

실내 비행용 소형 충돌회피 멀티콥터 시스템 개발

문정호^{1,†}

¹청주대학교 무인항공기학과

Development of small multi-copter system for indoor collision avoidance flight

Jung-Ho Moon^{1,†}

¹Department of Unmanned Aircraft Systems Engineering, Cheongju University

Abstract

Recently, multi-copters equipped with various collision avoidance sensors have been introduced to improve flight stability. LiDAR is used to recognize a three-dimensional position. Multiple cameras and real-time SLAM technology are also used to calculate the relative position to obstacles. A three-dimensional depth sensor with a small process and camera is also used. In this study, a small collision-avoidance multi-copter system capable of in-door flight was developed as a platform for the development of collision avoidance software technology. The multi-copter system was equipped with LiDAR, 3D depth sensor, and small image processing board. Object recognition and collision avoidance functions based on the YOLO algorithm were verified through flight tests. This paper deals with recent trends in drone collision avoidance technology, system design/manufacturing process, and flight test results.

초 록

최근 멀티콥터는 비행 안정성 향상을 위해 다양한 충돌회피 센서를 탑재하고 있다. LiDAR를 이용해 3차원 위치를 인식하거나 다수 카메라와 실시간 SLAM 기술을 이용해 장애물과의 상대 위치를 계산하기도 한다. 또한 소형 프로세서와 카메라로 구성된 3D 깊이 센서를 사용하기도 한다. 본 연구에서는 충돌회피 소프트웨어 기술 개발을 위한 플랫폼으로써 상용 부품을 활용해 실내 비행이 가능한 소형 충돌회피 멀티콥터 시스템을 개발하였다. 멀티콥터 시스템은 LiDAR, RealSense, GPU 보드를 탑재하였고, 비행시험을 통해 YOLO 알고리즘 기반의 사물 인식 및 충돌회피 기능을 검증하였다. 이 논문에서는 시스템 설계/제작 및 탑재 장비 선정과정, 비행시험 결과에 대해 기술하였다.

Key Words : 무인항공기(UAV), 드론(Drone), 충돌회피(Collision Avoidance), 장애물회피(Obstacle Avoidance), 픽스호크(Pixhawk), 멀티콥터(Multicopter)

1. 서 론

최근 상용 소형 멀티콥터(일명 ‘드론’)는 시스템을 최적화하여 제공 시간을 증가시키면서 동시에 다양한

센서를 탑재해 충돌 방지 및 회피 기능을 강화하고 있다. 인텔(Intel)은 2015년 라스베이거스에서 개최된 CES에서 리얼센스(RealSense™)를 탑재한 드론으로 충돌회피 기술을 시연하였다. DJI사는 2016년도에 출시한 Phantom IV 기종부터 장애물 충돌 방지를 위해 스테레오 카메라를 별도로 장착하였다[1]. 최근에 출시한 Mavic II 기종은 충돌 회피용으로 8개의 카메라

Received: Dec. 15, 2020 Revised: Jan. 18, 2021 Accepted: Jan. 20, 2021

† Corresponding Author

Tel: +82-10-8006-9205, E-mail: jhmoon@cju.ac.kr

© The Society for Aerospace System Engineering

를 장착하고 있다. 별도의 비행모드(APAS, Advanced Pilot Assistance System)를 추가하여 전 방향 충돌 방지뿐 아니라 조종 명령에 따라 장애물 사이를 통과 하면서 비행할 수 있다. 또한 Skydio사는 R1과 R2 드론을 출시하면서 카메라만을 이용한 자율 비행 기술을 선보였다[2]. Table 1은 충돌회피 기술 기반의 드론인 R1과 R2의 사양을 정리한 표이다. R1은 12개의 카메라를 프로펠러 보호대 주변에 장착하고, 영상 처리를 위해 Jetson TX1을 탑재하였다. R2는 카메라를 6개로 줄이고, Jetson TX2를 장착하면서 프로펠러 보호대를 제거하였다. 이러한 설계변경을 통해 16분이던 비행시간이 23분으로 약 50%가 증가하였다[3].

이렇듯 최근에는 영상처리보드가 소형 멀티콥터에 탑재 가능한 수준으로 소형화되면서 다양한 자율 비행 기술 연구에 활용되고 있다(Table 2). 카네기멜런 대학(CMU)의 Dubey[3]는 전선을 자동으로 감지하고 충돌회피 경로를 생성하는 기술을 연구하였다. 이를 위해 합성곱 신경망(CNN, Convolutional Neural Network) 알고리즘을 탑재하고자 Jetson TX2와 FPGA, 스테레오 카메라를 장착한 드론을 개발하였다.

