

4차산업혁명을 선도하는 CODE형 SW 인재 양성

Capstone Design(종합설계) 결과보고서

교과목명		소프트웨어캡스톤디자인[02]		학부(과)명		소프트웨어융합대학	
작품명(한글)		LTE 드론의 스마트 쓰레기통 데이터 수집 시스템					
작품명(영문)		Smart Trash Can data collection system for LTE Drone					
팀 명		DoD					
지도교수		정소이 교수님					
참여 학생	대표	소속학과	학번	성명	연락처		
		빅데이터	20175257	조우형	010-2720-2959		
	팀원	소속학과	학번	성명	연락처		
		스마트IoT	20175210	김준영	010-5479-3160		
		스마트IoT	20175222	박중후	010-5096-4774		
		스마트IoT	20195204	유예린	010-7163-9281		
참여 분야		<input checked="" type="checkbox"/> SW융합대학 <input type="checkbox"/> SW융합/연계 전공					
참여기업		예씨					
지식재산권		유형	<input type="checkbox"/> 특허 <input type="checkbox"/> 실용신안 <input type="checkbox"/> 상표 <input type="checkbox"/> 디자인 <input type="checkbox"/> 기타()				
		명칭(출원명)					번호
		본 과제 결과물 관련 지식재산권(특허, 실용신안, 상표, 디자인 등)이 있을 경우 해당 정보(출원명, 출원번호 또는 등록번호)를 정확하게 기재					

깃허브주소	https://github.com/UhyeongJo/DreamofDrone	
과제 요약 (한글)		
<p>이번 프로젝트는 라즈베리파이를 활용한 스마트 쓰레기통 클라이언트 구현 및 LTE 모듈 기반 AP 테더링을 활용한 드론 서버 구현이 본 프로젝트의 최종 목표다.</p> <p>먼저, 라즈베리파이를 활용하여 자동 개폐 시스템과 쓰레기의 양 및 무게를 드론에 송신하는 스마트 쓰레기통을 구현하였다. 사용한 센서 목록으로는 초음파 센서 2개, 무게 센서, 그리고 서보 모터를 활용하여 제작했다. 사람의 접근을 인식하여 쓰레기통 뚜껑이 자동 개폐 시스템은 초음파 센서 및 서보 모터를 활용하였고 쓰레기통 내부의 쓰레기양과 무게를 측정하기 위해 초음파 센서와 무게 센서를 설치하였다. 측정된 쓰레기양과 무게를 관리자가 원격 접속한 드론에 데이터를 송신 및 클라이언트 임무를 수행하는 스마트 쓰레기통을 최종 제작에 성공했다.</p> <p>드론은 LTE 모듈을 사용하여 기지국과 셀룰러 통신을 하며 무선 AP 테더링 기능을 상시 유지하고 서버 임무를 수행한다. 관리자가 원격 접속이 가능하고 데이터 송수신 진행 상황을 확인할 수 있도록 Reverse SSH 터널링 옵션을 사용하여 호스트와 원격 접속을 진행한다. 또한 관리자가 드론을 조종할 수 있도록 FC에도 원격 접속을 진행한다.</p> <p>쓰레기통이 드론의 와이파이와 연결이 되면 소켓 통신을 사용하여 쓰레기통의 센서들이 송신하는 무게, 거리 데이터를 실시간으로 드론에 전송한다. 드론은 쓰레기통으로부터 데이터를 받아오고 터미널에 결과를 출력하여 관리자가 쓰레기통을 교체 여부를 쉽게 파악할 수 있다.</p>		
과제 요약(영문)		
<p>The final goal of this project is to implement smart trash cans using Raspberry Pi, and drone servers using LTE modules and tethering.</p> <p>First of all, an automatic opening and closing system and a smart trash can that transmits the amount and weight of garbage to the drone were implemented using Raspberry Pi. The list of sensors used was manufactured using two ultrasonic sensors, a weight sensor, and a servo motor. Recognizing human access, the trash can lid implemented an automatic opening and closing system. In order to measure the amount and weight of garbage inside the trash can, ultrasonic sensors and weight sensors were installed inside the trash can. The final production of a smart trash can that transmits data to a drone remotely accessed by the manager and performs the client tasks was successful.</p> <p>Second, drones use LTE modules to perform cellular communication with base stations, maintain wireless AP tethering functions at all times, and performing server tasks. Remote access is available for administrators and remote access to the</p>		

host using the Reverse SSH tunneling option to check the progress of transmitting and receiving data. It also remotely connects to FC so that administrators can control drones.

