



# 3면 영상분석을 이용한 멀티콥터 프로펠러 뒤틀림 측정 장치 개발

## Development of Multi-copter Propeller Distortion Measurement Device Using Three-side Image Analysis

김송현 / 공군사관학교 / songhyeon511@gmail.com

심재성 / 공군사관학교 / jesung830@naver.com

정윤교 / 공군사관학교 / ykjung.rokafa@gmail.com

### 초록

멀티콥터(Multi-copter)는 2개 이상의 모터와 프로펠러를 사용하여 추진하는 항공기를 뜻한다. 멀티콥터에서 프로펠러의 상태는 비행 안정성, 조종성, 비행효율과 직결되는 중요한 요소이다. 프로펠러 뒤틀림이 발생하면, 멀티콥터의 비행 안정성, 조종성, 효율, 수명에 심각한 영향을 줄 수 있기에 비행 전 프로펠러의 상태 확인은 중요한 과정이다. 하지만, 기존 연구에서 제시한 인간의 시력에 의존한 프로펠러 상태 확인은 부정확할 뿐만 아니라 부상의 위험이 있다. 또한, 기체의 진동을 측정하거나 모터-프로펠러 간 회전속도 차이를 측정하는 기법은 비행 시작 전에 프로펠러의 상태를 확인할 수 없다는 한계점이 있었다. 따라서 본 연구에서는 카메라 3대를 이용하여 프로펠러의 면적 변화를 3차원적으로 측정하여 프로펠러의 뒤틀림을 측정하여 사용자에게 통지하고, 사용자는 이를 이용해 신속, 안정, 정확하게 프로펠러의 뒤틀림을 확인하고, 비행 전 선제적 조치를 취할 수 있는 시스템을 제시하고자 한다.

### 서론

#### ▷프로펠러 뒤틀림에 의한 진동이 야기하는 문제점

- (1) 조종성 감소 : 불규칙한 진동으로 입력값에 오차 발생 및 누적으로 설정값에 도달하는 속도 감소
- (2) 효율 감소 : 외부요인과 더불어 자체 진동값 보정하기 위한 추가적 에너지 필요, 각속도 감소로 비행 가능 시간 감소
- (3) 수명 단축 : 모터회전수 제어 위한 전자속도제어장치의 처리량 증가로 비정상적 발열 발생으로 인한 수명 단축

#### ▷기존 프로펠러 뒤틀림 포착 방식

- 모터에 프로펠러를 끼운 뒤 회전시킨후 눈으로 확인하면서 뒤틀림 포착
- 인간의 시력에 의존하여 미세한 뒤틀림 포착 어려움
- 고속으로 회전하는 프로펠러에 접근하여 부상 위험성

#### ▷새로운 방법 제시

- 3개의 카메라를 이용한 3면 영상촬영으로 프로펠러의 뒤틀림 측정

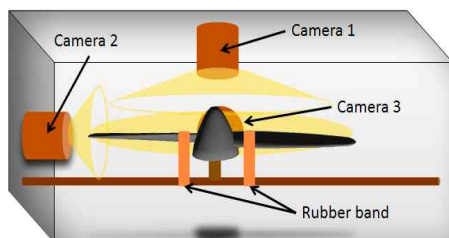
### 기존 연구 및 시스템 설계

#### ▷기존 연구 분석 (드론 비정상적 상태 측정 연구)

- 프로펠러와 모터의 회전수 차이 비교(프로펠러 모터 결합 판단)
  - 비행 중 드론의 진동 측정(동력부 이상 판단)
- => 기존 연구는 비행 시작 후에야 이상 증세 판단가능, 비행 전에 프로펠러의 정상여부를 판단하여 선제적 조치 가능하게 함

#### ▷시스템 설계

- x축, y축, z축에 카메라를 설치하고 프로펠러를 고정하여 3개 카메라로 각 축에서 보이는 단면적을 촬영, 기준값과 비교하여 뒤틀림 정도 계산



- OpenCV라이브러리로 Contour를 검출하는 방법으로 프로펠러의 단면적 계산
- 뒤틀림값  $T$ 는 기존 단면적 넓이를  $a$ , 측정 단면적 넓이를  $a'$ 라고 할때 다음과 같이 정의