MIT의 Carrio[4]는 동적 장애물의 위치를 추정하고, 충돌회피를 수행하기 위해 소형 쿼드콥터를 사용하였다. 이 연구에서는 최대 8m 거리에서 상대 속도 2.3m/s로 날아오는 드론을 감지하기 위해 스테레오 영상 처리를 16Hz로 실시하였다. 시험에 사용된 기체는 ZED 3D카메라와 Jetson TX2, Qualcomm Snapdragon 비행 제어 컴퓨터를 탑재하였다. ETH의 Falanga[5]는 날아오는 공을 회피하기 위한 드론을 개발하였으며, 탐지 센서로는 Insightness사의 SEEM1 센서를 사용하고, 처리컴퓨터로는 인텔의 UP²를 탑재하였다. 비행 제어 컴퓨터로는 중량이 10g이며 Betaflight 펌웨어를 사용하는 Lumenier F4 AIO를 사용하였다.

KAIST의 Jung[6]은 빠르게 게이트를 통과하기 위한 자율 비행 드론을 개발하였다. ZED 스테레오 카메라로 촬영한 영상을 이용하여 SVO(Semi-direct Visual Odometry) 알고리즘으로 드론의 속도를 추정 한 다음 그 결과를 UKF(Unscented Kalman Filter)에 입력하여 IMU 데이터와 결합해 최종 항법 해를 계산한다. 모든 계산은 비행체에 탑재된 Jetson TX2에서

이뤄진다.

nVidia사의 Smolyanskiy[7]는 DNN(Deep Neural Network)을 이용해 충돌 없이 숲길을 비행하는 드론을 개발하였다. 이를 위해 단일 카메라와 Jetson TX2를 비행체에 탑재하였다. 소프트웨어는 Trail DNN, Object DNN, Obstacle Detector로 구성하고 MAVROS를 이용하여 비행제어컴퓨터와 통신한다. 최근 스웨덴 Everdrone[8]은 자동심장충격기(AED, Automated External Defibrillator)와 의료용품을 신속히 운반하기 위한 드론을 개발하였다. 여기에는 장애물 감지를 위해 RealSense D435를 총 7개 장착하였다. 동체 주변으로 60도 간격마다 6개를 장착하고, 하부에 1개를 장착하였다.

본 연구에서는 향후 지속적인 충돌회피 기술 개발을 위해 3차원 깊이 센서와 LiDAR를 동시에 탑재하고, 실내 비행이 가능한 소형 멀티콥터 시스템을 설계/제작하였으며, YOLO를 활용한 충돌회피 알고리즘을 탑재해 비행시험으로 활용성을 확인하고자 한다.

Table 1 Specifications of Skydio drones




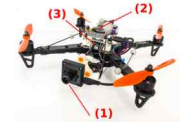
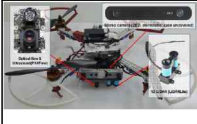


Specifications	Skydio R1	Skydio R2
No.of cameras	12	6
Main processor	TX1	TX2
GPU	256 Maxwell	256 Pascal
Flight time	16 mins	23 mins
Weight	997g	775g
Configuration		

Table 2 Multi-copters used for other obstacle detection&avoidance researches[2~6]

 (a) CMU	 (b) MIT	 (c) ETH
 (d) KAIST	 (e) nVidia	 (f) Everdrone

2. 본 론

2.1 기체 프레임 선정

드론 기체는 탑재 장비를 지지할 수 있도록 충분한 강도를 유지해야 하며, 비행제어컴퓨터와 영상처리보드, 3D카메라와 LiDAR 센서 등을 모두 탑재할 수 있어야 한다. 반면, 실내 비행을 위해서는 기체의 크기가 작고 가벼워야 한다. 다양한 쿼드콥터 비행체를 검토한 결과, 본 연구에서는 TBS Discovery 모델을 기본 프레임으로 선정하였다. 이 기체는 DJI사의 F450 교육용 쿼드콥터의 부품을 그대로 사용하면서 FPV(First Person View) 비행용으로 제작되어 장비탑재 공간이 넓은 편이다. 기체의 형상과 사양은 Fig. 1 및 Table 3과 같다. 이 기체는 모터, 프로펠러, 지지대 등의 핵심 부품을 손쉽게 확보할 수 있고, 상하 동체 프레임이 회로기관으로 제작되어 배선을 간소화할 수 있는 장점이 있다. 또한 전 세계적으로 사용자가 많아 제작 및 비행시험 과정의 문제점을 빠르게 해결할 수 있다.

