

# 스마트 조명 시스템을 활용한 드론 호버링 및 위치인식 기법 연구

\*왕수현, \*\*신인재, \*\*\*이재호, \*\*\*\*김경배, \*\*\*\*\*엄두섭  
 \*\*\*,\*\*\*\*\* 고려대학교, \*\*\*,\*\*\*\*서원대학교

\*08shwang@korea.ac.kr, \*\*kshinje@korea.ac.kr, \*\*\*izeho@seowon.ac.kr, \*\*\*\*gbkim@seowon.ac.kr, \*\*\*\*\*eomds@korea.ac.kr

## A Study on Drone Hovering and Indoor Localization Scheme for Smart Indoor Lighting System

\*Soo-Hyun Wang, \*\*In-Jae Shin, \*\*\*Jae-Ho Lee, \*\*\*\*Kyung-Bae Kim, \*\*\*\*\*Doo-Seop Eom  
 Korea Univ. \*Dept. of Information and communications, \*\*\*,\*\*\*\*Seowon Univ.

### 요 약

실내 비행 환경은 구조물에 의한 장애물이 많으며 제한된 고도를 가지는 것이 특징이다. 이를 극복하기 위해 추가적인 신호를 이용하여 안정적인 호버링 기능 구현이 필수적이다. 실외와는 달리 실내 환경은 GPS 수신이 불가능하여 호버링을 위한 새로운 기준점이 필요하며, 일반적으로 옵티컬 플로우를 이용하여 실내 호버링을 구현하는 방식이 대표적으로 사용되고 있다. 본 논문에서는 옵티컬 플로우 기술을 기반으로 실내 환경에서 조명의 세기를 이용한 호버링 기술과 이를 랜드마크로 활용한 실내 위치 인식 시스템을 제안하고 성능 분석을 위해 실내 호버링과 위치 인식의 향상된 정확도를 실험을 통하여 확인한다.

### I. 서론

최근 사람을 대신해 드론이 재난 상황에 투입되는 등 정찰 및 운송수단으로써 그 용도와 역할이 다양해 지고 있으며, 실내 환경에서도 그 수요가 급증하고 있다. 실내 드론 환경은 실외와는 달리 실내는 바람의 영향은 적으나 GPS 수신이 불가능하고, 구조물에 의한 장애물이 많으며 제한된 고도를 가지는 특징을 지닌다. 이러한 실내 환경에서의 드론은 안정적인 비행을 위한 자세 호버링이 필수적이어야 한다.

옵티컬 플로우는 GPS 수신이 불가능한 환경에서 보조 기준점의 역할로 호버링을 위하여 대표적으로 사용되고 있는 방법이다. 드론의 바닥에 부착하여 센서를 이용해 지면에서 되돌아오는 거리값을 기준점으로 잡고 이 기준점을 바탕으로 광학 카메라 센서의 초점을 조절하여 실내 호버링에 이용되어 왔다. 그러나 이 기술에서는, 기준점 바닥의 장애물 등으로 인하여 드론 센싱 시야에 장애가 발생하거나 또는 순간적인 기준점 변경 등의 이유로 인하여 지속적인 기체 안정상태를 유지시키는데 어려움이 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하고자 본 논문에서는 기존 시스템의 개선을 위하여, 실내 스마트 조명 시스템을 보조 수단으로 활용하여[1][2] 옵티컬 플로우 활용 기법의 정확도를 높이고자 한다.

일반적으로 실내 환경에는 일정 간격으로 같은 높이를 가진 실내 조명이 설치 되어 있으며, 실내를 효율적으로 밝히기 위하여 천장의 중요 위치에 조명이 위치하고 있다. 이를 이용해 본 고에서는 드론의 상단 부분에 조도 센서를 부착하여 옵티컬 플로우 이외의 새로운 기준점으로 제시하고[2], 이와 더불어 기존 방식과의 성능적 차별성 검증을 위하여 기존 옵티컬 플로우기반 시스템과의 비교실험을 토대로 호버링 안정도 및 위치인식 정확도를 분석하고자 한다.

또한 실내 조명의 위치를 랜드마크로 활용하고 이를 실내 무선 맵에서의 절대좌표로 설정하여 드론의 현재

위치를 파악하는 방안을 제시한다. 이 방안에서는 조명의 세기를 이용한 드론의 호버링을 통해 드론의 자율 주행시 누적되는 IMU 센서의 오차를 보정하여 드론의 실내 위치 인식의 정확도를 높일 수 있다.

