

# PID 제어 및 HSV를 활용한 인명 수색용 쿼드콥터에 관한 연구

지민석\* · 김병관\* · 김준우\* · 박내혁\* · 박형근\*\*

Study on the Quadcopter for Person Search using PID Control and HSV

Min-Seok Ji\* · Byeong-Kwan Kim\* · Jun-Woo Kim\* · Nae-Hyeok Park\* · Hyoung-keun Park\*\*

## 요약

COVID-19 사태 장기화로 인한 실내활동 제약으로 등산객들이 증가함에 따라 산불화재, 실종자 등 산악 사고가 증가하고 있다. 구조요원의 손길이 닿지 않는 곳에 위험 상황이 발생한다면 쿼드콥터를 활용하여 인명 수색 시간을 감소할 수 있다. 이러한 점에 착안하여 본 논문에서는 쿼드콥터의 원활한 호버링을 수행 할 수 있도록 Multiwii를 사용하여 기체의 기울기 변화에 따라 x축(Roll), y축(Pitch), z축(Yaw)의 최적화된 PID 값을 설정하여 원활한 호버링을 할 수 있도록 하였다. 또한, 카메라는 라즈베리파이에 Open CV를 설치한 후 HSV 색공간을 사용하여 인상착의와 같은 색상을 필터링한 영상을 수신하고, 색추출이 어려운 환경에서는 열화상 카메라를 사용하여 열 감지 영상을 실시간으로 수신할 수 있도록 하였으며, 2~8m 높이에서 호버링이 가능하였으며 5m 높이에서 파란색 추출이 가능하였고, 10cm 이내의 거리에서 열 감지가 가능하였다.

## ABSTRACT

Mountain accidents such as forest fires and missing people are increasing as hikers increase due to indoor activities restrictions caused by the prolonged COVID-19 incident. If a dangerous situation occurs at outside where rescue workers cannot reach, the search time for person can be reduced using a quadcopter. Considering this, in this paper, Multiwii is used to smoothly hover the quadcopter by setting optimized PID values of the x-axis, y-axis, and z-axis (Yaw) according to the change in the inclination of the gas. In addition, after installing Open CV on Raspberry Pi, the camera uses HSV color space to filter the color such as the description of the person, and uses a thermal imaging camera to receive thermal sensing images in real time in environments where color extraction is difficult. As a result, it was confirmed that hovering was possible at a height of 2 to 8 m, blue extraction was possible at a height of 5 m, and heat detection was possible at a distance of less than 10 cm.

## 키워드

Searching for Persons, Quadcopter, Hovering, PID Control, Raspberry-Pi, Open CV, HSV Extraction, Heat Detection  
인명 수색, 쿼드콥터, 호버링, PID 제어, 라즈베리파이, Open CV, HSV 추출, 열감지

\* 남서울대학교 전자공학과 (724jms@naver.com, kimbk310@naver.com, p4213740@naver.com, gu0439@naver.com) · Received : Oct. 25, 2021, Revised : Dec. 21, 2021, Accepted : Feb. 17, 2022  
· Corresponding Author : Hyoung-Keun Park

\*\* 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과

Dept. of Electronic Engineering, Namseoul University,  
E-mail : phk315@nsu.ac.kr

· 접수일 : 2021. 10. 25  
· 수정완료일 : 2021. 12. 21  
· 게재확정일 : 2022. 02. 17

## I. 서 론

광범위한 재난·재해 현장에서 인명을 수색하기 위해 다수의 인원이 안전 장비를 착용하고 직접 현장에 투입된다. 수색 도중 발생할 수 있는 2차 사고의 위험을 무릅쓰고 특정 지점에 위치한 찾는 일은 사람을 구하는 동시에 사람의 안전을 위협할 수도 있는 일이다. 따라서 보다 안전하고 효율적으로 수색할 수 있는 새로운 장치의 개발이 필요하다.

