

# 항공 드론 지상 제어 시스템 기술 동향

배명진\* · 김성일\*\*

## 1. 서 론

드론은 수벌을 지칭하는 의미와 ‘윙윙거리는 소리’라는 사전적인 의미가 있다. 하지만 지금은 사전적 의미와는 다르게 무인 비행체(Unmanned Aerial Vehicles, UAV)를 지칭하는 단어로 쓰이고 있으며, 2000년대 초기까지는 기술 및 가격 등의 문제로 군사 목적으로만 사용하였으나, 근래에 들어서 드론과 관련된 시장은 상상 이상의 속도로 발전해 나가고 있다. 이는 작고 속도가 빠른 임베디드 시스템의 가격이 점차 낮아지고, 오픈소스의 영향으로 기술에 접근할 기회가 많아짐으로써 사람들이 빠른 시간 안에 기초 기술을 습득하여 새로운 도전을 해볼 수 있는 조건이 갖추어져 있기 때문이다. 많은 회사 또는 취미로 드론을 즐기는 사람들이 오픈소스 기술을 이용하여 영상촬영, 농업, 정찰, 배송, 레이싱 등의 산업과 해상 녹조 촬영 및 다리 안전검사와 같은 특수 목적을 가지는 다양한 분야에 도전하고 있다. 위와 같은 다양한 분야에 드론을 사용하려면 지상 제어 시스템 (GCS, Ground Control

System/Station)의 역할이 점점 더 중요해지고 있다. 드론에 달린 카메라를 통해 실시간으로 영상을 볼 수 있는 1인칭 전방 카메라 (FPV, First Person View)또는 기체의 관성센서(IMU, Inertial Measurement Unit)값을 실시간으로 보기 위한 무선통신 기법, 원격 조종, 자동 비행, 반자동 비행, 자율 비행, 무리 비행 등의 기능을 가지는 지상 제어 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 [1-5]

드론의 전 세계 시장의 규모는 2010년 약 52억 달러에서 2022년에는 약 114억 달러까지 성장할 것으로 전망되고 있으며, 이 중 상업 드론 시장은 매년 성장하여 2018년까지 연평균 14% 이상 증가할 것으로 예상함으로 지상 제어 시스템의 수요는 계속 늘어날 것으로 보인다.[6-7]

따라서, 본 기고에서는 드론의 기술 발전과 함께 성장하고 있는 지상 제어 시스템 대한 동향을 소개하고자 한다. 지상 제어 시스템은 드론의 운행 목적에 따라 하드웨어 구성이 달라지지만, 기본 역할은 변하지 않는다. 지상 제어 시스템은 드론을 운용하기 위해서는 꼭 필요한 시스템으로 현재는 드론을 만드는 회사의 전용 지상 제어 시스템이 필요하지만 앞으로는 일정한 드론에 종속되지 않는 범용 지상 제어 시스템으로 발전해 갈 것으로 생각된다.

\* 교신저자(Corresponding Author): 김성일, 주소: 경상남도 창원시 마산합포구 경남대학교7 경남대학교 3공학관 4층 디지털사운드실험실, 전화: 055-249-2632, FAX: 0505-999-2162, E-mail: kimstar@kyungnam.ac.kr

\* 경남대학교 대학원 첨단공학과 융합IT (E-mail: bmj815@naver.com)

\*\* 경남대학교 전자공학과

## 2. 지상 제어 시스템 하드웨어 구성

드론을 사용 목적에 따라 분류하면 군사용 드론, 농업용 드론, 서비스 드론, 레저용 드론 등으로 분류된다. 이렇게 사용 목적에 따라 드론을 분류해 보면 지상 제어 시스템도 비슷하게 분류되는 것을 확인할 수 있다. 군사용 지상 제어 시스템의 경우 상당히 많은 정밀 제어가 필요하고 정확한 데이터 송수신 되도록 설계되어야 하기 때문에 상당히 크기가 큰 것을 Fig 1.의 상단을 보면 알 수 있다. 그러나 서비스 및 레저용 드론의 경우 간단한 조작으로 사진 및 영상을 찍고 장소의 이동이 간편하도록 소형화, 경량화 되었기 때문에 드론의 조작은 RF 무선 컨트롤러를 통해 제어하고 영상 확인, 미션 비행과 같은 명령은 휴대폰 또는 스마트 패드를 이용하도록 제작된 것을 확인할 수 있다.[8-9]



