

# 야외 환경에서의 Real Time Kinematic DGPS를 이용한 헥사로터 무인항공기의 방위 추정 알고리즘 설계

이 승 제<sup>1</sup> · 김 현 진<sup>2</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 기계항공공학부

<sup>2</sup>서울대학교 기계항공공학부

## Design of the Yaw Estimation Algorithm for Outdoor Flight of the Hexarotor Unmanned Aerial Vehicle using Real Time Kinematic Differential GPS

Seung Jae Lee<sup>1</sup> · H. Jin Kim<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>School of Mechanical and Aerospace Engineering, Seoul National University

### Abstract

In this paper, the estimation of yaw angle of the hexarotor unmanned aerial vehicle (UAV) with two real-time kinematic differential-GPS (RTK DGPS) is introduced. With sensor fusion between the RTK D-GPS and the compass, better performance has been shown.

### I. 서 론

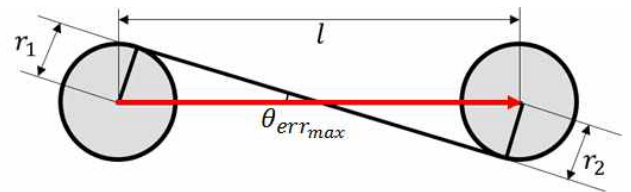
멀티로터 드론은 최근 들어 다양한 활용가능성으로 인해 여러 산업 군에서 각광받고 있다. 그러나 아직까지 드론의 활용은 수동으로 사용자가 드론의 자세를 직접 조종하고 GPS 등의 보조 장치들이 사용자 운용을 보조하는 데 그치고 있다.

드론이 본격적인 산업 내부에서 활용되기 위해서는 자율 운행이 필수적이다. 자율운행을 위한 상태변수 측정은 실내 비행의 경우 모션 캡처 장비를 사용하여 수 mm 정확도로 측정할 수 있으나, 실외비행의 경우 GPS 와 관성항법장치 (Inertial Measurement Unit; IMU) 정보만을 이용해 상태변수를 측정해야 한다.

상태변수 중 방위각 정보는 회전익 항공기의 자율비행에 있어 가장 중요한 정보 중 하나이다. 본 논문에서는 두 개의 GPS 안테나를 이용해 멀티로터 드론의 방위각을 추정하여 외부 자기장에 의해 쉽게 방해받을 수 있는 지자기 센서를 보완할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

### II. GPS 기반 방위각 추정 기술

야외에서의 정확한 위치추정에 사용되는 GPS 기술 중 대표적인 것으로 Real-Time Kinematic Differential GPS (이하 RTK DGPS) 가 있다. RTK DGPS 는 GPS 위성에서 발신하는 신호가 지상에 도달할 때까지 발생하는 여러 오차를 지속적으로 모니터링하는 기지국을 설치하고, 오차정보를 로버에 전송해 측량오류를 최소화하는 방식이다. 위 방식을 통해 측정 시 측정오류는 최대 1cm 이하로 수렴할 수 있다.



GPS Antenna 1

GPS Antenna 2

그림 1. 두 대의 RTK DGPS를 이용한 방위각 추정

이를 이용하여 로버에 두 대의 RTK DGPS 솔루션을 장착하고 각각의 안테나의 위치정보를 획득한 후, [그림 1]에 서와 같이 두 안테나의 위치 차이를 구하면 로버의 방위각 벡터 (빨간 색 화살표) 를 알 수 있다. 이 때, 각각의 안테나 위치정보 오차로 인해 방위각 오차가 발생할 수 있고, 이는

$$\theta_{err\_max} = \sin^{-1}\left(\frac{r_1}{l/2}\right) \quad (1)$$

로 나타낼 수 있다. 여기서  $l$ 은 두 GPS 안테나 사이 거리를,  $r_1, r_2$ 는 각 안테나의 위치정보 오차 반경을 의미한다. 따라서 최대 방위각 오차는  $\pm 2\theta_{err\_max}$  가 된다.

### III. 칼만필터 기반 방위각 센서 융합

지자기 센서와 GPS 신호의 융합을 위해 칼만 필터를 사용하였다. 필터를 위해 사용될 관측벡터는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} y(t) &= y_{RTK} \\ u(t) &= y_{compass} \end{aligned} \quad (2)$$

센서의 dynamics를 이산 상태 공간 모델로 표현하면,

$$x(t) = A(t)x(t-1) + B(t)u(t) + v(t) \quad (3)$$

$$y(t) = C(t)x(t) + w(t) \quad (4)$$

이다.  $x(t)$ 는 현재 상태를,  $u(t)$ 는 센서 입력 벡터를,  $y(t)$ 는 측정값 벡터를,  $v(t)$ 와  $w(t)$ 는 가우시안 분포를 따르는 백색잡음을 의미한다. 칼만 필터의 상태추정은 아래 식과 같다.