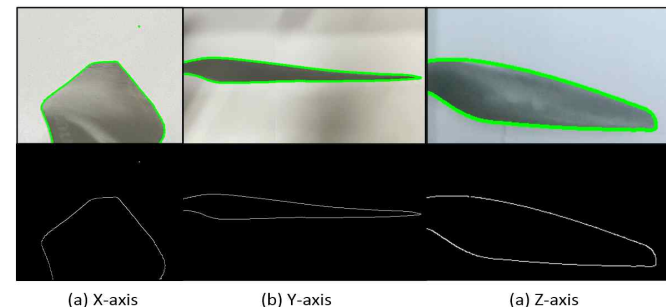
$$T_n = \left( \frac{|a_n - a_n'|}{a_n} \right) \times 100 (\%)$$

- 각 축의 카메라 촬영 값에 뒤틀림 계산식을 사용하여 세가지 뒤틀림값 도출

### 결과 분석

#### ▷이미지 촬영 및 Contour 검출

- x축, y축, z축에서 3장의 이미지 촬영
- y축과 z축의 경우 프로펠러 중앙 부분을 제외하고 좌우 날개 넓이 합



#### ▷결과

- x축, y축, z축의 뒤틀림 값을 각각 피치각 뒤틀림, 좌우 뒤틀림, 종합 뒤틀림으로 정의, 세가지 뒤틀림값의 평균으로 평균 뒤틀림값 도출
- 광량에 따라 단면적 넓이에 작은 오차가 생겨 5차례 측정 데이터의 평균 값을 사용
- X축(피치각 뒤틀림): 19.5(%)
- Y축(좌우 뒤틀림): 16.4(%)
- Z축(종합 뒤틀림): 18(%) / 평균뒤틀림: 18(%)

	prop A	prop B		prop A	prop B		prop A	prop B
1	24	18.5	1	18	16	1	99	79.5
2	23.5	20	2	18.5	14	2	99.5	80
3	23.5	19.5	3	17.5	15.5	3	101.5	82.5
4	25	19	4	19	15	4	101	83
5	24.5	20	5	18	15.5	5	99	85
Avg	24.1	19.4	Avg	18.2	15.2	Avg	100	82

(a) X-axis

(b) Y-axis

(c) Z-axis



<실험에 사용된 프로펠러 A(위), B(아래)>

- 눈으로 확인하기 어려운 프로펠러의 미세한 뒤틀림도 3차원 영상 단면적을 통해 각 뒤틀림 값과 평균 뒤틀림 값 분석 가능, 프로펠러 수리 혹은 교체 여부 판단 가능

### 결론

- ▷멀티콥터 비행의 안전성, 안정성과 효율에 큰 영향을 미치는 프로펠러의 뒤틀림 정도를 계산하여 사용자에게 알려주는 시스템 설계 및 개발

#### ▷결과

- 뒤틀림 정도를 수치화하는 수식과 구체적인 장치 형상을 설계
- 해당 수식과 설계를 바탕으로 제작한 장치에서 결과 수치를 도출 및 출력

#### ▷한계점

- 2개의 날개를 가진 프로펠러를 대상으로만 실험 진행, 홀수 개의 날개를 가진 프로펠러의 측정 어려움. 홀수 날개 프로펠러 대상 방법 탐구 필요
- 3대의 카메라와 고정장치를 사용, 하나의 카메라를 이동하며 측정할 수 있는 시스템 연구 필요. 이동 단말기와 촬영각도를 알려주는 UI를 통해 실현 가능

### 참고문헌

- [1] Stanisław Radkowski, Przemysław Szulim, Analysis of vibration of rotors in unmanned aircraft, 19th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR), 2014
- [2] Mohammad Abdulrahman Al-Mashhadani, Random vibrations in unmanned aerial vehicles, mathematical analysis and control methodology based on expectation and probability, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, 2018
- [3] Endrowednes Kuantama1, Ovidiu Gheorghe Moldovan, Ioan Țarcă, Tiberiu Vesselényi, Radu Țarcă, Analysis of quadcopter propeller vibration based on laser vibrometer, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, 2019
- [4] 이충성, 박종원, 제어 보드 발열 사양이 드론 내구성에 미치는 영향, 대한기계학회 IT 융합부문 춘계학술대회 논문집, 2018
- [5] 임휘준, 김규광, 김휘민, 명현, 프로펠러 및 모터 회전수 차이 측정을 통한 멀티콥터 로터 조립 상태 점검 장치 개발, ICROS, 2016
- [6] 엄성용, 박지현, 김윤호, 진동 센서를 이용한 드론 동력부의 이상 진단 시스템, Journal of KIIT. Vol.18, 2020