

# 스마트 농업용 멀티드론 시스템 개발: 진행 현황

박 영 주<sup>#</sup> · 이 현 진<sup>#</sup> · 주 찬 영<sup>#</sup> · 손 형 일<sup>\*</sup>

전남대학교 지역·바이오시스템공학과

## Development of Multi-drone System for Smart Agriculture: A Work-in-progress Report

Youngju Park<sup>#</sup> · Hyunjin Lee<sup>#</sup> · Chanyoung Ju<sup>#</sup> · Hyoung Il Son<sup>\*</sup>

Department of Rural and Biosystems Engineering, Chunnam National University,

77 Yongbong-ro, Buk-gu, Gwangju 61186, Korea

(Received 2016.04.14 / Accepted 2016.05.19)

**Abstract** : In this paper, we report a work-in-progress about development of multi-drone system for smart agriculture. The multi-drone system is controlled via a haptic teleoperation by a human operator. The purpose of the multi-drone system is that let the human operator to easily handle the multiple drones which are maintaining a fixed formation using ZigBee communication network.

**Key words** : Smart agriculture, multi-drone, teleoperation, haptic, ZigBee communication

### 1. 서론

사람이 살아가는데 꼭 필요한 3요소 중 하나인 ‘식’을 담당하는 농업이 크게 변화하고 있다. 기존의 농업은 많은 시간, 비용 그리고 인력 등을 필요로 했지만 새로운 농업은 ‘smart agriculture’라는 단어가 생길만큼 최소한의 인력과 시간, 비용으로 최대의 성과를 이끌어 내는 것을 추구하고 있다. 변화가 생긴 주된 원인으로 빅데이터, ICT, 센서 등의 기술적 발달을 볼 수 있는데 이 기술들을 효과적으로 사용할 수 있는 대표적인 것이 드론이다.

위성이나 항공기를 농업에 이용하는 것보다 드론을 사용할 때 여러 센서나 기기를 접목시켜 보다 다양한 작업을 수행할 수 있으며 원하는 지역만을 정밀하게 관찰하고 작업할 수 있다. 다수의 드론이 스스로 일정한 형태를 이루어 비행 하는 것과 군집된 드론들을

하나의 조종기를 통해 남녀노소 간단한 조작을 할 수 있도록 만드는 것이 이번 연구의 목표이다. 이는 과거의 농업 방법이나 현재 한 대의 드론을 이용한 농업 방법보다 효율적인 농업을 할 수 있게 도울 것이며 농업의 고령화를 고려했을 때 smart agriculture가 보다 쉽게 자리 잡도록 도울 것이다.

본 논문에서는 haptic device를 이용하여 드론을 제어함에 있어 기존의 controller보다 편리하고 안전한 controller를 고안한다. 또한 ZigBee communication을 이용하여 각각의 드론에 신호를 동시에 송/수신 하고 Mission Planner를 이용하여 군집형 드론을 제어 하는 방법에 대해 연구를 진행한다.

### 2. System Configuration

#### 2.1 System overview

본 연구에서는 4대의 드론을 1개의 컨트롤러를 통해 제어할 수 있도록 시스템(Fig. 1)을 구성하였다. 드

<sup>#</sup>These authors contributed equally to this study.

<sup>\*</sup>Corresponding author, E-mail: hison@jnu.ac.kr

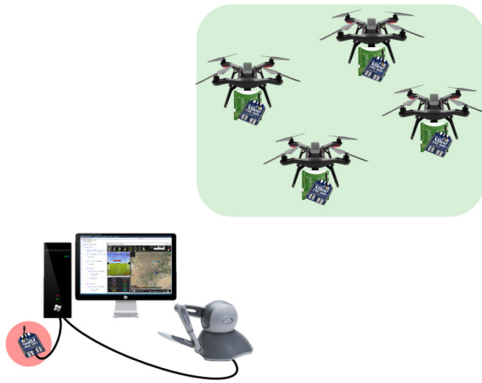


Fig. 1 System overview

본 연구에서는 상용 제품인 3DR SOLO를 사용하며 통신은 Xbee를 이용한 ZigBee communication을, controller로는 haptic device인 PHANToM Omni를 사용한다.

계획한 방법은 PC의 coordinator xbee에서 각 드론의 router xbee로 ZigBee communication을 통해 동시에 명령을 내리게 되며 각 드론은 상호적으로 위치 좌표정보를 교환하며 지정된 대형을 유지하게 된다. 드론은 1대의 leader와 3대의 follower로 구성되고 follower는 leader의 좌표를 기준으로 위치를 정하게 된다.