2.2 시스템 구성

탑재시스템은 자동 비행을 위한 비행제어컴퓨터(FCC, Flight Control Computer)를 중심으로 GPS 수신기, 통신장비, 전원 분배 장치, 모터, ESC(Electronic Speed Controller)를 포함한다. 그리고 카메라와 LiDAR 신호 처리를 위한 임무 컴퓨터(MC, Mission Computer)를 탑재하고, 비행 제어 컴퓨터와는 UART통신으로 연결한다. 시스템 연결 구성도는 Fig. 2에 나타내었다.

제작한 기체 형상과 장비 배치는 Fig. 3과 같다. 중량 절감을 위해 기본 착륙장치를 제거하고, 날개 끝 지지대 하부에 약 3mm 높이로 스티로폼 재질의 충격 흡수체를 추가하였다. FCC는 기체의 자세 변화에도 정확한 항법 측정을 위해 동체 하부 판의 무게중심 근처에 위치시키고, 충돌회피를 위한 LiDAR, 카메라, MC 등은 모두 동체 전방 상부 판에 장착하였다. LiDAR는 레이저로 주변 360도 장애물 거리를 측정해야 하므로, MC 상부에 별도의 장착대를 제작하여 설치하였다. GPS와 배터리는 비행체 무게중심 유지를 위해 후방으로 위치하도록 설계하였다. 배터리는 지속적인 운용 편의성을 고려해 상용 드론(Mavic II)에 사

용되는 스마트 배터리를 장착하였다. 장비 배치 결과, 기존 TBS 드론보다 이륙중량이 크고, 무게중심이 위쪽으로 위치해 추가적인 제어이득 튜닝 과정을 필요로 하였다.



Fig. 1 TBS Discovery® FPV Drone

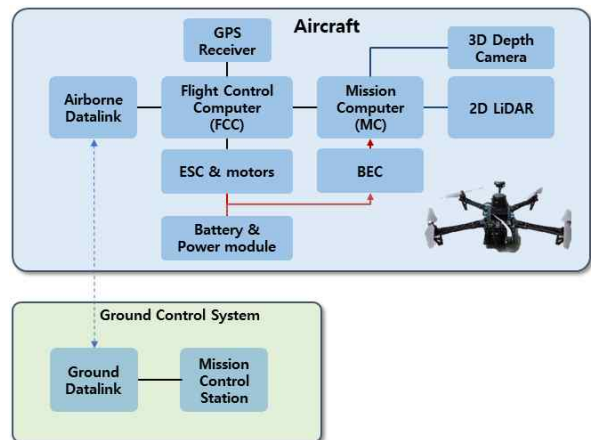


Fig. 2 System block diagram of the drone


Table 3 Specifications of drone platform

Specifications	TBS Discovery
Type	Asymmetric spider quadrotor
Airframe	Reinforced black fiberglass
Battery	4S(14.8V) 2500~4500mAh LiPo
Propellers	9x5inch or 10x5inch
Motor	2212 or 2216 class, 700~900kV
ESC	18~30A 400Hz
Duration	8~15min
Weight	1,400~2,000g



Fig. 3 Research drone installed with collision-avoidance system

Table 4 Comparison of flight control computers

Specifications	Pixhawk 2.1	Pixhawk 4 mini
FMU	FMU-V3	FMU-V5
CPU	STM32F427 Cortex-M4	STM32F765 Cortex-M7
Clock	168MHz	216MHz
RAM	256KB	512KB
Flash	2MB	2MB
I/O	STM32F103	Cortex M3
Weight	75g	36g
Config.		

2.3 비행 제어시스템

비행 제어시스템은 오픈 아키텍처 기반의 통합 비행 제어 컴퓨터인 Pixhawk를 사용하였다. Pixhawk는 자이로, 가속도 센서, 지자기 센서, 다양한 입출력 신호 처리 기능을 포함한 통합 비행제어컴퓨터이다. 또한 ARM 아키텍처를 채용하여 STM32계열 MCU를 주

CPU로 사용한다. Pixhawk는 공개 소스 진영에서 개발한 다양한 소프트웨어가 탑재 가능한데, 가장 널리 사용되는 펌웨어는 Ardupilot과 PX4이다.

