

마이크로 쿼드로터 시스템의 개발 및 광류 센서를 이용한 자동 정지비행의 구현

<요약본>

Development of a Micro Quadrotor System and Hovering Control Using an Optical Flow Sensor

1. 연구개요

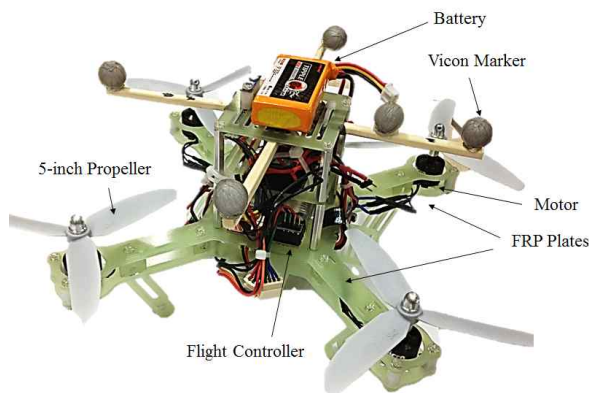


그림 1 본 논문에서 대상으로 하고 있는 자체 개발한 마이크로 쿼드로터

본 논문에서는 광류(optical flow) 센서를 이용한 마이크로 쿼드로터(quadrotor)의 자동 정지비행(hovering) 제어를 제안한다. 제안된 방법의 우수성을 검증하기 위하여, 제어를 위한 마이크로 쿼드로터를 직접 개발하고, 이를 기체에 장착된 소형 내장형 컴퓨터에 구현 하였다. 본 논문에서 대상으로 하는 마이크로 쿼드로터는 기체의 크기가 작기 때문에 건물 내부와 같은 실내에서도 손쉽게 운용이 가능한 장점이 있다. 하지만 마이크로 쿼드로터는 수십 그램의 제한된 무게만을 탑재 할 수 있고 또한 실외뿐만 아니라 실내에서도 정지비행을 가능하게 하려면 GPS와 같은 별도의 외부 위치측위 장비를 필요로 하지 않는 정지비행 기법이 필수적이다. 이를 위하여, GPS나 VICON 모션캡처 장비 등의 외부 위치측정 없이, 광류(optical flow) 정보만을 이용하는 마이크로 쿼드로터의 자동 정지비행 제어를 제안한다. 제안된 방법은 지상 컴퓨터와 통신 없이, 기체에 장착된 소형 비행제어 컴퓨터에 의해서 이루어졌으며, 비행 실험을 통한 결과는 높은 정확성을 제공하는 VICON 모션 캡처 시스템과 비교하여 그 타당성을 검증 하였다.

2. 기존 연구와의 차별성

본 연구에서는 수십 그램만의 탑재능력을 가지는 마이크로 쿼드로터의 자동 정지비행을 위하여 필요한 센서 정보의 해석 알고리즘 및 제어법칙을 제안하였다. 그리고 정밀한 외부 측위 장치를 이용한 제안된 제어 법칙의 검증을 수행 하였다. 본 논문에서 비교하고 있는 다른 연구에 비하여, 본 연구가 가지는 특징을 표 1 에 요약하였다.

첫 째로, 크기 30cm (1 foot) 무게 400g 미만의 마이크로 쿼드로터 시스템을 대상으로 하였다. 앞서 언급한 연구들은 500g 이상의 추가 무게를 장착하고 비행 할 수 있는 쿼드로터를 대상으로 하고 있다. 또한 본 연구에서 대상으로 하는 마이크로 급의 쿼드로터는 현재 상용화 되어있지 않기 때문에 직접 설계 및 제작 하였다. 둘째, 비행에 필요한 관성센서, 기압계 그리고 비행제어 컴퓨터를 탑재하여, 기체에 탑재된 센서만으로 자동 정지비행이 가능하게 되었다.