### II. 본론

#### 1) 전체 시스템 구조

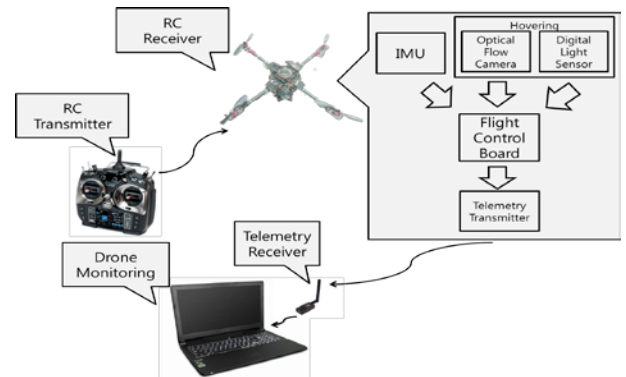


Figure 1. 전체 시스템 구조

IMU, Optical Flow Camera, Digital Light Sensor 에서 측정된 기체 자세, 고도 기준점, 빛의 밝기 세기를 FC 보드에 전달하여 전체 시스템을 제어 할 수 있도록 한다. 현재 드론의 상태정보를 텔레메트리로 전달하여 실시간 모니터링이 가능하도록 한다.

본 연구를 위하여 사용된 드론은 FC 보드로 IMU 센서가 내장된 32-bits 마이크로 컨트롤러 보드(Pixhawk)를 사용하였다. FC 보드에는 IMU 센서(선형 가속도, 각속도, 자기 센서)가 내장되어 있다. 카본 파이버의 소재 프레임, 920rpm/V 의 모터와 30A 의 변속기와 8045 사이즈 프로펠러, 3000mAh 의 Li-Po 배터리를 사용하였다. 1 차

기준점을 위해 소나센서와 스마트 카메라가 있는 옵티컬 플로우 스마트 카메라 센서(px4flow)를, 2 차 기준점을 위해 조도 센서(TSL2561)를 사용하였다.

2) 드론 실내 호버링

드론이 실내 조명 근처를 지나갈 때 조도 센서를 통하여 조명과의 거리에 따라 들어오는 빛의 밝기를 전압의 크기로 바꾸게 되고, 이 전압의 크기를 기준점으로 호버링을 하게 된다. 조명의 밝기의  $\pm 10\%$ 를 Threshold 로 하여 호버링의 기준점으로 설정하였다. 드론에 하단부에 있는 옵티컬 플로우 스마트 카메라 센서의 값과 함께 조명의 밝기 값을 기준으로 안정적인 호버링이 가능하도록 한다.

실험은 고도(z 축)은 지상을 기준으로 5m 로 고정된 상황에서 옵티컬 플로우만 사용하였을 경우와 옵티컬 플로우와 Li-Fi 통신을 사용하였을 경우로 비교측정을 하였다. 고도 5m 에서의 기준밝기는 800 lux 이다.

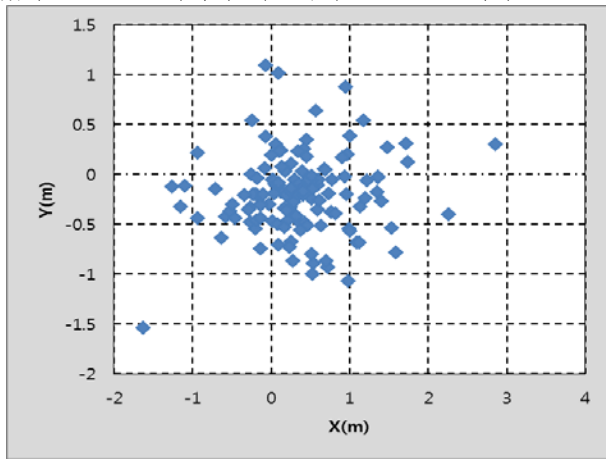


Figure 2. 옵티컬 플로우 호버링

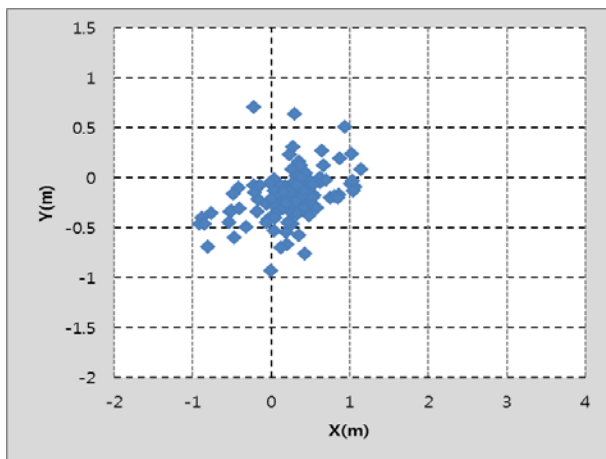


Figure 3. 옵티컬 플로우와 실내 조명 호버링

그림 2 와 그림 3 을 통해 옵티컬 플로우 방식만을 사용한 경우에 비해 옵티컬 플로우와 빛의 밝기 방식을 결합한 경우가  $1m \times 1m$  범위에서 호버링 하는 분포가 15.17% 향상되었음을 확인할 수 있다.