PX4는 NuttX 운영체제를 기반으로 초창기에는 3DR사가 주도적으로 발전시켰고, 현재 전 세계적으로 가장 널리 사용되고 있다[9]. PX4는 특히 공개 소프트웨어 라이선스 정책 중 BSD(Berkeley Software Distribution) 정책을 따르고 있어, 아무나 수정할 수 있고 수정한 것을 제한 없이 배포할 수 있다. 이는 소스 코드를 수정하여 상업용으로 배포할 때 공개 의무가 있는 GPL(GNU General Public License) 정책과 가장 큰 차이이며, 산업계에서 PX4를 널리 사용하는 계기가 되었다.

Table 4는 연구용으로 가장 많이 사용되는 Pixhawk 2.1과 Pixhawk 4 mini 사양을 비교한 것이다. Pixhawk 4는 32Bit Cortex-M7 프로세서를 적용해 기존 대비 2배 이상의 RAM 용량을 확보하고, 신호 처리 속도는 약 30% 이상 향상되었다[10].

2.4 전원 시스템

소형 멀티콥터(2kg 이하)의 주전원 전압은 주로 11.1~14.7V(3~4Cells)를 사용한다. 주전원을 높게 설정하면 동일 출력에서 낮은 전류를 사용함으로써 모든 부품의 중량을 감소시킬 수 있다. 따라서 본 연구에서는 TBS 기체에 적용 가능한 최대 전압인 14.8V (4 Cell)를 사용하였다. 반면, FCC, MC, 탑재 센서, 카메라 등은 주로 5V 전압을 사용하므로 전원관리 보드를 별도로 장착해야 한다. Table 5는 전원관리 보드 사양을 비교한 것으로, PM07의 경우 I/O보드를 결합한 형태로 케이블 간소화, 중량 절감이 가능한 장점이 있다. 하지만 현재 기체는 프레임 자체가 회로기판으로 되어 있어 일부 전원공급 케이블 역할을 하므로, 중량이 가장 적은 PM02를 선정하였다. 또한 MC로 충분한 5V 전원을 공급하기 위해 7A 출력이 가능한 BEC(Battery Eliminator Circuit)를 추가 장착하였다.

2.5 임무 컴퓨터

임무 컴퓨터는 LiDAR 신호 처리와 카메라 영상 처리 기능을 담당해야 하므로 고성능이면서 크기가 작고 가벼워야 한다.

Table 5 Comparison of power boards







Specifications	PM02 v3	PM06 v2	PM07
Manufacturer	Holybro		
Max current	120A		
Regulator	5V 3A		
Input voltage	7~51V	7~42V	7~51V
Weight	20g	7g	41g
Extras	-	-	inc. I/O channel
Config.			

Table 6 Comparison of mission computers

Spec.	Nano	TX2	Xavier NX
CPU	Quad ARM	Hexa ARM	Hexa ARM
GPU	128 Cores (Maxwell)	256 Cores (Pascal)	384 Cores (Maxwell)
RAM	4GB	8GB	8GB
Power	5~10W	7.5~15W	10~15W
Size	100x80x29mm	170x170x16mm	103x91x34mm
Weight (Dev.Kit)	142g	1,610g	172g
Config.			

본 연구에서는 최근 드론의 영상처리용으로 널리 사용되는 nVidia사의 GPU가 내장된 컴퓨터를 검토하였다.

Table 6은 각 후보 제품의 사양을 나타낸 것으로 탑재 및 활용 편의성을 고려해 개발자용 보드를 기준으로 비교하였다. Xavier NX는 6개의 ARM 코어와 384개의 GPU 코어를 탑재하여 가장 성능은 우수하지만, 소비 전력이 큰 단점이 있다. TX2는 성능이 우수하지만, 개발자용 보드의 크기가 크고 드론에 장착하기 위해서는 별도의 캐리어(Carrier) 보드를 추가해야 하는 단점이 있다. 본 연구에서는 탑재가 쉽고 가벼우면서도 필요한 경우, Xavier NX로 편리하게 교체가 가능한 Jetson Nano를 드론에 탑재하였다.