그림 2 제안된 방법으로 정지비행 중인 마이크로 쿼드로터 (동영상 링크 : <http://goo.gl/Jpyze>)

본 논문에서 제안된 모든 알고리즘은 구축된 마이크로 쿼드로터 시스템에 탑재된 컴퓨터에서 수행되도록 하였다. 셋째로, 광류 센서의 센서모델과 구동조건, 그리고 정확성에 대한 해석을 수행 하였다. 기존에는 광류를 무차원의 신호로 간주하여 제어를 수행하였지만 본 논문에서는 m/s로 변환하는 방법에 대하여 기술하였다. 또한 제안된 광류 모델에 관성센서와 고도 융합을 통하여 쿼드로터의 정지비행 제어 기법을 제안 하였다. 마지막으로, 제안된 알고리즘은 비행실험을 통하여 검증하였다. 수행된 비행실험은 내장형 컴퓨터에서 측정된 센서 자료뿐만 아니라, 0.01mm의 정확도를 가지는 vicon 모션캡처 장비를 이용하여 정량적으로 평가 하였다. 제안된 알고리즘을 통하여 GPS나 vicon과 같은 외부센서 없이 0.4m²의 영역 안에서 정지비행을 할 수 있었다.

	본 연구	기존의 연구
비행체의 크기	tip-to-tip 길이 30cm, 총무게 500g 미만, 탑재능력 수십 gram의 초소형 비행체. 이러한 소형 비행체는 현재 상용화된 제품이 없으므로, 직접 제작하였음.	500g 이상의 센서를 탑재할 수 있는 2kg 정도의 상용 비행체
Onboard 제어	정지비행에 필요한 모든 비행제어는 기체에 장착된 8-bit 저가형 컴퓨터에서 수행됨. GPS 없이, 0.4m ² 의 영역 안에서 정지비행 성능 달성	기존의 연구에서는 지상 컴퓨터에서 제어 신호를 생성하여 전송. 대부분 높은 탑재 능력과 고성능의 컴퓨터를 필요로 함.
센서 신호의 사용 여부	센서로부터 입력된 정보는 정지비행에 곧바로 사용됨.	기존에는 추정기(estimator)를 이용하여 위치를 계산한 후 제어하는 방식. 고성능의 컴퓨터가 필요함.

표 1 본 연구와 기존의 연구와의 차이점

3. 주요 결과

그림 3는 본 논문에서 다루는 마이크로 쿼드로터의 센서부 사진이다. 광학식 광류추적 센서를 사용하여 쿼드로터의 선속도를 계산하고 이를 통하여 자동 정지비행 제어를 수행한다 (그림 4).

그림 5,6은 제안된 알고리즘을 적용하여 자동 정지비행을 수행한 결과이다. 본 결과는 0.01mm 단위의 정확도를 가지는 VICON 모션캡처 시스템을 통하여 검증하였다. 그림 5는 본 논문에서 제안한 제어기를 이용하여 정지비행 실험을 수행한 결과이다¹⁾. 50초간 실험을 수행 하였으며 실험 결과 약 $0.4m^2$ 의 영역 안에서 머무르는 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 오차는 정확하게 모델링 되지 않은 동적 모델에서 발생하는 불확실성으로 인한 것으로 해석되며, 강인제어 및 적응제어 기법 등을 통해 다소 극복할 수 있다.

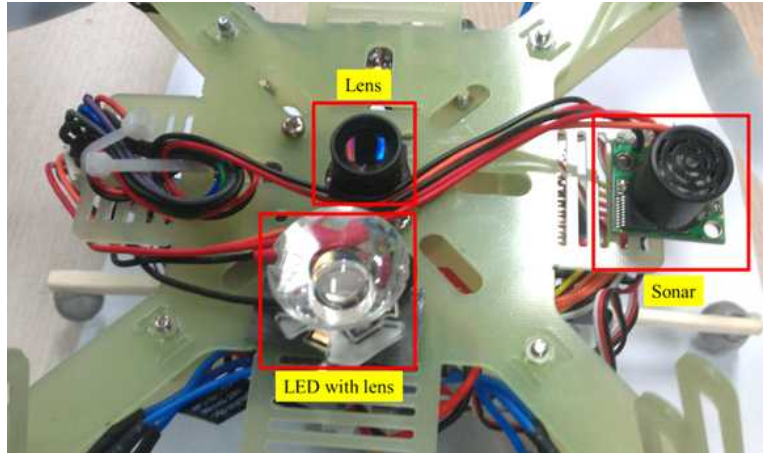
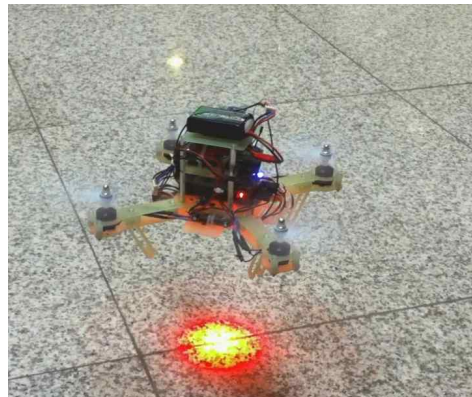


