

대한기계학회 주최

제12회 전국학생설계경진대회(2022년)

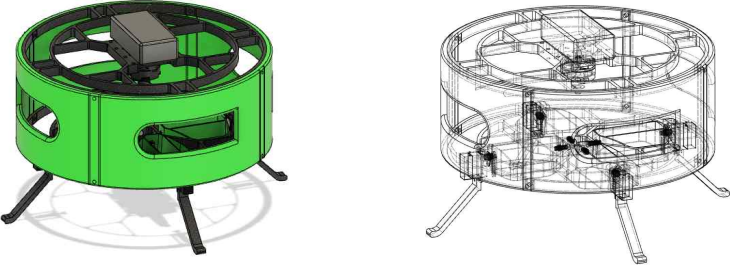
설계 최종 보고서

참가부	고등부 (○)				
참가분야	공모주제 () / 자유주제 (○)				
참가팀명	메이커척				
설계제목	전방 차 사고 및 공사 시 임시 우회 안내용 싱글콤퍼터				
지도교수/교사	(소속) 동원고등학교 (성명) 임종환				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	배민석	홈스쿨링(고등학력) /2학년			

참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	배민석	홈스쿨링(고등학력)/2학년	
2	도세현	동원고등학교/1학년	
3			
4			
5			
6			

설계 요약문

참가분야	공모주제 () / 자유주제 (○)
참가팀명	메이커척
설계제목	전방 차 사고 및 공사 시 임시 우회 안내용 싱글콥터
대표자명	배민석
요약문	<p> 고속도로 차량 사고 또는 고장 등으로 도로에 멈춰서는 비상시, 빠른 속도로 주행하는 자동차가 많은 고속도로 위에서는 특히 2차 사고가 인명 사고로까지 발생하는 위험이 가장 높다. 2차 사고는 전방의 차 사고의 안내가 뒤따르던 후속 차량까지 전달이 안 된 경우와 시야 확보가 어려운 저녁이나 곳은 날씨의 영향 등으로 2차 사고의 발생 위험이 증가한다. </p> <p> 본 설계는 1차 사고 발생 시 2차 사고를 예방할 수 있는 대안으로 로봇을 활용하여 운전자의 안전을 보장하려고 한다. 그 중에 드론을 활용, 고속도로 위에 드론을 띄워 차량 상태를 전파하는 아이템을 기획하여 미연에 차량 사고를 방지할 수 있을 것을 예상한다. </p> <p> 현재 고속도로에서 발생하는 교통사고는 급진적으로 감소하고 있는 추세이지만 그 중에 2차 사고의 발생률과 치사율은 유지되는 실정이다. 따라서 효과적인 2차 사고 개선대책을 수립하는데 필수적이고 선행되어야 할 고속도로 2차 사고의 특성을 분석하고, 전방 차 사고 및 공사 시 임시우회 안내용 싱글콥터를 개발하여 기술적으로도 2차 사고의 발생 건수를 낮출 것을 기대한다. </p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">그림 1. 싱글콥터 최종 결과물(대표 이미지 및 와이어 프레임)</p>
설계프로젝트의 입상 이력	<p>※ 교외 출품실적이 있는 경우 작성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 출품작명 : 펫쿠퍼(Petcooter), 빌딩 페인터(Building Painter) - 대회명 : 제 10회 엔지니어링산업설계대전 - 수상내역 : 은상(한국엔지니어링협회장상), 동상(엔지니어링공제조합 이사장상)

1. 설계의 필요성 및 목적

- 고속도로 공사 및 차량 사고, 고장 등으로 도로에 멈춰서는 비상시, 후속 차량에 사고 발생 알림을 위한 삼각대를 설치하던 도중, 2차 사고로 소중한 목숨을 잃는 경우가 빈번히 발생하고 있다. 빠른 속도로 주행하는 자동차가 많은 고속도로 위에서는 갑작스럽게 발생한 사고에 추돌을 피하기 어려워 특히 2차 사고가 인명 사고로까지 발생하는 위험이 가장 높다.