Fig 1. another purpose of Ground Control Station

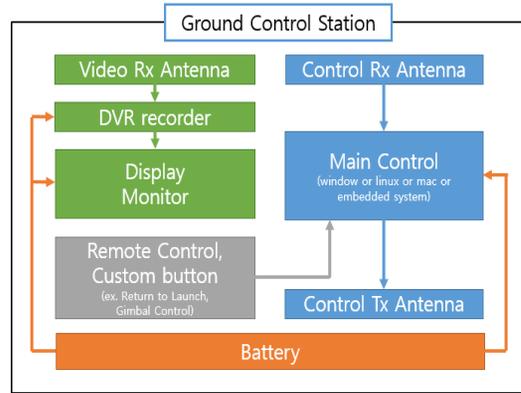


Fig 2. Structure of Ground Control Station

마지막으로 특수 목적용 지상 제어 시스템의 경우 사용 장소나 제어하는 용도가 다르므로 목적에 맞게 사용할 수 있도록 제작하여 사용한다.

하지만 특수 목적용 지상 제어 시스템이라고 해도 기본적인 내부 구성은 Fig 2.와 같이 영상 수신부 및 확인 모니터, 제어신호 송신 및 수신할 수 있는 안테나 및 명령을 처리할 수 있는 처리장치, 드론을 제어하는 제어기, 마지막으로 전원을 공급할 수 있는 배터리 부가 있을 것이다. 기본적인 구성은 위와 같고 사용 목적에 따라 무게 및 기능이 달라질 것이다.

Fig 3.의 왼쪽은 DJI의 지상 제어 시스템과 드론의 데이터 송수신 구성이다. 드론과 리모트 컨트롤러는 Onboard SDK OPEN Protocol을 Wi-Fi를 통해 데이터를 송수신하고 수신된 데이터를 스마트 디바이스에 USB를 연결하여 지상 제어 소프트웨어에 데이터를 전달한다. 지상 제어 소프트웨어에서는 전송받은 데이터를 화면에 표시해 주고, 사용자의 명령을 드론에 전달해주는 역할을 한다. Fig 3.의 오른쪽은 직접 드론을 제작하는 경우 많이 사용하는 방법이다. RF 리모트 컨트롤러를 이용하여 드론을

조종하고, 기체의 IMU 또는 현재 배터리 양과 같은 데이터는 스마트기기 또는 노트북에 지상 제어 시스템 소프트웨어를 설치하여 모니터링 한다.



Fig 3. Data Communication of Drone between General GCS

### 2.1 안테나 트랙커(Antenna Tracker)

지상 제어기의 데이터 전송 방법은 통신사나 위성 네트워크를 사용하지 않을 경우 433MHz 또는 900MHz, 2.4GHz로 한정된다. 이 통신 방식은 출력을 높이지 않으면 거리가 비교적 짧은 편으로 드론이 시야에서 벗어나면 통신이 끊길 가능성이 크다. 이를 방지하기 위하여 사용하는 방법이 안테나 트랙커인데 이 방법은 Fig 4.의 오른쪽을 보면 지상 제어 시스템에서 드론으로 직접 통신을 하지 않고 지향성 안테나가 달린 안테나 트랙커를 통해 드론과 데이터를 송수신 하면 안테나 트랙커는 항상 드론이 있는 방향으로 안테나를 향하기 때문에 거리가 멀어지더라도 데이터 송수신이 가능하다.

안테나 트랙커 중 가장 유명한 오픈 소스는

APM에서 제공하는 안테나 트랙커로 Pixhawk만 있으면 펌웨어 업데이트로 Pixhawk는 안테나 트랙커로 용도를 전환할 수 있다.

