연구에서는 쿼드로터 형태의 무인항공기를 제어하기 위하여 [4,5]에서 제안한 쿼드로터 무인항공기의 모델을 사용하였다. 그림 1은 [5]에서 사용한 쿼드로터 무인항공기 모델을 나타낸다.

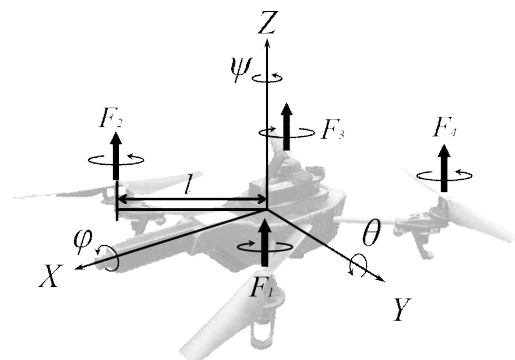


그림 1. [5]에서 사용한 쿼드로터 무인항공기의 제어 모델

제시된 제어 모델을 따르는 쿼드로터 무인항공기는 출력(throttle), 롤, 피치, 요(roll, pitch, yaw) 각에 해당하는 제어 입력을 통해 자세 및 위치를 제어하게 된다. 이러한 제어 입력은 다음 장에서 설명할 영상 기반 위치 추적 기술에서 얻은 위치 정보를 통해 결정된다.

## 2. 단일 영상 기반 위치 제어

본 연구에서는 무인항공기에 부착된 카메라를 기준으로 무인항공기의 위치 및 자세를 파악하는 방법을 제안한다. 이를 위해서는 그림 2와 같은 형태의 마커를 이용하여 위치를 파악하게 된다.



그림 2. 단일 영상 기반 위치 제어를 위한 마커의 모습

위와 같은 마커는 카메라의 보정(camera calibration)에 사용될 수 있는데, 이 과정의 결과로 카메라의 외부 파라미터(extrinsic parameter)를 알 수 있다. 외부 파라미터는  $[R \ T]$ 와 같이 회전변환  $R$ 과 위치벡터  $T$ 로 구성되어, 이를 통해 마커에 대한 카메라의 위치 및 자세를 알 수 있다.

이렇게 알아낸 위치 및 자세 정보는 아래 식과 같이 위치 추종 오차  $e$ 를 정의하는데 사용된다.

$$e = x_d - x, \quad (8)$$

여기서  $x_d$ 는 목표점의 위치를 나타내며 (8)의 시미분은 다음과 같다.

$$\dot{e} = \dot{x}_d - \dot{x}, \quad (9)$$

(8)과 (9)의 추종 오차를 0으로 수렴시키기 위하여 무인항공기의 제어입력  $u$ 는 다음과 같이 간단한 PD 제어기로 설계한다.

$$u = k_p e + k_d \dot{e}, \quad (10)$$

## III. 영상 기반 위치 제어 기법의 성능 분석

본 논문에서 제안한 위치 제어 방법의 성능을 검증하기 위하여 아래 그림의 시나리오를 적용한다. 실험에는 Parrot사의 AR Drone 2.0[6]이 사용되었으며, 실험하는 동안 무인항공기의 정확한 위치(ground truth)를 알기 위하여 자체적으로 보유한 동작분석 실험환경[7]을 이용하여 무인항공기의 위치를 기록하였다.

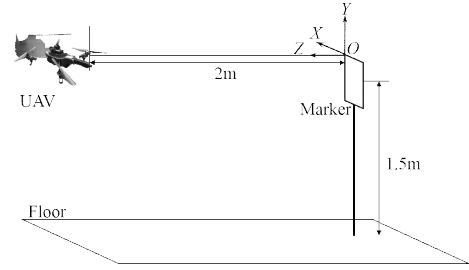


그림 3. 제안된 기법을 검증하기 위한 실험 환경 구성

무인항공기는 마커로부터 수평으로 2m 떨어진 곳에서 이륙하여 마커를 보고 자율 비행을 하게 된다. 주어진 시나리오에 본 논문에서 제안한 위치 제어 기법을 적용한 결과는 그림 4와 같다.

그림 4에서 볼 수 있듯이, 이륙한지 5초 이내에  $z$  축에 해당하는 추종 오차는 0으로 수렴하였으며, 다른 축에 해당하는 추종 오차 또한 일정 시간 후에 0에 가까워지는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 본 논문에서 제안한 단일 영상 기반 위치 제어 기법이 쿼드콥터 형태의 무인항공기에 적용되었을 때 원하는 목표 지점까지의 위치 제어가 가능함을 알 수 있다.

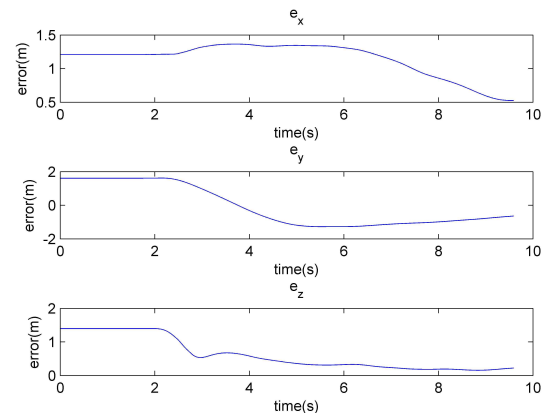


그림 4. 본 장에서 실행한 실험의 위치 추종 오차 결과

## IV. 결 론

본 논문에서는 무인항공기에 부착된 단일의 카메라를 이용하여 무인항공기의 위치 및 자세를 파악하고 이를 위치 제어에 적용시키는 기법을 제안하였다.

단일 영상 기반의 위치 제어 기법은 카메라의 보정 기법을 통해 외부 파라미터를 얻고, 이를 통해 카메라에 비친 대상(본 논문에서 사용한 마커)에 대한 카메라의 위치 및 자세 정보를 획득하였다. 이렇게 획득한 정보는 간략화 된 무인항공기 제어 모델에 적용되어 무인항공기의 위치 제어에 사용되었다. 그리고 제안된 기법의 성능은 동작분석 시스템이 제공하는 정밀한 ground truth와의 비교를 통해 검증되었다.

## 감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 IT명품인재양성사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2015-R0346-15-1008).

## 참고 문헌

- [1] 이경수, 전용국, 손영주, 이해영, “하늘을 지배하는 소형 무인 항공기 드론,” 국방과 기술, 제 425호, pp. 76-85, 2014.
- [2] A. Kushleyev, D. Mellinger, C. Powers, V. Kumar, "Towards a swarm of agile micro quadrotors, Autonomous Robots," 35(4), pp.287-300, 2013.
- [3] S. Lupashin, A. Schollig, M. Sherback, R. D'Andrea, "A simple learning strategy for high-speed quadrocopter multi-flips," 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp.1642-1648, 2010.
- [4] D. Lee, H.J. Kim, S. Sastry, "Feedback linearization vs. adaptive sliding mode control for a quadrotor helicopter," International Journal of Control, Automation and Systems, 7(3), pp. 419-428, 2009.
- [5] W. Kim, J. Kwon, J. Seo, "Formation Control of Quadrotor UAVs by Vision-Based Positioning," International Conference on Mechanical and Aerospace Engineering, 2015.
- [6] Parrot AR Drone 2.0 (<http://ardrone2.parrot.com>).
- [7] J.H. Kim, J.-W. Kwon, J. Seo, "Multi-UAV-based stereo vision system without GPS for ground obstacle mapping to assist path planning of UGV," Electronics Letters, 50(20), pp.1431-1432, 2014.