그림 3 마이크로 쿼드로터에 장착된 광류 센서와 기타 장치들



(a) 무늬가 있는 천 위에서 자동 정지비행 실험을 수행



(b) 보통의 바닥에서 자동 정지비행 실험을 수행

그림 4 실내 자동 정지비행 실험

4. 결론

본 논문에서는 광류 정보를 이용한 마이크로 쿼드로터의 자동 정지비행 기법을 제안 하였다. 제안된 방법은 타당성은 실제 비행실험으로서 검증 하였다. 또한 제안된 방법은 8비트의 저가형 프로세서에서 모두 동작하였다. 제안된 알고리즘은 정밀한 모션캡처 장비로 비교하여 성능을 평가하였다. 제안된 방법과 제어기로서 쿼드로터는 $0.4m^2$ 내에서 GPS와 같은 외부 위치센서 없이 자동 정지비행을 하였다. 이렇게 위치센서 없이 안정적으로 자동 정지비행 시스템을 구현함으로써, GPS를 사용할 수 없는 환경에서도 무인기의 활용 범위를 넓히는 가능성을 제시하였다.

1) 비행실험 동영상은 <http://goo.gl/Jpyze> 을 통하여 볼 수 있다.

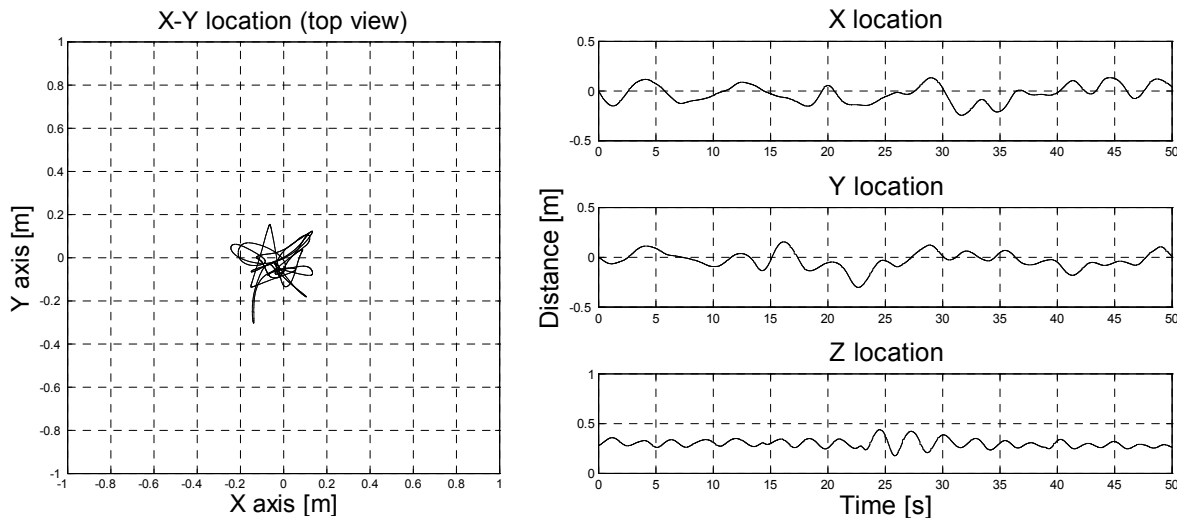


그림 5 정지비행 실험결과. 오차평균 $[-0.0291, -0.0284]$ m, 표준편차 $[0.0911, 0.0842]$ m 좌측은 쿼드로터의 위치를 X-Y 평면에 대하여 도시한 것이고, 우측은 제어가 동작한 원점 대비 위치를 기록 한 것이다.