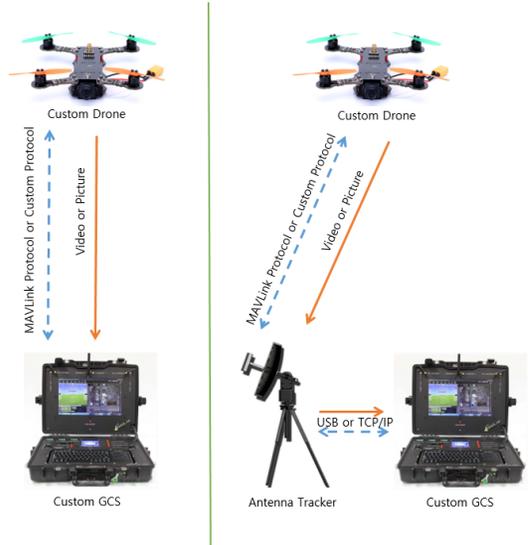


Fig 4. Data Communication of Drone between Custom GCS

## 3. 지상 제어 시스템 소프트웨어 구성

### 3.1 오픈소스 지상 제어 소프트웨어

지상 제어 시스템에서 운용되는 지상 제어 소프트웨어는 단기간에 많은 오픈소스 들이 생겨났다. 그 이유는 오픈된 소스를 기반으로 하여 개발하였기 때문에 소프트웨어 개발자들의 개발 시간을 단축시켰기 때문이다. 또한 데이터 전송 프로토콜을 잘 선택하였기 때문인데 그 이유는 다른 제어 소프트웨어를 선택하더라도 사용하는 프로토콜이 MAVLink임으로 다른 지상 제어 소프트웨어를 사용하더라도 같은 기능으로 동작시킬 수 있기 때문이다. 지상 제어 소프트웨어에 공통적으로 들어가 있는

기능들로는 드론의 위치추적 및 표시, 미션 비행, 경로 비행이 있다. 오픈소스 지상 제어 시스템 중 가장 많이 사용되는 소프트웨어는 Mission Planner로 많은 사람들이 Mission Planner를 시작으로 QGround Control, Tower등을 상황에 맞게 선택하여 사용한다.[10-11]

GCS	Image	protocol	Supported OS
QGround Control		MAVLink	Windows, Mac, Linux, Android, iOS
Mission Planner		MAVLink	Windows only
APM Planner		MAVLink	Windows, Linux, Mac
MavProxy		MAVLink	Windows, Linux, Mac, Android
Tower		MAVLink	Android
AndroPilot		MAVLink	Android
UgCS		MAVLink	Windows, Linux, Mac, Android
Drone Deploy		MAVLink	Web UI
Paparazzi		UBX	Windows, Linux, Mac
DJI GO		Onboard Open Protocol	Android, iOS

Table 1. Open Source Ground Control Station

### 3.2 통신 프로토콜 현황

MAVLink는 매우 적은 데이터로 Header만을 이용한 소형 비행체 통신 라이브러리(Micro Air

Vehicle Communication Protocol)로 PX4, Pixhawk, APM, Parrot AR.Drone 플랫폼에 적용하여 많은 테스트를 통해 검증한 프로토콜이다.

MAVLink의 패킷 구조는 CAN통신의 SAE AS-4 표준을 참조하여 만들어진 형식으로 Table 2와 같이 한 패킷에 최소 8byte에서 최대 263Byte를 한 번에 보낼 수 있도록 설계되어 있다. MAVLink는 기존에 정해진 통신 방식이 아니더라도 사용자가 원하는 함수를 만들어서 통신할 수 있기 때문에 확장성 면에서도 유용한 프로토콜이다.

MAVLink 라이브러리는 현재 8개가 넘는 지상 제어 소프트웨어에서 공통으로 사용하고 있어서 MAVLink의 정의된 내용만 사용해 통신한다면 별다른 설정 없이도 드론을 지상 제어 소프트웨어에 연결해서 사용할 수 있다.

MAVLink 프로토콜 프레임의 내용은 Table 3에 설명되어 있다.

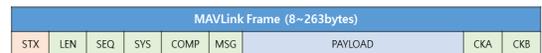


Table 2. MAVLink Protocol Frame

Byte Index	Content	Value	Explanation
0	Packet start sign	V1.0: 0xFE V0.9: 0x55	Indicates the start of a new packet
1	Payload length	0 - 255	Indicates length of the following payload
2	Packet sequence	0 - 255	Each component counts up his send sequence. Allows to detect packet loss
3	System ID	1 - 255	ID of the SENDING system. Allows to differentiate MAVs on the same network.
4	Component ID	0 - 255	ID of the SENDING component. Allows to differentiate different components of the same system, e.g. the IMU and the autopilot.
5	Message ID	0 - 255	ID of the message - the id defines what the payload "means" and how it should be correctly decoded.
6 to (n+6)	Data	(0 - 255) bytes	Data of the message. Depends on the message id.
(n+7) to (n+8)	Checksum(low byte, high byte)	ITU X.25/SAE AS-4 hash, excluding packet start sign, so bytes 1..(n+6)	