주로 2차 사고가 발생하는 원인은 주행속도가 빠른 고속도로 위의 공사 및 사고의 안내가 후속 차량까지 전달이 안 된 경우와 어두운 저녁 또는 굵은 날씨의 영향으로 전방의 시야확보가 어렵기 때문에 2차 사고의 발생 위험이 증가한다.

이에 바탕해 팀 메이커척에서는 사고의 위험성을 줄이기 위해서 2차 사고 발생 시 후속 차량 알림 역할을 로봇으로 대체하여 운전자의 안전을 보장하려고 한다. 그 중에 드론을 활용, 고속도로 위에 드론을 띄워 차량 상태를 전파하는 아이템을 기획해 미연에 차량 사고를 방지하고자 한다.

2. 설계 핵심 내용

(1) 설계 문제의 정의

- 한국도로공사에 따르면 2020년부터 지난 5년간의 자료를 분석한 결과 2차 사고의 총 건수는 276건으로 사망자는 165명, 치사율은 59.8%로 측정되었다. 이는 고속도로 위의 정체 교통사고 치사율인 8.8%(사고건수 : 9,858건, 사망자 : 870명)보다 6.8배 높은 것으로 나타났다.

2차 사고의 발생을 주간과 야간으로 구분하여 살펴본 결과 지난 5년(2016년~2020년) 평균 주간에는 36%, 야간에는 63% 비중의 사고가 발생하였으며 치사율 또한 주간에 30%, 야간에 70%로 측정되었다. 또한 2차 사고가 발생한 지역의 가로등 여부를 살펴보면 평균적으로 48%가 가로등이 미설치된 곳에서 사고가 발생했다.

현재 2차 사고의 치사율이 높은 만큼 숙련된 운전자도 갑작스러운 교통사고 현장에서는 패닉에 빠지게 된다. 우리는 2차 사고의 예방을 위해서는 뒤 따르던 차량에 사고가 발생한 것을 신속하게 알리는 것이 우선이라고 판단했다. 2차 사고의 위험성에 대한 인식이 커짐에 따라 특히 시야 확보가 어려운 야간에도 운전자가 사고의 여부를 식별할 수 있도록 관련 제품을 개발하고 운전자들에게 적극적으로 홍보해야 한다고 생각한다.



(2) 설계의 독창성 및 접근 방법

1) 설계 방법 및 배경

- 드론(쿼드콥터)을 활용하여 후속 차량에 사고 및 공사 알림 역할을 할 시 기후의 영향으로 기체가 흔들리게 된다면 기존 삼각대의 역할을 제대로 수행하지 못할 가능성이 크고 또한 교란으로 인해 드론이 추락하는 위험한 상황이 발생할 수 있다. 즉, 바람으로 인해 비행의 영향을 크게 받는 드론의 근본적인 문제점을 해결하기 위해서 위치 또는 기후 등 공간적 제약조건에 불분하고 오랜 시간동안 호버링*을 유지할 수 있는 싱글콥터를 활용하고자 한다.

싱글콥터는 기압 및 적외선 센서를 이용해 고도제어를 하는 다른 종류의 드론과 달리 차별적인 움직임을 보이며 단일 모터 드론 임에도 사면의 무게중심 차이로 제어되기 때문에 섬세한 비행을 가능하다.

본 설계의 싱글콥터는 추력을 제공하는 1개의 로터**와 Roll, Pitch, Yaw를 담당하는 4개의 개별 플랩으로 구성되어 있다. 중앙에는 프로펠러가 장착된 BLDC모터를 배치하였고 사면의 4개의 플랩은 180도 회전 가능한 서보모터를 통해 작동되며 기존 쿼드콥터의 배치처럼 각각 CW(시계방향) 또는 CCW(반시계방향)을 가리키며 조정한다.