이러한 상황 속에서 드론 기술의 발전은 위험성이 높은 인간의 업무를 보조하는 효율적인 수단이 된다. 154kV 남사-진위 송전선로 공사 현장에서 경부고속도로를 가로질러 송전선을 연결하는 작업을 드론을 통해 완료하였다. 이를 산악 사고 상황에 적용해본다면 최소한의 인력으로 다수의 드론을 제어하여 보다 신속하게 수색을 수행할 수 있으며, 수색 중 발생할 수 있는 2차 사고의 위험도 예방할 수 있다. 물론 현재 기술 수준으로 인간 만큼의 정교한 탐색을 수행하기엔 다소 어려움이 있지만 이는 향후 기술발전을 통해 극복 가능하다<sup>1)</sup>.

드론을 사용하여 수색할 때 사람의 인상착의를 알 수 있다면 색 추출을 통해 수색을 더욱 효율적으로 할 수 있다. 드론에 부착된 카메라를 통해 원본 영상을 받아오면, 이 영상을 프로그램에 적용하여 색 추출 영상을 추가로 만들어 두 개의 영상을 확인함으로써 수색을 효율적으로 할 수 있다. 해가 뜨기 전이나 해가 진 후에는 일반 카메라로는 인명 수색을 하기는 어렵다. 이러한 경우 열화상 카메라를 사용하여 물체에서 방사하는 적외선 양을 측정함으로써 수색이 가능한 시간대를 넓혀줄 수 있다.

따라서 본 논문에서는 드론을 이용한 인명 수색의 가능성을 높이기 위해 라즈베리 파이의 Open CV 프로그램을 활용한 색 추출 방식과 열화상 카메라를 이용한 열 감지 및 수색을 위한 알고리즘을 고안하였다.

## II. 인명 수색용 쿼드콥터 개발

### 2.1 공중비행 물체에 작용하는 힘

공중비행하는 드론에는 지구가 물체를 당기는 중

력, 공중을 운동하는 물체에 운동 방향과 수직 방향으로 작용하는 양력, 물체를 운동 방향으로 밀어내는 추력, 비행 방향 기준 뒤로 잡아 끄는 힘인 항력이 있다. 물체가 공중에 떠 있기 위해서는 중력을 극복해야 한다. 비행기와 같은 고정된 날개에 의해 양력을 만들고 헬리콥터나 멀티콥터 같은 종류들은 모터의 회전력을 받은 프로펠러의 회전에 의해 양력을 만들어 양력에 의해 중력을 극복할 수 있게 한다. 추력은 비행하는 물체가 유체를 통과해 앞으로 나아갈 수 있도록 하는 힘으로 멀티콥터의 프로펠러나 엔진 등에 의해 발생한다. 항력은 기체가 진행하는 방향 반대로 공기 저항에 의해 기체의 전진을 방해한다. 기체가 공중으로 뜨기 위해서는 프로펠러의 동력으로 주위 공기의 흐름을 발생시켜 기체에 작용하는 중력보다 큰 양력을 만들어야 한다.

### 2.2 쿼드콥터 비행 원리

우리는 비행체 중에서도 숫자 4를 의미하는 쿼드(quad)와 헬리콥터(Helicopter)의 합성어로 네 개의 회전날개가 양력을 발생시켜 비행하는 쿼드콥터를 사용했다.

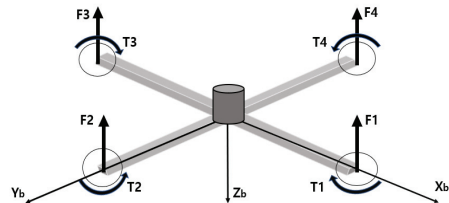


그림 1. 쿼드콥터의 동작 원리  
Fig. 1 Principle of movement of quadcopters

두 개의 회전날개는 시계방향(CW), 나머지 두 개는 반시계 방향(CCW)으로 회전하며 회전날개의 속도를 조절함으로써 쿼드콥터의 움직임을 제어할 수 있다. 쿼드콥터의 상승을 위하여 Mode2 조종기의 왼쪽 스틱을 위로 올려주면 네 개의 모터 속도가 증가하여 회전날개가 빠르게 회전함으로써 양력을 발생시켜 비행하게 된다. 이때 왼쪽 스틱을 위로 올려주면 기체는 더 높이 상승한다.