2.6 충돌회피 센서

충돌회피를 위한 주변 환경 인지 센서로는 LiDAR와 3D 깊이 센서를 주로 사용한다. 3D LiDAR는 전 방향 3차원 장애물 인식이 가능하지만, 현재까지 개발된 3D LiDAR 중 가장 가벼운 제품(Velodyne사의 Puck LITE) 중량이 약 600g으로 본 연구에서 개발 중인 기체에는 장착할 수 없는 수준이다. 따라서 Table 7과 같이 2D LiDAR의 주요 제품을 비교한 결과, 성능과 중량 등을 고려해 Slamtec사의 S1 LiDAR를 기본 장비로 선정하였다.

3D 깊이 센서는 거리 측정뿐 아니라 RGB 카메라를 포함해 고해상도 영상을 동시에 획득할 수 있다. 최근 SDK 지원이 많고, 다양한 사양을 갖춘 인텔 리얼센스를 검토하였다. 리얼센스는 능동 적외선 스테레오 비전(Active Infrared Stereo Vision)기술을 적용한 3D 깊이 센서로 세부 구성품은 Fig. 4와 같다. 이 기술은 적외선 프로젝터로 패턴화된 적외선 빛을 사물에 비추고, 사물에 투영된 적외선 굴곡을 좌/우 적외선 카메라로 촬영해 상대 거리를 측정함으로써 3차원 모양을 인식할 수 있다. 3D 깊이 센서 중 가장 정확도가 높고, 움직이는 물체도 측정이 가능한 장점이 있지만, 적외선 빛을 사용하기 때문에 측정 거리가 짧고, 특히 실외에서 성능이 떨어지는 단점이 있다.

이 연구에서는 충돌회피 시험을 목적으로 하므로 리얼센스 중 관성 측정 센서를 포함한 제품만 비교하였다(Table 8).

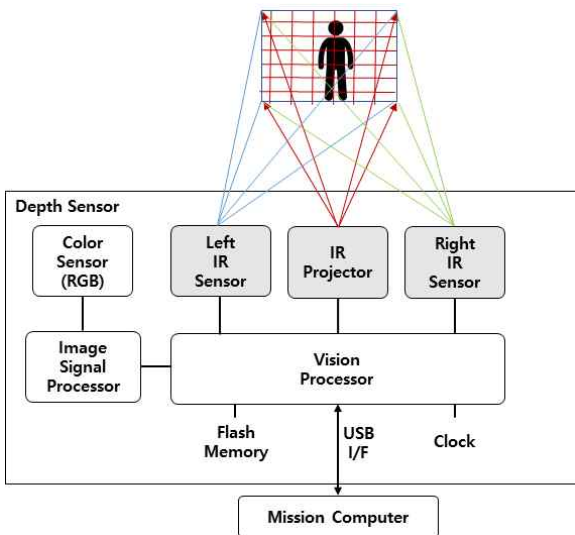


Fig. 4 System block diagram of 3D depth sensor

Table 7 Comparison of 2D LiDAR sensor

Specifications	S1	UST-05LN	TX8
Manufacturer	Slamtec	Hokuyo	YDLIDAR
Range	40m	5m	8m
Accuracy	5cm	4cm	2cm
Scan rate	15Hz	40Hz	12Hz
Angular resolution	0.391°	0.5°	0.63°
Voltage	5V	10-30V	5V
Interface	TTL UART	USB	UART
Weight	105g	130g	180g
Configuration			

Table 8 Comparison of 3D Depth cameras

Specifications	T265	D435i	D455
Range	-	0.1~10m	0.4~6m
Depth Res.	-	1280x720	1280x720
Depth FOV	-	86°x58°(±3°)	86°x57°(±3°)
RGB Res. (Frame)	848x800	1920x1080 (90FPS)	1280x800 (90FPS)
RGB FOV	-	69°x42°(±1°)	86°x57°(±3°)
Power	1.5W	3.5W	3.5W
Size	108x25x13mm	90x25x25mm	124x26x29mm
Weight	55g	72g	103g
Configuration			

T265는 두 개의 Fisheye 렌즈 센서, IMU(Inertial Measurement Unit), VPU(Vision Process Unit)를 포함하고 있다. VPU는 V-SLAM 알고리즘을 내장해 센서 자체에서 X,Y,Z 위치를 출력하기 때문에 ‘Tracking SLAM 카메라’ 라고도 한다. 또한 소비전력이 낮고 가벼워 실내 비행을 위한 위치 측정 센서로 적합하다. 하지만 3D 깊이 정보를 출력하지 않아 영상 기반 충돌회피 알고리즘 연구에는 활용이 제한적이다.