Table 3. MAVLink Protocol Frame Format

DJI는 전용 컨트롤러와 지상 제어 소프트웨어를 사용하기 때문에 데이터 전송 프로토콜을 오픈하지 않았었다. 하지만 오픈소스 프로토콜인

MAVLink의 범용성과 경쟁하기 위해서는 프로토콜을 오픈하여야 했는데, 2015년 DJI에서는 개발자용 드론인 MATRICE를 출시하면서 Onboard SDK OPEN Protocol을 공개하였으며, Ground Station Protocol 및 Virtual RC Protocol을 공개함으로써 사용자가 DJI 드론을 이용해서 개발할 수 있도록 하였다. Table 4.를 보면 DJI Onboard OPEN Protocol의 프레임 구조를 살펴볼 수 있다. MAVLink보다는 조금 긴 Header가 있고 DATA와 Checksum이 뒤에 있는 것을 알 수 있다.

Protocol frame header											data	checksum
SOF	LEN	VER	SESSION	A	RESO	PADDING	ENC	RES1	SEQ	CRC16	DATA	CRC32

Table 4. DJI Onboard SDK OPEN Protocol Frame

Field	Byte Index	Size (bit)	Description
SOF	0	8	Frame start number, fixed to be 0xAA
LEN	1	10	Frame length, maximum length is 1023 bytes
VER		6	Version of the protocol
SESSION	3	5	Session ID used during communication
A		1	Frame Type 0: data 1: acknowledgement
RESO	4	2	Reserved bits, fixed to be 0
PADDING		5	The length of addition data added in link layer. It comes from the encryption process
ENC	5	3	Frame data encryption type 0: no encryption 1: AES encryption
RES1		24	Reserved bits, fixed to be 0
SEQ	8	16	Frame sequence number
CRC16	10	16	Frame header CRC16 checksum
DATA	12	1007 is the maximum length	Frame data, maximum length 1007 bytes
CRC32	Depends on the length of the data	32	Frame CRC32 checksum

Table 5. DJI Onboard SDK OPEN Protocol Frame Format

### 3.3 통신 주파수 현황

현재 국내에 출시되는 대부분 드론은 주로 공업, 과학, 의료용으로 사용되는 2.4GHz 또는 5.8GHz 비 면허 ISM 대역을 사용한다. ISM 대역은 비 면허 대역이기 때문에 많은 사용자가 몰리면 전파 간섭을 일으킬 수 있기 때문에 정부에서 정한 허용 범위 내에서만 사용하여야

한다.

Model	Protocol	Frequency	Tx Power	Range
XBee-802.15.4-Pro	802.15.4	2.4GHz	100mW	7000m
XBee-ZB	ZigBee-Pro	2.4GHz	50mW	7000m
XBee-868	RF	868MHz	315mW	12Km
XBee-900	RF	900MHz	50mW	10Km
LoRaWAN	LoRaWAN	868 and 433MHz, 900-915MHz version coming in 2016	14dBm	-Km- Typical base station range
LoRa	RF	868 and 915MHz	14dBm	21+Km
WiFi	802.11b/g	2.4GHz	0-12dBm	50m-500m
GPRS Pro and GPRS+GPS	-	850/900/1800/1900 MHz	2W850/900 1W800/900 MHz	-Km- Typical carrier range
3G/GPRS	-	Tri-Band UMTS 2100/1900/900MHz Quad-Band GSM/EDGE, 850/900/1800/1900MHz	UMTS 900/1900/2100 0.25W GSM 50/900 2W DCS 1800/PCS 1900 MHz 1W	-Km- Typical carrier range
Bluetooth Low Energy	Bluetooth v.4.0/Bluetooth Smart	2.4GHz	3dBm	100m

Table 6. Low Power wireless communication specification

현재 ISM 대역은 출력이 10mW로 제한되어 있어 드론을 운용하기에는 부족한 출력상태를 나타내고 있다. 하지만 지난 2015년 12월 WRC-15에서 전 세계적으로 무인항공기 지상 제어 전용으로 이미 분배되었던 5,030~5,091MHz의 61MHz 대역을 국내에서 이용할 수

있도록 미래창조과학부 국립전파연구원에서 항공 업무용 무선설비의 기술 기준을 개정하였다. 해외에서 원격 데이터 측정용으로 사용하는 원격 측정 안테나의 경우 433MHz 또는 900MHz 대역을 사용하여 수입해 들어오는 드론용 무선 송수신기는 모두 433MHz 또는 900MHz를 사용하고 있어서 국내의 이동통신용 대역과 대역이 겹치는 문제가 있다. 하지만 최근 SK텔레콤에서 900MHz 대역을 사용하는 저전력 장거리 통신(LPWA) 기술인 로라 (LoRa)를 이용해 전용망을 구축할 계획을 하고 있으므로 로라 네트워크를 사용하면 저전력 장거리 통신을 할 수 있어 배터리 소모도 줄이고 통신 주파수도 해결될 것으로 보인다. 아래 Table 6.은 저전력 무선 통신의 사양을 나타내었다.[12-13]