호버링* : 무인항공기가 제자리에서 정비 비행을 한 상태를 말함.

로터** : 무인항공기 회전의 부분의 총칭으로 각각의 프로펠러와 모터가 결합된 장치

2) 설계의 독창성

① 본 설계의 현재 시장 상황 분석(선행연구 검토)

- 2015년 이후 2차 추돌 방지를 위한 아이디어 상품의 특허 출원 및 등록이 점진적으로 증가하고 있다. 교통 체증과 같은 영향으로 차량 사고 또는 고장 등 비상시 후속차량에 사고 전달을 위한 삼각대를 설치하던 중 2차 사고가 빈번히 발생하고 있다. 이를 해결하기 위해 삼각대 설치를 무인화하는 기술과 통신 네트워크를 통해 차량 상태를 전파해 미연에 차량 사고를 방지하는 지능형 삼각대 기술이 최근 활발하게 특허출원 되고 있다.



삼각대 출원건수 [출처 : 특허청]

- 특허청에서 발표한 내용에 따르면 앞으로도 차량의 2차 추돌 사고의 위험성에 대한 인식이 커짐에 따라 삼각대 관련 기술은 더욱 늘어날 것으로 판단했다.

② 기존 제품과의 차별성

- 기존에 출시된 2차 사고 예방 관련 제품은 삼각대를 기반으로 개발되었으며 전방 차 사고 및 공사 시 임싱우회 안내용 싱글콥터는 드론을 기반으로 제작되어 사고 현장에 대한 시야 확보 및 차량 상태 전파에 효율적으로 수행할 수 있다.

3) 설계의 제약조건 및 문제 해결 방법

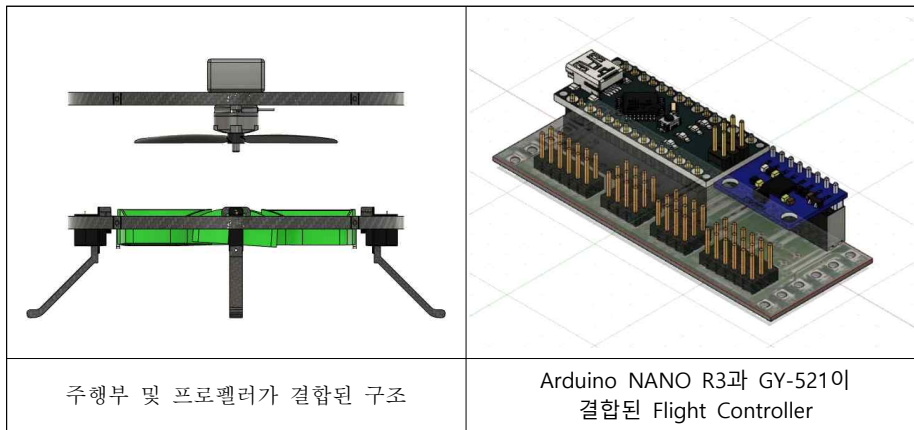
- ① 로터에서 발생하는 기체역학의 영향으로 하단부에 위치한 플랩의 변형이 발생할 수 있을 것이다.
 - 별도의 프로펠러 가드를 장착하여 플랩에 유격이 생기는 것을 방지한다.
- ② 기동시간이 비교적 짧을 것이다. 드론을 이륙시키기 위한 1개의 BLDC모터와 Roll, Pitch, Yaw를 담당하는 4개의 서보모터를 동시에 사용하므로 소모되는 전류의 양이 많을 것이다.
 - 중량이 낮은 리튬폴리머 배터리를 대량으로 연결하면 비행시간을 늘릴 수 있을 것이다.
- ③ 기본적인 쿼드콥터 제작 시에서도 추중비 및 무게중심 등의 변수로 인해 드론을 이륙시키는 것은 쉽지 않다. 싱글콥터의 경우는 추력이 1/4로 줄어들게 되고 사면의 플랩의 무게도 더해지기 때문에 무게 극복이 어려울 것이다.
 - 기체가 무거울수록 소모되는 전류의 양은 크게 증가한다. 구성되는 모듈을 타이트하게 배치하고 프레임 설계 시 경량화 구조(ex : 트러스 구조, 자이로이드 구조 등)를 참고한다. 또한 무게 비중을 가장 많이 차지하는 전자 부품 선정 시 경량 제품을 우선으로 하고 자재의 수를 최소화한다.
- ④ 제작하려는 싱글콥터는 3D프린터를 주로 이용하므로 강도의 한계가 증가한다.
 - 추후 싱글콥터 제작에 카본 판재 및 기성품을 대거 사용하여 경량화 및 기체 안정성 향상을 효과를 확보할 것이다.