1) <http://electimes.com/article.php?aid=1432170590123990000> (accessed 21.05.2021)

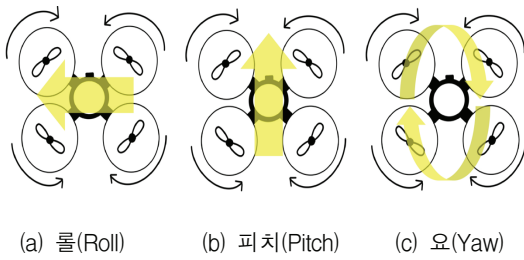


그림 2. 무인비행체의 주행 원리  
Fig. 2 Driving principle of UAV

쿼드콥터를 원하는 방향으로 이동시키기 위해서 롤(Roll), 피치(Pitch), 요(Yaw) 제어가 가능해야 한다. 그림 2(a)는 쿼드콥터의 롤의 원리를 나타낸 그림으로, 비행체의 X축을 기준으로 좌측 두 개의 회전날개와 우측 두 개의 회전날개의 속도를 제어해주면 된다. 예를 들어 비행체를 좌측으로 이동시키려면 우측 두 개의 회전날개 속도를 좌측 두 개의 회전날개 속도보다 높여주면 된다. Mode2 조종기의 오른쪽 스틱을 왼쪽으로 움직이면 비행체가 좌측으로 이동한다. 그림 2(b)는 쿼드콥터의 피치의 원리를 나타낸 그림으로, 비행체의 Y축을 기준으로 앞쪽 두 개의 회전날개의 속도와 뒤쪽 두 개의 회전날개의 속도를 제어해주면 된다. 예를 들어 비행체를 전진시키려면 뒤쪽 두 개의 회전날개 속도를 앞쪽 두 개의 회전날개 속도보다 높여주면 된다. Mode2 조종기의 오른쪽 스틱을 위로 올려주면 비행체가 전진한다. 그림 2(c)는 무인비행체의 요의 원리를 나타낸 그림으로, 비행체의 Z축을 기준으로 두 개의 시계방향 회전날개와 나머지 두 개의 반 시계방향 회전날개의 속도를 제어해주면 된다. 예를 들어 비행체가 시계방향으로 회전하기 위해서는 시계방향 두 개의 회전날개의 속도를 두 개의 반 시계방향 회전날개의 속도보다 높여주면 된다. Mode2 조종기의 왼쪽 스틱을 오른쪽으로 움직이면 시계방향으로 회전한다[1-4].

### 2.3 PID 제어

PID (Proportional-Integral-Differential) 제어기는 비례-적분-미분 제어로 실제 응용 분야에서 가장 많이 사용되는 대표적인 형태의 제어기법이다. PID 제

어기는 기본적으로 피드백(feedback) 제어기의 형태를 가지고 있으며, 제어하고자 하는 대상의 출력값(output)을 측정하여 이를 원하고자 하는 설정값(Set Point) 혹은 참조값(reference value)과 비교하여 오차(error)를 계산하고, 이 오차값을 이용하여 제어에 필요한 제어값을 계산하는 구조로 되어있다.