[예측과정]

$$\hat{x}(t|t-1) = A(t)\hat{x}(t-1|t-1) + B(t)u(t) \quad (5)$$

$$P(t|t-1) = A(t)P(t-1|t-1)A^T(t) + Q(t) \quad (6)$$

[추정과정]

$$K(t) = P(t|t-1)C^T(t)[C(t)P(t|t-1)C^T(t) + R(t)]^{-1} \quad (7)$$

$$\hat{x}(t|t) = \hat{x}(t|t-1) + K(t)[y(t) - C(t)\hat{x}(t|t-1)] \quad (8)$$

$$P(t|t) = [I - K(t)C(t)]P(t|t-1) \quad (9)$$

여기서  $\hat{x}$ 는 상태변수의 추정치를,  $P(t|t)$ 는 상태추정 분산행렬을,  $K(t)$ 는 칼만 이득을 의미한다. 두 개의 센서 중 RTK DGPS 기반 방위각은 정확도가 높은 반면 갱신속도가 낮고, 반면에 지자기 센서는 갱신 속도는 높으나 외란으로 인한 정보의 부정확성이 존재한다. 따라서 RTK DGPS 방위각이 칼만 필터의 측정값이 되어 지자기의 오차 보정 및 상태 추정에 쓰이게 된다.

### IV. 실험결과 및 결론



그림 2. 2-안테나 RTK D-GPS 장착 멀티로터 드론

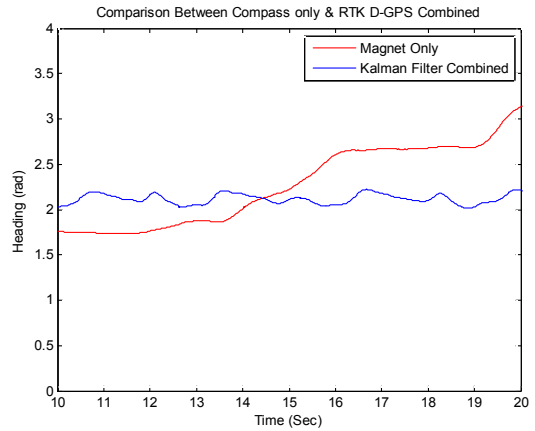


그림 3. 초기 이륙 시 방위각 추정치 비교

본 실험을 위해 사용된 플랫폼은 DJI 社의 F550 제품으로, Microstrain 社의 GX3-45 Attitude & Heading Reference System(AHRS)를 이용하여 자세 값을 추정하고 있다.

F550 제품은 모터 전원 케이블이 본체에 숨겨져 있어 자기장을 감지하는 컴퍼스가 본체 특정 부위에 설치될 경우 모터에 인가되기 위해 본체 내부에 흐르는 전류가 발생시키는 자기장의 영향을 받게 된다. [그림 3]은 2 rad의 초기 방위를 가리키는 드론의 이륙을 위해 모터에 인가하는 전류를 증가시킬 때의 그래프이다. 지자기 센서 값만을 이용하면 발생전류로 인한 자기장 간섭으로 인해 1.76 rad에서 3.22 rad으로 방위각이 변화하는 것을 볼 수 있었다. 그러나 RTK D-GPS를 이용한 칼만 필터 기법 적용 결과 지속적으로 2 rad 인근의 값을 가리키는 것을 알 수 있다. 따라서 설계된 기법이 방위 추정 정확도를 향상시킴을 확인할 수 있었다.

### 참고 문헌

- [1] Gan, Qiaoqiang, and Chris J. Harris. "Comparison of two measurement fusion methods for Kalman-filter-based multisensor data fusion." *Aerospace and Electronic Systems, IEEE Transactions on* 37.1 (2001): 273-279.
- [2] Anderson, Rusty, and David M. Bevy. "Estimation of tire cornering stiffness using GPS to improve model based estimation of vehicle states." *Intelligent Vehicles Symposium, 2005. Proceedings. IEEE. IEEE, 2005.*

본 논문은 국토교통부 항공특성화대학 지원 사업/항공우주기술 인력 양성 과정(0498-20150004) 및 미래창조과학부 도약연구 지원 사업(0498-20140041)의 지원을 받아 수행된 기초연구임.