드론의 움직임 제어는 haptic device인 PHANToM Omni를 controller로 사용하여 조작한다. 기존 드론의 controller는 숙련하는데 많은 시간을 필요로 하고 이는 농업에 종사하는 연령대를 고려했을 때 적합하지 않았다. 이에 반해 haptic device를 통한 드론의 제어는 Omni의 end effector를 드론이라 생각하고 원하는 방향으로 end effector의 좌표 변화를 통해 드론의 위치를 이동 시키고, end effector가 움직이는 속도를 통해 드론의 이동 속도를 변화시킴으로써 누구나 쉽게 제어 가능할 것으로 보여진다.

또한 haptic device의 장점인 촉각이나 힘을 실시간으로 사용자가 느끼게 해줄 수 있어 장애물이나 지정된 작업 반경, 드론의 속도 등을 직접적으로 느끼게 함으로써 안전이나 작업의 효율을 높이는 방향으로 응용 가능할 것으로 보인다.

## 2.2 Hardware Structure

### 2.2.1 Quadcopters

본 연구에서는 3DR Robotics에서 만든 3DR SOLO (Fig. 2)를 사용한다. SOLO는 1.5kg의 무게와 최대 비행



Fig. 2 3DR SOLO

속도: 54km/h, 최대 비행시간: 25분, payload capacity: 450g이며 ‘dronekit’이라는 오픈소스를 제공하여 상용화 되어있으며, 개발자가 사용할 수 있도록 되어 있다. SOLO는 1GHz의 연산능력이 있는 Pixhawk2를 기반으로 하며 SSH 프로토콜을 이용한 Wifi로 통신을 한다. 또한 telemetry radio와 MAVlink를 이용해도 통신이 가능하다.

### 2.2.2 Haptic device

멀티 드론의 controller로 사용하게 될 haptic device는 3D Systems사의 PHANToM Omni(Fig. 3)를 사용한다. Omni는 6자유도 관절을 가지며 각 관절의 각도를 측정할 수 있다. 또한, ‘Openhaptics’라는 C++ 기반 라이브러리를 제공하고 이를 이용하여 end effector의 각도 및 위치, 속도 등을 측정하고 이용할 수 있으며 force feedback을 통해 사용자에게 정보를 줄 수 있어 드론조작에 있어 일반 controller보다 용이성을 보인다.

### 2.2.3 Telemetry radio

XBee-PRO S2C(Fig. 4)는 ZigBee communication module로 X-CTU라는 software를 통해 coordinator, router, end device로 설정 가능하고 peer to peer, mesh, star 등의 네트워크(Fig. 5)를 구성할 수 있다. XBee-



Fig. 3 PHANToM Omni



Fig. 4 XBee-PRO® S2C

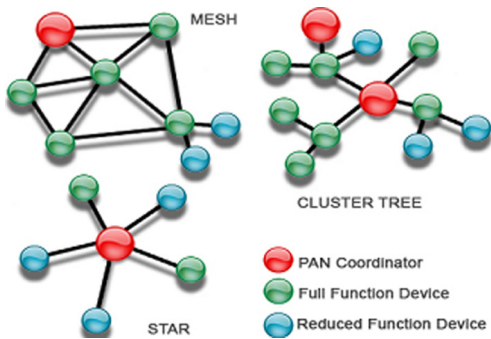


Fig. 5 ZigBee Network

PRO S2C의 성능은 outdoor/line-of-sight range: up to 3200m, RF data rate: 250kbps, receiver sensitivity: -105dBm, serial interface data rate: 1200 bps to 1 Mbps 이다.

### 2.2.4 Accessory Breakout Board

Telemetry radio는 대부분의 DIY 드론에서 Pixhawk (Fig. 6)에 연결하여 사용한다. 우리가 사용하는 SOLO



Fig. 6 Pixhawk



Fig. 7 Pixhawk2

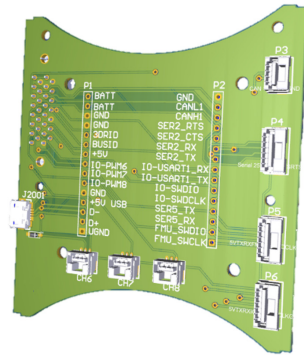


Fig. 8 Accessory Breakout Board

는 Pixhawk2(Fig. 7)가 내장되어 있는데 기존 Pixhawk와는 다르게 telemetry radio를 직접 장착할 수 있는 포트가 없다. Accessory breakout board(Fig. 8)는 SOLO 기체 하부에 장착되며 개발자가 사용하고자 하는 센서나 추가적인 기기를 연결할 수 있도록 도와준다. 따라서 이를 통해 telemetry radio를 연결할 수 있다.