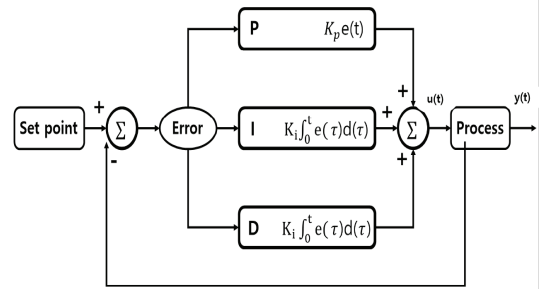


그림 3. PID제어 시스템 블록도  
Fig. 3 PID control system block diagram

표준 PID 제어는 3개의 항을 더해서 제어값을 계산하게 된다. 비례항( $P$ )은 현재 상태에서의 오차 값의 크기에 비례한 제어 작용을 하고, 적분항( $I$ )은 일정한 상태로 유지되는 오차를 없애는 작용을 한다. 미분항( $D$ )은 출력값의 급격한 변화에 제동을 걸어 목표값을 지나치는 오버슈트를 줄여 안정성(stability)을 향상시킨다[5].

$$mv(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de}{dt} \quad (1)$$

$K_p$ 는 비례이득,  $K_i$ 는 적분이득,  $K_d$ 는 미분이득이다. 변수  $e(t)$ 는 추적오차(tracking error)를 나타내는데 원하는 출력값  $R(t)$ 과 실제 출력값  $Y(t)$ 의 차이이다. 이 오차신호  $e(t)$ 가 PID 제어기에 보내지고, 제어기는 오차신호의 미분값과 적분값을 계산하게 된다. 제어기에서 출력되는 신호  $u(t)$ 는 오차에 비례이득  $K_p$ 를 곱한 것, 오차의 적분값에  $K_i$ 를 곱한 것, 오차의 미분값에  $K_d$ 를 곱한 것의 합으로 계산된다[6-7].

### 2.4 인명 수색 시스템 구성

무인비행체가 정상적으로 동작하여 인명을 수색하기 위해서는 필요한 부품들 간의 신호 전달이 필요하다. 그림은 무인비행체의 수색을 위한 기본적인 시스템 구성도이다.

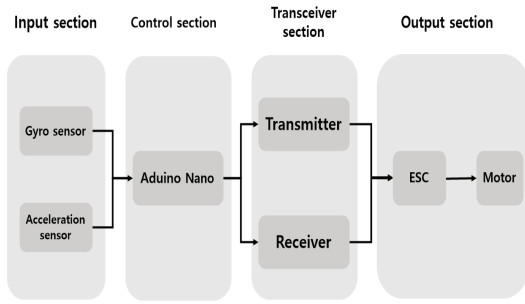


그림 4. 쿼드콥터 시스템 블록도  
Fig. 4 Quadcopter system block diagram

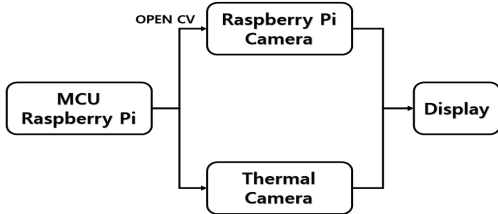


그림 5. 카메라 시스템 블록도  
Fig. 5 Camerar system block diagram

### III. 영상 추출

#### 3.1 색 추출 방식

색을 추출하는 방식 중 가장 널리 사용되는 기법은 RGB 방식과 HSV 방식이다. RGB 방식은 가장 기본적인 색상 모델로서 색을 Red, Green, Blue의 세 가지 성분의 조합으로 표현하는 것이다. RGB 모델은 눈에 보이는 직관적인 색을 조합하는 방식으로 간단하게 색을 구현할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 빛의 양에 따라 정확한 색 구현이 어렵기 때문에 정확성이 떨어진다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 설계된 방식이 HSV 방식이다. HSV 방식은 Hue(색조), Saturation(채도), Value(명도)의 세 가지 성분으로 색을 표현하는 색 공간 표현 방식이다. HSV 색 공간 모형은 원기둥 또는 거꾸로 선 원뿔 모양의 입체 도형이며, 원기둥 모형에서 원기둥의 표면과 내부의 한 점은 하나의 색을 나타낸다. 색상값은 각도로 표현되며 지정한 색이 원기둥의 수평 단면의 어느 방향에 위치하는지를 지정하며, 채도는 반지름에

해당하며 정 중앙에 무채색이 위치하며 원기둥의 겉면은 가장 진한 채도를 갖는다. 명도는 높이에 해당하며 위로 갈수록 색이 밝다.