D435i는 최대 10m에 있는 물체의 측정이 가능하다. 2개의 Depth Sensor와 RGB 카메라, 적외선 프로젝터

로 구성되어 있다. D435i와 D455는 유사한 성능을 가지고 있으나 화각(FOV, Field Of View)과 RGB 센서의 화소 차이가 있다. 모든 방향의 장애물 인식을 위해서는 6개의 센서를 탑재해야 하지만 알고리즘 테스트 목적을 달성하면서 중량을 최소화하기 위해 D435i 1개의 센서만 드론에 장착하였다.

2.7 시스템 중량 분석

드론의 크기를 제한하고, 활용성을 최대한 높이기 위해 탑재 장비 선정시 최우선으로 중량을 고려하였으며, 시스템의 부품별 중량은 Table 9와 같다. 배터리를 제외한 중량은 총 1,343g이며, 총 이륙 중량은 1,640g이다. 전체 중량에서 배터리는 약 18%, 프레임과 모터, 프로펠러 등의 구조물이 약 40%를 차지한다. 비행 시간은 약 8분으로, 5,200mAh 배터리를 장착시 약 10분 비행이 가능하다.

Table 9 System parts list and weight

Name	Part	Weight(g)	Ratio
Frame	TBS-500	370	22.6%
Propeller set(4ea)	9.4 x 5 inches	48	2.9%
Motor set(4ea)	2213-920kV	216	13.2%
ESC set(4ea)	AIR 20A	56	3.4%
RC receiver	R2000SBM	3	0.2%
FCC	Pixhawk4	49	3.0%
Power module	Holybro PM-07	20	1.2%
Telemetry	3DR 433MHz	15	0.9%
GPS Antenna	Holybro Pix32	34	2.1%
GPS Ant. Stand	-	17	1.0%
W/H&accessory	-	145	8.8%
BEC(MC)	UBEC 5V7A	16	1.0%
MC	Jetson Nano	142	8.7%
Wifi antenna(2ea)	Dual band	32	2.0%
3D Camera	T435i	75	4.6%
LiDAR	Slamtec S1	105	6.4%
Battery	4S 3,850mAh	297	18.1%
Total		1,640g	-

2.8 비행 시험

비행시험을 통해 소형 충돌회피 멀티콥터 시스템의 특성 확인 및 자동 비행 성능을 검증하였다(Fig. 5).

비행 데이터는 오픈소스 비행 소프트웨어의 표준이 되는 ULog 형식으로 비행 제어 컴퓨터의 MicroSD카드에 저장하고, Flight Review[11]를 활용하여 비행 성능과 제어성을 분석하였다.

소형 멀티콥터에 LiDAR와 3D 깊이 센서, 임무 컴퓨터를 탑재하여 FPV비행체보다 중량이 증가하였고, 수직 무게중심이 높으며, 탑재 장비가 분산 배치되어 관성모멘트가 증가하였다. 이로 인해 초기 비행 때에는 불안정한 응답 특성을 보였으나 추가적인 제어기 이득 튜닝 과정을 거쳐 응답 특성을 개선하였다. 제어 명령 대비 응답 결과는 Fig. 6~8에 나타내었다.

멀티콥터 시스템의 충돌회피 연구 활용 가능성을 검증하기 위해 영상 기반 충돌회피 소프트웨어를 개발하였다. 소프트웨어 모듈 구성은 Fig. 9와 같이 MAVROS를 MC에 탑재하고, 사물 인식 알고리즘으로는 YOLO v3를 이용하였다. YOLO(You Only Look Once)는 가장 대표적인 객체 탐지 알고리즘으로 실시간 성능이 뛰어나 드론과 로봇에 널리 활용되고 있다 [12]. MC는 카메라 영상을 입력받고 YOLO를 이용해 사람으로 식별된 픽셀의 크기와 위치를 계산하여 화면 내에서 사람 회피가 가능하도록 속도 명령과 요-각속도(헤딩) 명령을 출력한다.

시스템의 안정성을 사전에 확인하기 위해 Gazebo 시뮬레이션 환경과 연동하여 충돌회피 시험을 수행하였다. Fig. 10은 Gazebo SITL(Simulation In The Loop) 환경을 구축한 것으로 좌측은 드론의 비행상황을 가시화하는 장면이며, 우측은 드론에서 바라본 카메라 뷰이다. SITL 환경에서도 YOLO로 사람을 인식하고, 회피 명령이 정상적으로 출력되는 것을 확인한 후 비행시험으로 이를 검증하였다.