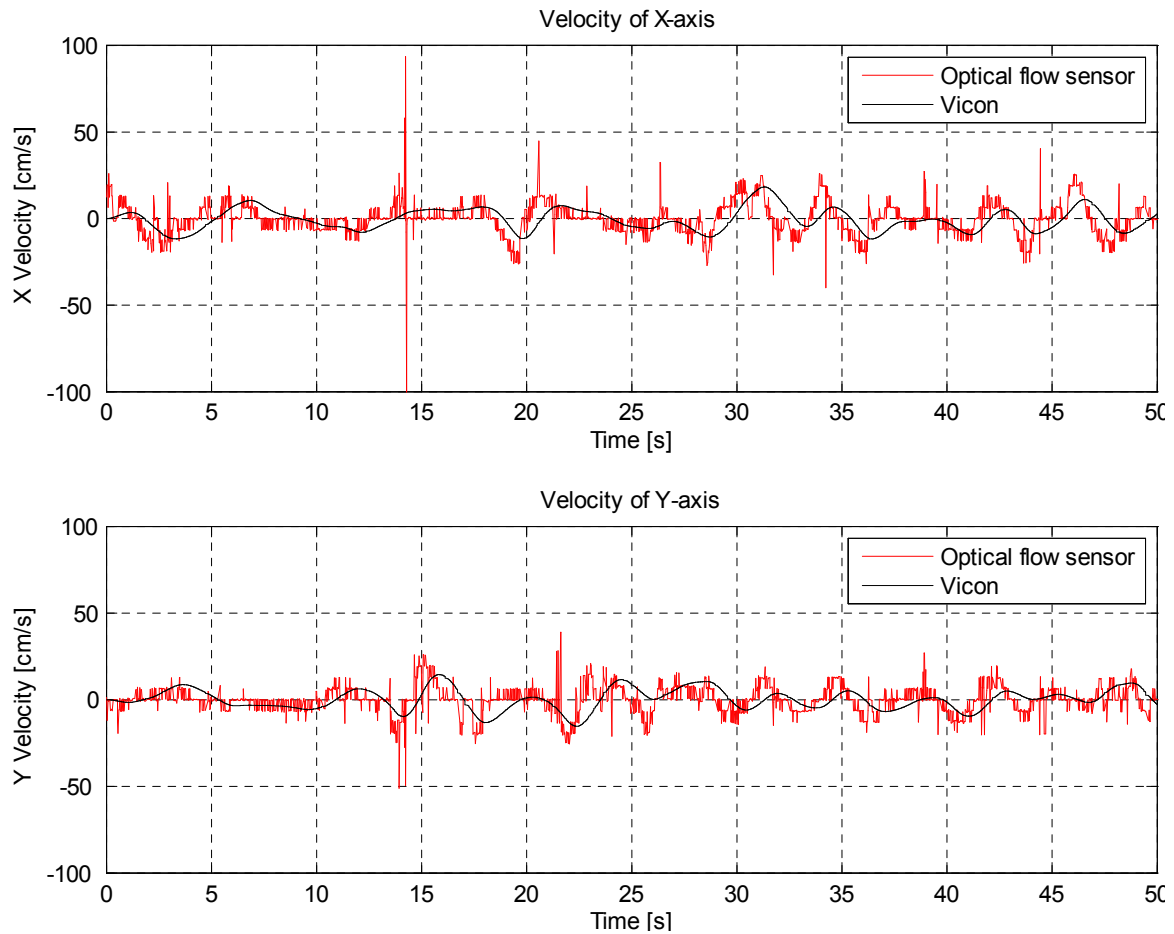


그림 6 Vicon 모션캡처 장비와 비교한 광류기반 속도 추정 결과. 오차의 평균은 $[-0.1811, 0.1735]$ cm/s 이고 표준편차 $[9.5607, 7.8140]$ 이다.