따라서, Open CV에서 이미지는 8bit 형태를 가지기 때문에 0에서 255의 범위로 표현된다. 색상 값 H는 가시광선 스펙트럼을 고리 모양으로 배치한 색 상환에서 가장 파장이 긴 빨강은 0°로 하였을 때 상대적인 배치 각도를 의미한다. H값은 0°~360°의 범위를 가지며 360°와 0°는 같은 색상의 빨강을 가리킨다. S값은 특정 색상의 가장 진한 상태를 100%로 하였을 때 진함의 정도를 나타내며, S값이 0이면 무채색, S값이 255면 가장 선명한 색을 나타낸다. V값은 색의 밝고 어두운 정도를 의미하며 0~100% 비율로 표현된다. 0%에 가까울수록 검은색, 100%에 가까울수록 가장 맑은 색으로 표현된다[8].

#### 3.2 색상 인식

Open CV에서 색을 추출할 때 RGB가 아닌 HSV 색공간을 사용하는 이유는 RGB는 색상을 표시할 때 각각의 색상이 하나의 채널이 되어 총 세 개의 채널로 직관적인 색을 세부적으로 구현하는데 초점을 두는데 반해, HSV는 실제 색상을 기준으로 한 상태에서 명도와 채도에 차이를 두며 비교하는 방식을 나타낸다. 우리가 실험에서 사용한 방법은 Open CV의 마스크 함수를 사용하여 실시간 영상과 마스크한 영상을 서로 비트연산(bitwise\_and)을 하고, 트랙바를 이용하여 추출하고자 하는 H, S, V값을 실시간으로 조절하여 원하는 색상을 정밀하게 표현할 수 있다[9-11].

#### 3.3 열 감지

열화상 카메라는 적외선 에너지(열)를 감지하여, 이를 실화상으로 변환해주는 비접촉식 측정 기기이다. 적외선은 사람의 눈으로는 인지할 수 없으며, 열화상 카메라가 적외선을 감지하여 온도의 높낮이를 색상으로 이미지화 한다. 일반적으로는 온도가 높을수록 흰색 혹은 붉은색으로, 낮을수록 검은색 혹은 보라색에 가까운 색으로 표시한다. 열화상 카메라를 사용하여 사람으로 추정되는 물체의 열을 감지함으로써 색 추출이 어려운 어두운 환경에서 더욱 정밀하게 검색할 수 있다.

#### IV. 실험 및 고찰

##### 4.1 무인 비행체 실험

아두이노 오픈소스 중 멀티위(Multiwii) 파일을 사용하여 무인비행체의 안정적인 호버링을 위한 최적의 롤, 피치, 요 값을 설정해 주고 조종기 스틱의 최솟값과 최댓값을 설정하였다.

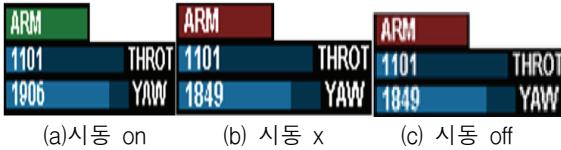


그림 6. 시동을 위한 설정값  
Fig. 6 Setting value for arming

그림 6(a)는 무인비행체의 시동(Arming)을 걸기 위한 스로틀값과 요값이다. 스로틀 값이 약 1100 일 때, 요(YAW) 최댓값이 1900 이상이면 시동이 걸리도록 하였다. 그림 6(b)는 요값이 1900 이상이 아니므로 시동이 걸리지 않는 그림이다. 그림 6(c)는 시동을 끄기 위한 스로틀값과 요값이다. 스로틀 값이 약 1100이며, 요 최솟값이 1900 이하일 경우 시동이 on 상태에서 off 상태로 전환되도록 하였다.