Fig. 11은 비행시험 중 MC의 저장 영상을 시간순으로 정리한 것이다. 지상체에서 영상인식 여부를 확인한 후, 사람이 반시계 방향으로 이동하다가 멈춘 상황이다. 이 상황에서 MC는 사람을 인식하고, 화면에서 사라질때까지 좌선회 명령을 지속적으로 생성하여 사람을 회피하고 카메라에 사람이 인식되지 않으면 제자리 비행을 유지하는 것을 볼 수 있다.



Fig. 5 Flight testing of the multi-copter



Fig. 6 Pitch control response

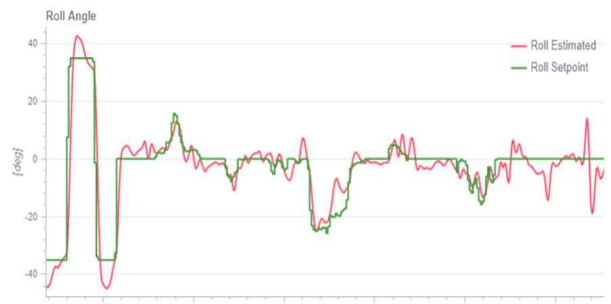


Fig. 7 Roll control response

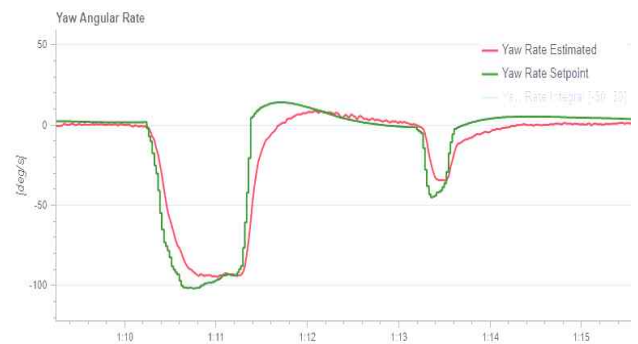


Fig. 8 Yaw rate control response

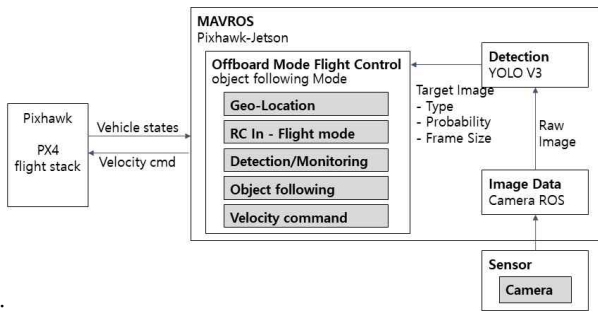


Fig. 9 Software module configuration diagram

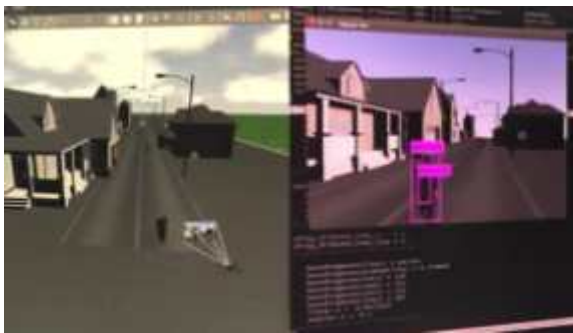


Fig. 10 Gazebo simulation environment

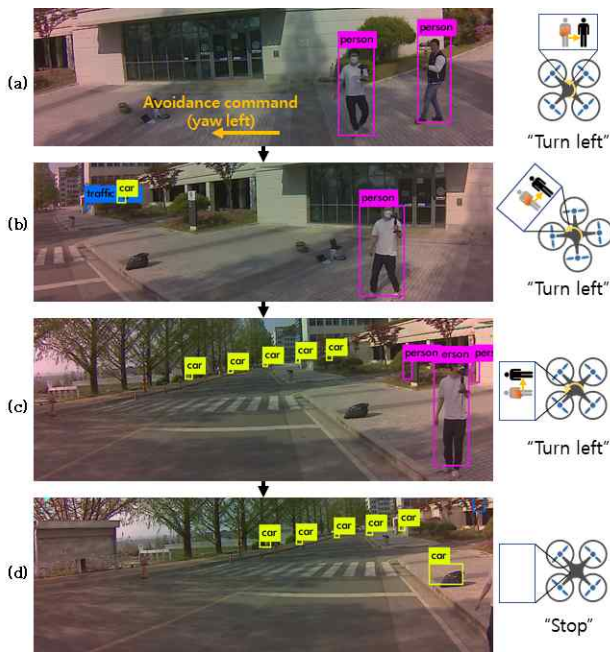


Fig. 11 Collision avoidance system test result

하지만 Fig. 11의 (c)와 (d)를 보면, 벤치의자, 계단 등을 자동차로 잘못 인식하는 경우가 많다. 그 외에도 나무를 사람으로 인식하는 경우도 자주 발생했다. 이