(3) 설계 내용

1) 설계 과정

① 싱글콥터 제작 전 작품 컨셉 선정

- 개발되는 싱글콥터는 3D프린팅 시연을 목적으로 초~중형급 드론 사이즈로 제작 (보유중인 3D프린터 최대 출력 사이즈인 350*350*400을 초과하지 않도록 설계)
- 가능한 FDM 방식의 3D프린터를 이용한 가공을 우선으로 하며 제작 변수에 따라서 CNC조각기, 레이저 커팅기를 본 프로젝트에 투입할 의향이 있고 특수 제작 외주도 고려함.
- 구현하려는 싱글콥터의 기능을 수행하기 위해 드론 하단부에 4개의 개별 플랩을 장착하고 BLDC모터와 프로펠러는 싱글콥터 암 아래 방향을 향하도록 장착한다.
 - >>> 즉, 프로펠러 추력을 통해 바닥면으로 부터의 수직항력을 얻어 개별 플랩을 통해 무게중심 제어를 유지하는 상태를 만든다.
- 아두이노를 이용한 제어를 목적으로 Arduino NANO R3과 GY-521가 결합한 자체 제작 Flight Controller를 사용한다.
- 자세 제어 : 이/착륙하기 전 싱글콥터의 정확한 자세를 알기 위해 자이로 및 가속도 값을 상보 필터를 이용해 융합함.
- 고도유지 : GY-521 센서와 기압 센서를 이용 또는 하단 적외선 센서로 거리를 측정하며 고도 제어



② H/W 구성

- 전체적인 프레임을 3D프린터로 출력 계획 (볼트, 너트 및 프로펠러 등 나머지 부자재는 기성품 사용)
- 강도 대비 경량화 가능 소재 선정(Carbon Nylon, PLA, ABS)
 - Carbon Nylon : 내충격성 및 항복강도가 비교적 좋음. >>> 공업용품에 금속 대용으로 사용된다.
 - PLA : 경도가 높아 강도 대비 무게가 무거움. 층간 결합이 약하기 때문에 싱글콥터 가동 중 추락 시 부서지기 쉬움.
 - ABS : 층간 결합이 우수하고 내충격성이 강함. 반면에 목업의 사용 환경이 고온이기 때문에 내열성이 비교적 높아 출력 시 수축, 갈라짐과 같은 문제 발생

>>> 결론적으로 드론 프레임 출력에 적합한 Carbon Nylon 소재 선정

싱글콥터 제작 시 사용 가능 기계		
3D 프린터	CNC 조각기	레이저 커팅기
		

③ F/W 구성

- 모터 제어 : Arduino NANO R3&GY-521(로터 및 플랩 제어)
- 모터 및 ESC : Readytosky 2212 920kv BLDC모터+2-6s 40a 변속기

- 배터리 : Dinogy-11.1V 800mAh 3S 60C 리튬폴리머 배터리

3. 설계 수행 일정

설계 진행 내용	4월	5월	6월	7월	8월	9월
주제 설정 및 구체화	■					
기획 의도 수립	■					
3D모델링을 통한 디자인 구체화	■	■				
시제품 제작			■	■		
싱글콥터 알고리즘 개발				■	■	
싱글콥터 작동 시연 후 하드웨어 및 소프트웨어 점검					■	■
프로토타입 완성						■