표 1. PID 튜닝 값

Table 1. PID output value

Direction \ Gain	$K_p$	$K_i$	$K_d$
Roll	3.3	0.03	23
Pitch	3.3	0.03	23
Yaw	6.8	0.045	20

위의 표 1은 무인비행체의 안정적인 호버링을 위한 롤, 피치, 요 값이다. 무인비행체의 안정적인 호버링을 위해 설정한 PID 값으로 위에 값에서 가장 안정적으로 호버링이 가능하였다. P값이 낮으면 균형을 잡지 못하고 느리게 반응하고, 반대로 P값을 높이면 반응이 빨라지만 진동(Oscillation)이 심하였다. I값은 미세한 변화값에도 크게 반응하였는데, I값은 각도 정밀도에 큰 영향을 준다. I값을 낮추면 빠르게 반응하고 P

효과를 증가시키고, I값을 높이면 느리게 반응하고 P 효과를 감소시킨다. D값은 외란에 대해 보정해주며, D값을 높였을 때 미세한 외란에도 크게 반응하여 진동이 심하였다.

그림 7은 진행 방향에 따른 기체의 모습을 나타내는 그림이다. 그림 7(a)는 기체가 전진할 때 그림이고, 그림 7(b)는 기체가 후진할 때 그림이다. 전진할 때는 앞으로 기울어지며, 후진할 때는 뒤로 기울어지는 것을 확인하였다. 그림 7(c)는 기체가 좌측으로 이동할 때 그림이고, 우측으로 이동할 때 그림이다. 비행체가 좌·우로 이동할 때 이동하고자 하는 방향으로 기울어지는 것을 확인하였다.

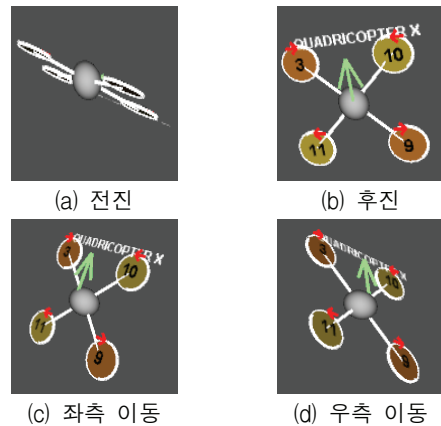


그림 7. 진행 방향에 따른 기체의 모습  
Fig. 7 Roll and pitch angle measurement according to slope



그림 8. 호버링 실험 사진  
Fig. 8 Hovering experiment picture

그림 8은 Multiwii 시뮬레이터로 PID 튜닝을 완료하고 실험한 호버링 사진이다. 위 실험은 앞선 실험에서 확인한 안정적인 호버링을 위한 PID 설정값 및 기

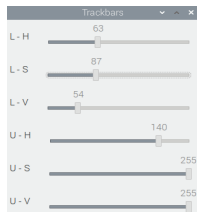
울기에 따른 물, 피치 각도 측정 실험을 모두 확인하고 비행 실험을 진행하였다. 쿼드콥터의 경우 약간의 잘못된 조종만으로도 매우 위험한 피해를 입힐 수 있기 때문에 안전거리를 유지한 상태에서 실험하였다.

4.2 영상 실험

표 2는 H의 범위 설정에 따른 인식표이다. H의 최댓값을 180으로 설정한 이유는 Open CV 프로그램의 이미지 변수들은 8bit로 설정되어 있기 때문에 0~360의 범위는 1Byte(uint8)의 범위를 벗어나게 된다. 따라서 불필요한 메모리 사용을 줄이기 위해 절반 값인 0~179의 범위로 표현한다.