연구에서는 YOLO 알고리즘 성능보다는 전체 시스템의 안정성과 활용성을 중점적으로 다뤘다. 개발한 멀티콥터 시스템은 탑재 컴퓨터에서 실시간(10Hz 주기)으로 사물인식 알고리즘을 구동하고, 비행제어컴퓨터와 연동해 충돌회피가 가능함을 확인하였다. 또한 Gazebo SITL에서 비행시험과 유사한 환경을 구현하여 FCC와 MC 연동 및 소프트웨어 기능을 검증한 후 비행시험으로 이를 확인하였다.

3. 결 론

이 논문에서는 국내/외 충돌회피 연구용 멀티콥터 현황에 대해 분석하고, 장애물 회피 알고리즘 시험을 위한 소형 멀티콥터를 설계/제작/시험한 내용을 기술하였다. 비행체는 TBS Discovery 프레임을 기반으로 Pixhawk 비행 제어 시스템을 탑재하고, 충돌회피 센서로써 LiDAR 센서와 3D 깊이 센서를 탑재하였다. 설계/제작한 드론은 Gazebo 시뮬레이션 환경과 비행시험을 통해 안정적인 비행이 가능하고, YOLO 영상인식 알고리즘을 활용한 충돌회피 시험으로 그 활용성을 확인하였다. 이 논문이 충돌회피를 포함한 자율 비행 기술 연구자들의 실험 플랫폼 구축의 기초자료로 활용되길 바란다.

후 기

이 논문은 2020학년도 청주대학교 산업과학연구소가 지원한 학술연구조성비(특별연구과제)로 수행한 연구 결과이며 지원에 감사드립니다.

References

- [1] Wang, Linlin, et al. "Applications and prospects of agricultural unmanned aerial vehicle obstacle avoidance technology in China." *Sensors* 19.3 (2019): 642.
- [2] Skydio. About. <https://skydio.com/about>
- [3] Dubey, Geetesh, Ratnesh Madaan, and Sebastian Scherer. "DROAN-Disparity-Space Representation for

- Obstacle Avoidance: Enabling Wire Mapping & Avoidance." 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). IEEE, 2018.
- [4] Carrio, A., Tordesillas, J., Vemprala, S., Saripalli, S., Campoy, P., & How, J. P. "Onboard Detection and Localization of Drones Using Depth Maps". *IEEE Access*, 8, (2020):30480-30490.
- [5] Falanga, Davide, Kevin Kleber, and Davide Scaramuzza. "Dynamic obstacle avoidance for quadrotors with event cameras." *Science Robotics* 5.40 (2020).
- [6] Jung, Sunggoo, et al. "A direct visual servoing-based framework for the 2016 IROS Autonomous Drone Racing Challenge." *Journal of Field Robotics* 35.1 (2018): 146-166.
- [7] Smolyanskiy, Nikolai, et al. "Toward low-flying autonomous MAV trail navigation using deep neural networks for environmental awareness." 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). IEEE, 2017.
- [8] Saving lives with Everdrone and Intel RealSense™ Technology, <https://www.intelrealsense.com/everdrone>
- [9] Meier, Lorenz, Dominik Honegger, and Marc Pollefeys. "PX4: A node-based multithreaded open source robotics framework for deeply embedded platforms." 2015 IEEE international conference on robotics and automation (ICRA). IEEE, 2015.
- [10] Garberoglio, Leonardo, et al. "Choriboard III: a small and powerful flight controller for autonomous vehicles." 2018 Argentine Conference on Automatic Control (AADECA). IEEE, 2018.
- [11] PX4 autopilot, Flight Review, <https://review.px4.io>
- [12] Shafiee, Mohammad Javad, et al. "Fast YOLO: A fast you only look once system for real-time embedded object detection in video." *arXiv preprint arXiv:1709.05943* (2017).