4. 설계 결과물

(1) 최종 결과물 형상 및 작동원리

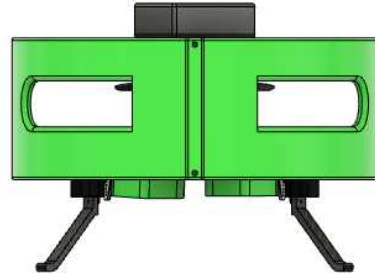
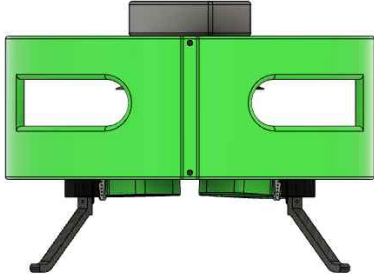
① 최종 디자인

(Autodesk의 Fusion360을 이용하여 컨셉 디자인 및 설계)

대표 이미지 사진

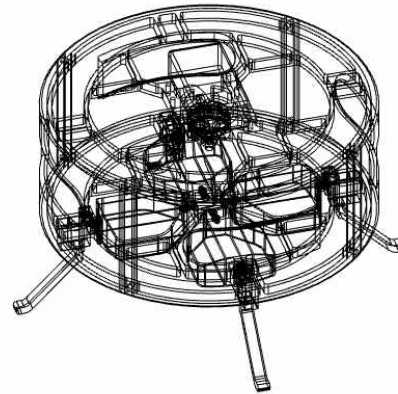
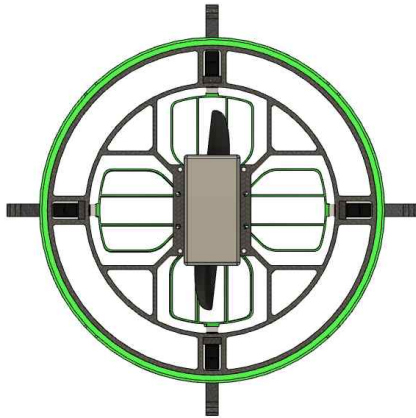


설계제목 : 전방 차 사고 및 공사 시 임시 우회 안내용 싱글콥터



1. 정면도

2. 우측면도



3. 평면도

4. 와이어 프레임

부품별 중량	
Part name	Weight(g)
프레임	200g
BLDC모터 및 변속기	80g
서보모터	80g
배터리	150g
전자 부품 및 기타	50g
합계:	약 560g