표 2. H의 범위 설정에 따른 값  
Table 2. Value according to the range setting of H

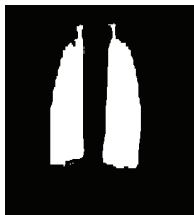
Division Color	H	S	V	Recognition
Blue	0~10	255	255	X
Blue	10~61	255	255	X
Blue	63~140	255	255	O
Blue	140~179	255	255	X



(a) 트랙바



(b) 원본 영상사진



(c) 마스킹 영상 사진



(d) 추출 영상 사진

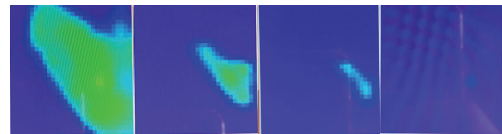
그림 9. 트랙바를 이용한 마스킹 영상 실험  
Fig. 9 Masking video experiment for using Trackbar

그림 9는 앞선 실험에서 파란색으로 인식 가능한 H값을 기준으로 Open CV의 트랙바(Track Bars)를 사용하여 색 추출한 그림이다. 그림 9(a)는 트랙바이며 두 개의 트랙바를 동시에 사용하였다. 그림 9(b)는 원본 영상이며 그림 9(c)는 원본 영상 사진과 비트연산(bitwise\_and)을 하여 흰색의 마스킹 영상을 만들어준 사진이다. 그림 9(d)는 트랙바의 파란색으로 인식 가능한 최솟값(H=63, S=87, V=54)과 최댓값(H=140, S=255, V=255)을 설정하여 추출한 영상을 보여주는 사진이다. 원하는 색상만 추출하여 표현하고 나머지 부분은 검은색 화면으로 나타내는 것을 확인하였다.

표 3. 거리 설정에 따른 값  
Table 3. Value according to distance setting

Temperature	Division	Distance(cm)	Recognition
36.8°C		10cm	O
		20cm	O
		30cm	X
		40cm	X

표 3은 거리에 따른 열화상 카메라의 인식표이다. 사람의 정상 체온은 36.5°C라고 알려져 있지만 나이에 따라 정상 체온이 다르기 때문에 중간 온도인 36.8°C로 설정하여 실험하였다.



(a) 10cm (b) 20cm (c) 30cm (d) 40cm

그림 10. 거리별 열감지 인식 실험  
Fig. 10 Thermal recognition experiment by distance

그림 10은 라즈베리파이에 열화상 카메라 모듈을 사용하여 거리별로 열 감지가 가능한지를 보여준다. 그림 10(a)에서 10cm 이내의 거리에서는 열 감지가 가능함을 확인할 수 있다. 하지만, 그림 10(b)와 그림 10(c)에서 거리가 약 20~30cm 이상 멀어지면 사람을 작게 인식하기 때문에 열 감지가 어려운 것을 확인하였다. 또한 그림 10(d)에서 40cm 이상의 거리에서는 열 감지가 불가능한 것을 확인하였다.

## V. 결론 및 향후 개선 방향

본 논문에서는 무인비행체 상승, 하강의 동작 원리와 Roll, Pitch, Yaw의 원리를 이용하고, 멀티위 과일을 이용하여 Throttle, Yaw의 시동을 걸고 끄는 범위 설정과 자이로 센서와 각속도 센서를 이용하여 기체의 기울기에 따른 Roll, Pitch 각도를 측정하였고, 'Multiwill' 프로그램으로 PID 게인 값을 조정하여 안정적인 호버링 값을 설계하였다.

또한, 5m 이상의 높이에서 쿼드콥터의 안정적인 호버링을 구현하였으며 쿼드콥터에 적외선 카메라와 열화상 카메라를 부착하여 Open CV의 트랙바를 활용한 HSV 색추출을 통해 수색 대상 인명의 인상착의와 같은 색을 추출하였고, 거리별 열 감지를 통해 수색을 위한 적정 거리를 확인하였다.