3) 드론 위치인식으로서 랜드마크로 이용 제안

본 제안은 일정한간격으로 설치된 조명에 관한 무선 맵을 알고 있다는 가정에 진행되었다.우선 각 조명의 위치를 랜드마크로 이용해 절대좌표를 만들어 무선 맵에 표시를 한다. 드론이 조명을 지나갈 때 절대 좌표를 인식하게 되면 드론의 현재 위치를 인식할 수 있다.

드론의 자율주행 환경에서의 IMU 센서는 누적되는 오차로 인한 위치오차를 발생시킬 수 있다. 기존의 랜드마크 기반의 위치 인식은 특정 모양의 그림이나 특이점을 랜드마크를 설정하고 카메라 등으로 인식하여 위치를 보정한다. 하지만 추가적인 인프라 없이 기존에 존재하는 실내 조명의 세기를 이용하면 간단한 방법으로 랜드마크 활용이 가능하다.

드론이 비행 중 누적되는 IMU 센서 오차로 인해 위치의 오차가 발생되는 점을 막기 위하여, 빛의 세기를 이용한 드론 호버링을 이용해 조명 랜드마크로 이동하여 IMU 센서의 캘리브레이션을 통해 위치를 보정한다. 이를 통해 안정적인 실내 위치 인식과 더불어 전체적인 경로를 파악할 수 있으며, 트랙킹 또한 가능하다.

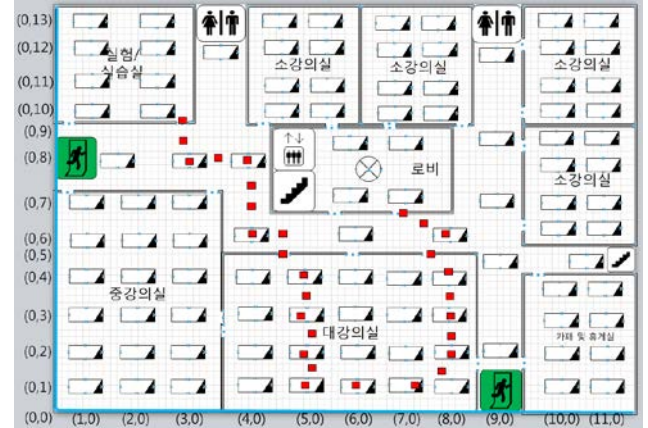


Figure 4. 드론 비행의 경로 트랙킹

그림 4 는 로비에서 시작해 대강의실을 거쳐 실험실로 이동하는 실험의 경로를 나타낸 그림이다. 로비의 시작점 (7,7)의 절대 좌표를 갖는 조명을 지나 대강의실의 (8,4)의 조명을 통해 대강의실 입장후 한 바퀴 돌고 복도를 거쳐((4,6)의 조명) 통해 실험실/실습실로( (2,10) 조명)이동하였다. 본 실험을 통하여 조명 랜드마크를 이용해 IMU 센서 캘리브레이션하여 위치를 보정하면서 드론이 이동하는 기능을 실증화시킬 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 실내 호버링 방식으로 옵티컬 플로우와 더불어 실내 조명의 밝기를 동시에 적용하였을 경우가 기존 옵티컬 플로우 방식 대비 정확도가 15.17% 향상되었다는 결론을 실험을 통하여 입증하였다. 이를 통하여 실내조명의 인프라를 랜드마크로 활용한 위치 보정방법은 드론의 실내 위치 인식과 더불어 사람의 위치 인식 기술 PDR(pedestrian dead reckoning)의 보정방법에도 유용하게 사용될 것이다.

참 고 문 헌

[1] Xu Zhang, Bin Xian, et al, "Autonomous Flight Control of a Nano Quadrotor Helicopter in a GPS-Denied Environment Using On-Board Vision.", IEEE, 2015  
 [2] Dominik Honegger, Lorenz Meier, Petri Tanskanen and Marc Pollefeys, "An Open Source and Open Hardware Embedded Metric Optical Flow CMOS Camera for Indoor and Outdoor Applications." IEEE, May 2013