② 싱글콥터 비행 제어 코드(일부만 첨부)

```

#include <MPU6050Sensor.h>

MPU6050Sensor sensor;

void setup() {
  sensor.begin(0x68);
  Serial.begin(115200);
}

void loop() {
  float roll_angle, pitch_angle, yaw_angle;
  sensor.read_roll_angle(roll_angle, pitch_angle, yaw_angle);

  float roll_balancing, pitch_balancing, yaw_balancing;
  calc_balancing_with_angle(roll_angle, pitch_angle, yaw_angle);
  roll_balancing = roll_target_angle - roll_angle;
  pitch_balancing = pitch_target_angle - pitch_angle;
  yaw_balancing = yaw_target_angle - yaw_angle;

  float throttle = 100;
  float motorA_speed, motorB_speed, motorC_speed, motorD_speed;
  calc_motor_speed(throttle, roll_balancing, pitch_balancing, yaw_balancing,
                  motorA_speed, motorB_speed, motorC_speed, motorD_speed);

  print_motor_speed(roll_angle, pitch_angle, yaw_angle,
                   roll_balancing, pitch_balancing, yaw_balancing,
                   motorA_speed, motorB_speed, motorC_speed, motorD_speed);
}

void calc_balancing_with_angle(float roll_target_angle, float pitch_target_angle, float yaw_target_angle,
                              float roll_angle, float pitch_angle, float yaw_angle,
                              float yaw_balancing) {
  roll_balancing = roll_target_angle - roll_angle;
  pitch_balancing = pitch_target_angle - pitch_angle;
  yaw_balancing = yaw_target_angle - yaw_angle;
}

void print_motor_speed(float roll_angle, float pitch_angle, float yaw_angle,
                      float yaw_balancing, float pitch_balancing, float roll_balancing,
                      float motorA_speed, float motorB_speed, float motorC_speed, float motorD_speed) {
  Serial.print("RPV:");
  Serial.print(roll_angle);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(pitch_angle);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(yaw_angle);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(yaw_balancing);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(roll_balancing);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(motorA_speed);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(motorB_speed);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(motorC_speed);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(motorD_speed);
  Serial.println();
}

void calc_motor_speed(float throttle, float roll_balancing, float pitch_balancing, float yaw_balancing, float motorA_speed, float motorB_speed, float motorC_speed, float motorD_speed) {
  if (motorA_speed < 0) motorA_speed = 0;
  if (motorA_speed > 255) motorA_speed = 255;
  if (motorB_speed < 0) motorB_speed = 0;
  if (motorB_speed > 255) motorB_speed = 255;
  if (motorC_speed < 0) motorC_speed = 0;
  if (motorC_speed > 255) motorC_speed = 255;
  if (motorD_speed < 0) motorD_speed = 0;
  if (motorD_speed > 255) motorD_speed = 255;
}

```

(2) 최종설계 결과물의 장단점 및 의의

1) 장점

- ① 싱글콥터는 기존의 멀티콥터와 달리 사면의 무게 중심 차이로 제어되기 때문에 제자리에서도 안정적인 비행이 가능하여 모든 유형의 환경에 적용할 수 있을 것이다.
- 선행기술을 조사한 결과 'SingleCopter(단일로터 드론)'은 대형 구조물의 노후화 붕괴 가능성에 대한 우려로 인해 특정 국가에서 기존 검사수단의 대응으로 선택되었다.
- 예상치 못한 교란으로 인해 돌발적인 상황에서도 드론의 원리를 이용해 자세를 되돌릴 수 있다.

2) 단점

- ① 기동성이 저하
- 드론과 차량 우회 안내 역할을 동시에 수행하기 위해서는 기체에 장착해야하는 부품을 수가 증가할 것이다.
- 플랩의 방향 제어 속도가 빠르지 않기 때문에 기존의 멀티콥터보다 부족한 이동성을 가지고 있을 것이다.

5. 활용방안 및 기대효과

- 고속도로에서 발생하는 교통사고의 건수 및 사망자 수는 최근 10년 동안 감소하는 경향을 나타내고 있지만 최근 5년간(2016년~2020년) 고속도로 교통사고 전체 사망자의 6.3%가 2차 사고에 의해 발생하였으며 2차 사고

의 사고율 및 치사율은 유지되는 실정이다. 현재까지 2차 사고의 특성을 규명하기 위한 연구는 특별히 이루어지지 않았으며 2차 사고 발생에 영향을 미치는 요인에 대한 심층적인 분석 또한 부족하다고 판단한다.

이에 팀 메이커척에서는 앞으로 더 나아가 효과적인 2차 사고 개선대책을 수립하는데 필수적이고 선행되어야 할 고속도로 2차 사고의 특성을 분석하고 전방 차 사고 및 공사 시 임시우회 안내용 싱글컴터를 활용하여 기술적으로도 2차 사고의 발생 건수를 낮출 것을 기대한다.

<참고문헌>

1. 내외경제tv[소병훈"고속도로 2차 사고 치사율 59.8%"]
- <https://www.nbntv.co.kr/news/articleView.html?idxno=936043>