앞으로 쿼드콥터의 불안정한 호버링으로 인한 카메라의 흔들림을 줄이기 위해 이중 PID 제어를 사용하여 오차를 줄여 정확한 제어를 하고, 높은 사양의 라즈베리파이를 사용하여 설정 범위의 색만 추출하고 이외의 범위는 회색(S=V=0)으로 처리하여 하나의 영상으로 색 추출이 가능하게 만들고 높은 화소의 열화상 카메라를 부착하여 초기 열 감지 인식 거리보다 먼 거리까지 추출할 수 있도록 추가적인 개선이 필요할 것으로 사료된다.

## References

- [1] C. Basdogan, *Discrete PID Controller, Robotics Courses*. Istanbul: Koc University Press, 2004.
- [2] S. Bouabdallah, P. Murrieri, and R. Siegwart, "Towards Autonomous Indoor Micro VTOL," *Autonomous Robots*, vol. 18, no. 2, 2005, pp. 171-183.
- [3] J. Choi, B. Kim, J. Yu, J. Choi, S. Lee, PID Controlled UAV Monitoring System for Fire-Event Detection, *Journal of the KIECS*, vol. 15, no. 1, 2021, pp. 1-8.
- [4] K. Nam, M. Jang, A Study on the Exploration Device of the Disaster Site Using Drones, *Journal of the KIECS*, vol. 14, no. 3, 2019, pp. 579-586.
- [5] Y. Kim, J. Shin, S. Lee, H. Lee, H. Lim, K. Kim, and S. Lee, "Quad-rotor Attitude Stabilization by using PID Controller," *J. of Aerospace System Engineering*, vol. 4, no. 4, 2010, pp. 18-27.

- [6] J. Oh, J. Seol, Y. Gong, S. Han, and S. Lee, "Drone Hovering Using PID Control," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 6, 2018, pp. 1269-1274.
- [7] D. Yoon, K. Lee, S. Han, and S. Lee, "A Study on Flight Stabilization of Drones by Gyro Sensor and PID Control," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 4, 2017, pp. 591-598.
- [8] J. Choi, B. Kim, J. Yu, J. Choi, and S. Lee, "PID Controlled UAV Monitoring System for Fire-Event Detection" *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15 no. 1, 2020, pp. 1-8.
- [9] Y. Kwon, "A Key-Frame Extraction Method based on HSV Color Model for Smart Vehicle Management System," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 4, 2013, pp. 595-604.
- [10] D. Lim, *Video Processing Using Open CV*. Paju: Free Academy, 2014.
- [11] C. Kim, *Digital Image processing*. Paju: Sangneung publisher, 2016.

## 저자 소개



### 지민석(Min-Seok Ji)

2014년 3월~현재 남서울대학교  
전자공학과 재학  
2022년 남서울대학교 전자공학과  
졸업예정

※ 관심분야 : 반도체 회로설계, 디스플레이공학



### 김병관(Byeong-Kwan Kim)

2014년 3월~현재 남서울대학교  
전자공학과 재학  
2022년 남서울대학교 전자공학과  
졸업예정

※ 관심분야 : 디스플레이공학, RF디바이스설계



**김준우(Jun-Woo Kim)**

2016년 3월~현재 남서울대학교  
전자공학과 재학  
2022년 남서울대학교 전자공학과  
졸업예정

※ 관심분야 : 전력전자, 통신시스템



**박내혁(Nae-Hyeok Park)**

2014년 3월~현재 남서울대학교  
전자공학과 재학  
2022년 남서울대학교 전자공학과  
졸업예정

※ 관심분야 : RF디바이스설계, 디스플레이공학



**박형근(Hyung-KeunPark)**

1993년 2월 원광대학교 전자공학과  
졸업(공학사)  
1995년 2월 원광대학교 대학원  
전자공학과 졸업(공학석사)

1996년 2월 원광대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학  
박사)

1998년~2001년 (주)미디어서브기술연구소 선임연구  
원

2005년~ 현재 남서울대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 반도체 회로설계 및 공정장비, 마이크  
로프로세서 응용설계