## 2.3 Software program

### 2.3.1 X-CTU

X-CTU(Fig. 9)는 Windows, MacOS, Linux와 호환되는 multi-platform application이다. XBee의 platform 구성이 가능하고 간단한 무선 네트워크의 구성을 그래픽으로 보여준다. 또한 개발자들이 쉽게 XBee를 설정하고 사용할 수 있는 tool들을 제공한다. 이를 통해 다수의 XBee를 효율적으로 관리하도록 도와준다.

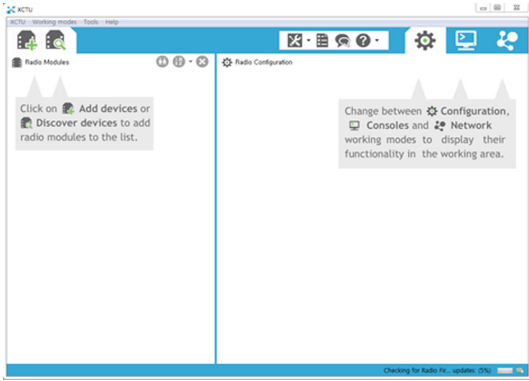


Fig. 9 X-CTU

### 2.3.2 Mission Planner

Mission Planner(Fig. 10)는 3DR Robotics에서 제공하는 software로 drone, copter, rover등을 위한 ground control station이다. 프로그램은 Windows와 호환되며 Visual Studio C#기반으로 한다. 주요 기능으로는 vehicle 제어 및 설정이 가능하고 Google map(또는 다른 지도 서비스)과 GPS를 바탕으로 계획 비행을 할 수 있게 도와주며 연결된 드론의 고도, 속도, 위치정보 등의 상태를 확인할 수 있다. 또한 다수의 vehicle을 제어할 수 있는 swarm기능을 beta로 제공한다.



Fig. 10 Mission Planner

## 3. Developing System

### 3.1 Communication system

시스템 개발을 위해선 멀티드론의 communication이 우선되어야 한다. 본 연구에서는 ZigBee module을 사용하여 communication network를 형성하려고 한다. ZigBee는 근거리 통신을 지원하는 IEEE 802.15.4 표준 중 하나이며 데이터 네트워크를 위한 표준 기술이다. 즉, ZigBee는 무선 통신 네트워크로, 전력소모를 최소화하는 대신 소량의 정보를 소통시키는 개념이다.

ZigBee Network에서는 X-CTU software를 통해 coordinator, router, end device를 설정할 수 있는데, coordinator는 네트워크를 형성하고, 다른 네트워크와 통신하거나 정보를 저장하는 master의 역할을 한다. 따라서 main PC에 연결된 XBee를 coordinator로 설정하였다. 두 번째로, router(full function device)는 routing을 담당하면서 네트워크의 범위를 넓히는 역할을 한다. 여기서 4대의 드론을 router로 설정하여 네트워크를 형성하였다. 마지막으로 end device (reduced function device)는 오직 부모 노드와 통신할 수 있으며 주로 sensor나 저전력 장치들을 의미한다.

위와 같은 기능을 바탕으로 ZigBee module은 드론 간의 통신, 드론과 컴퓨터의 통신에 적합하며, 멀티 드론을 군집제어하기에 최적화 되어있다고 판단하였다. 또한 이를 바탕으로 멀티드론과 PC의 전체적인 mesh network를 형성하여 원활한 통신이 이루어지게 할 수 있을 것으로 보인다.

Fig. 11에서 보여지는 communication system은 다음과 같이 정보를 교환한다. coordinator에서 router로 이/착륙, 이륙고도, 이동 좌표 등이 전송된다. 이때 이동 좌표는 Omni의 end effector의 변화 값이 실제 거리 값으로 환산되어 전달되는데 leader 드론이 그 값을 받게 된다. 이 값을 기준으로 각 router들은 상호적으로 프로그램을 통해 설정된 좌표만큼 위치를 보정하며 대형을 유지하며 이동하게 된다. router에서 coordinator로는 배터리 잔량, GPS 상태, 현재 위치 등의 정보를 보내며 영상정보를 통해 사용자가 드론의 화면을 실시간으로 보며 작업할 수 있게 해준다.

XBee를 이용한 통신망이 형성된 후 멀티드론을 제어하기 위한 프로그램이 필요하다. 본 연구에서는 개발 자용으로 나온 Mission Planner(Fig. 10)를 사용하였다.