#### 4. 결 론

본 기고에서는 항공 드론 지상 제어 시스템의 하드웨어 및 소프트웨어 구성과 안테나 트랙커와 통신 프로토콜 및 무선 통신 주파수에 대해 살펴보았다. 항공 드론 지상 제어 시스템은 드론의 비행 목적에 따라 지상 제어 시스템의 하드웨어가 다른 특징을 가지고 있으므로, 상황에 따라 지상 제어 시스템 하드웨어의 적용 방법이 달라짐을 알 수 있다. 그러므로 향후, 지상 제어 시스템은 특정 드론에 종속적이지 않을 것임으로 목적에 맞는 하드웨어만 구성하면 지상 제어 시스템은 범용적으로 사용할 수 있는 방향으로 기술 개발 및 연구가 활발히 진행될 것으로 기대된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] J.-H. Jin, G.-B. Lee, “무인기/드론의 이해와 동향”, information & communications magazine, vol.33, no.2, pp.80-85, 2016.
- [2] A. Burkle and F. Segor and M. Kollmann and R. Schonbein “Universal Ground Control Station for Heterogeneous Sensors“, International Journal on Advances in Telecommunications vol. 3, no.3/4, pp10, 2010.
- [3] N. Joshua Collaborative Coordination and Control for an animplemented heterogeneous swarm of UAVs and UGVs, UNIVERSITY OF FLORIDA, 2014.
- [4] A. Toma, Use of Unmanned Aerial Systems in Civil Applications. Politecnico di Torino, 2015.
- [5] V. Edgar and P. Eric and S. Matthew “Hyperspectral Imaging UAV Interim Project Report Rev 4.1.”, University of California 2015.
- [6] Y.-C. Choi and H.-S. Ahn, “드론의 현재와 기술 개발 동향 및 전망,” The Korean Institute of Electrical Engineers vol. 64(12), pp. 20-25, 2015.
- [7] S.-C. Lee and B.-C. Yoon and D.-E. Kim “드론의 공공임무 활용”, Imformation & communications magazine, vol.33, no.2, pp.100-106, 2016.
- [8] H. Loksha and S. Veena and A. Jayantkumar “Design of Speech Based Ground Control Station for Controlling the Micro Air Vehicles.”, Fifth International Conference on Advances in Computing and Communications (ICACC), pp. 451-454, 2015.
- [9] Ground Control Station, <https://madlabindustries.com/> (accessed Aug, 1, 2016)
- [10] H. Lim and J.-M. Park and D.-W. Lee and H.-J. Kim, “Build Your Own Quadrotor”, IEEE robotics & automation magazine, vol.19 no.3, pp.33-45, 2012.
- [11] H. Bendea, “Low cost UAV for post-disaster assessment.” The International Archives of the Photogrammetry, Remote

Sensing and Spatial Information Sciences, vol.37, no.2, pp.1373-1379, 2008.

[12] S.-H. Son and J.-H. Kang and G.-J. Park “드론 무선통신의 개요 및 이슈”, Information & communications magazine vol.33, no.2, pp. 93-99, 2016.

[13] KIEES, A Study on the Efficient Utilization Policy of Spectrum for the Hyper~ Connectivity Society, 1711026794, 2016



배 명 진

- 2013년 2월 경남대학교, 전자공학과, 공학사
- 2016년 2월 경남대학교, 대학원 첨단공학과, 공학석사
- 현 재 경남대학교, 대학원 첨단공학과 박사과정
- 관심분야: 음성신호처리, 영상신호처리, 임베디드시스템, 공감각인지



김 성 일

- 1994년 영남대학교 전자공학과 공학사
- 1997년 영남대학교 전자공학과 공학석사
- 2000년 일본 Miyazaki Univ. 공학박사
- 2000년~2001년 일본NILS(National Institute for Longevity Sciences), 연구원
- 2001년~2003년 중국 CST(Center of Speech Technology), Tsinghua Univ, 연구원
- 2014년~2015년 미국 CSUS(California State University, Sacramento), 방문교수
- 관심분야: 음성신호처리, 영상신호처리, 임베디드시스템, 공감각인지