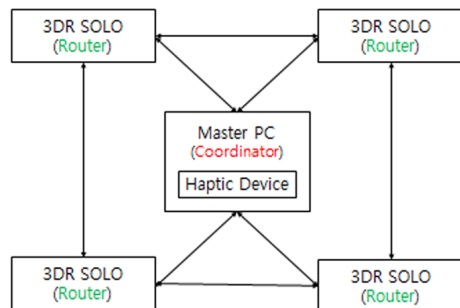


Fig. 11 Communication system

### 3.2 Software system

Mission Planner는 C#을 바탕으로 하고 있으며 개발자용으로 나와 있어 프로그램 수정이 가능하다. 또한 beta로 제공된 swarm 기능을 통해 다수의 드론을 제어할 수 있는 방법을 찾는 데 도움을 받을 수 있을 것으로 보여 사용하고 있다. 물론 Mission Planner보다 더 정교한 swarm 기능을 제공하는 QGround Control 과 APM Planner라는 S/W 프로그램이 있지만, Mission Planner는 두 프로그램과는 차별적으로 leader에게 GPS 좌표를 주고 follower들이 그것을 바탕으로 x, y 그리고 z축으로 원하는 거리를 유지할 수 있도록 해주어 지정된 대형을 유지할 수 있어 우리에게 가장 적합하여 선택하게 되었다.

Mission Planner를 이용한 군집제어를 시행 후 Visual Studio를 이용해 C# 기반 WinForm으로 제어 프로그램을 구성할 계획이고 Mission Planner Swarm의 소스를 바탕으로 코딩할 것이다.

마지막으로 haptic device를 controller로 사용함으로써 촉각을 통한 드론의 속도, 앞의 장애물 등을 즉각적으로 느끼게 하여 사용자가 기존의 controller보다 편리하고 안전하게 control이 가능하도록 할 것이다. Haptic device와 컴퓨터는 LAN7500 USB adapter로 통신을 주고받게 된다. 이 때 PHANTOM Omni를 통해 제어하기 위해 C++ 기반의 오픈 소스인 'openhaptics'를 사용하는데 C#기반의 Mission Planner와 연동하는 과정에서 약간의 어려움이 있을 것으로 보인다.

전체적인 프로그램은 ZigBee의 API(Application Programming Interface)를 포함하여 Visual Studio 로 코딩할 계획이며, 결과창인 GUI 화면에는 이륙 고도, 이/착륙 버튼과, 실시간 영상을 볼 수 있도록 하고 드론의 배터리 잔량, GPS의 위치/상태 등을 동시에 볼 수 있도록 하여 초보자도 쉽게 파악 및 사용이 가능하게 할 것이다.

## 4. Conclusion

스마트 농업용 멀티 드론 시스템을 개발하기 위해서는 멀티드론을 군집제어 할 수 있는 시스템이 필요

하다. 군집제어의 주요 요소 중 하나인 통신부분은 본 연구에서 ZigBee communication module을 사용하였다. Xbee Series를 사용함으로 드론과 컴퓨터간의 mesh network를 형성하며 서로 데이터를 주고받아 GPS좌표 및 드론의 배터리 등 중요한 정보를 coordinator인 GUI(Graphical User Interface) PC에 저장함과 동시에 명령을 통해 군집제어를 할 수 있다. 또한 multi-drone을 원격 제어하기 위해 다수의 컨트롤러를 사용하지 않고 하나의 haptic device로 군집제어 함으로써 조작의 용이성 및 효율성을 향상시킬 수 있을 것이라고 판단되었다.

추후 연구를 통해 멀티 드론을 제어하는 알고리즘과 원활한 통신을 위한 C#기반의 software를 보완한다면 스마트 농업용 멀티 드론 시스템 개발이 가능할 것으로 생각된다.

## Acknowledgement

This research was supported in part by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT and Future Planning under Grant NRF-2015R1C1A1A02036875, in part by Chonnam National University (2015-0536), in part by a grant (115062-2) funded by the Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA, Korea).

## References

- 1) Phantom Omni features. [Online]. Available : <http://www.dentsable.com/haptic-phantom-omni.htm>
- 2) Xbee-PRO S2C features. [Online]. Available : <http://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions/rf-modules/xbee-zigbee>
- 3) 3DR Pixhawk features. [Online]. Available : <https://store.3dr.com/products/3dr-pixhawk>
- 4) Solo Accessory Breakout Board features. [Online]. Available : <http://www.3drpilots.com/threads/future-of-solo.993/page-2>
- 5) Zigbee Network features. [Online]. Available : <http://www.icpdas-usa.com/zigbeeintro.php>