When the trash can is connected to the drone's Wi-Fi, it uses socket communication to transmit weight and distance data transmitted by sensors in the trash can to the drone in real time. The drone receives data from the trash can and outputs the results to the terminal so that the manager can easily determine whether the trash can is replaced.

오픈소스 사용내역

- AutoPilot APSync Software Package

과제 목적

지난 1년간 코로나 감염에 대한 우려로 택배 및 배달 음식의 수요가 폭발적으로 급증하면서 마스크 등의 일회용품 사용 증가로 인한 쓰레기 배출 문제가 심각하다. 또한, 도시화와 경제성장, 인구 증가에 따라 지구촌의 쓰레기 생산량도 빠른 속도로 증가하고 있으며, 현 사회에 가장 큰 이슈로 자리 잡고 있다. 쓰레기통이 넘칠 때까지 쓰레기를 버려 쓰레기통 주변이 더러워지는 사례가 많이 발생하며, 가득 찬 쓰레기통을 사람이 수시로 확인하러 다니기에 인력과 시간이 낭비되고 있다. 더하여, 사람들이 종종 쓰레기통 뚜껑을 열지 않고 쓰레기통 위에 버리는 경우도 발생한다.

해당 문제점들을 해결하기 위해, 사람이 근처에 가면 자동으로 쓰레기통 뚜껑이 열리게 하여 사람들이 쓰레기를 올바르게 버리도록 유도하고, 자동으로 닫히게 하여 쓰레기통이 넘치기 전까지만 쓰레기를 버릴 수 있게 하며, 악취를 예방한다. 또한, 쓰레기통에 여러 가지 센서들을 부착하여 부착한 센서들의 데이터를 활용하여 쓰레기의 양을 측정하는 스마트 쓰레기통을 제작하고 드론에 쓰레기의 양을 데이터값으로 전달 및 교체 여부를 사용자가 확인할 수 있게 제작했다. 쓰레기통과 드론이 소켓 통신으로 데이터를 송수신을 진행하고, 관리자가 드론에 수신된 데이터를 활용하여 쓰레기통을 교체해 줄 필요가 있을 시 교체하는 시스템을 구축하여 효율적으로 쓰레기를 수거하는 기대효과를 목적으로 본 프로젝트를 수행하게 되었다.

현재 스마트 쓰레기통의 데이터 수집 시스템은 모든 스마트 쓰레기통에 각각 LTE 통신 모듈을 부착하여 관리자에게 데이터를 직접 전송한다. 이번 프로젝트에서는 드론에만 LTE 통신 모듈을 부착하고 여러 스마트 쓰레기통에 대한 연결이 가능하며 데이터 송수신이 이뤄지는 점을 기반으로 기존 시스템보다 단가 절약을 기대하는 바이다.

더 나아가 쓰레기가 얼마나 나오는지에 대한 데이터를 추출한다. 쓰레기 배출량 데이터는 우리가 일상에서 얼마만큼의 쓰레기를 생산하는지에 대한 현실감을 부여하고, 쓰레기를 줄이기 위한 사회적 목표를 설정하고 환경 캠페인이나 공공 정책의 넋지 효과를 위한 기초 데이터로 활용될 수 있다.

과제 내용

- 스케줄표

세부내용	수행기간(월)																비고
	3				4				5				6				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1. 계획수립 및 자료조사																	
2. 비품 구입																	
3. 프로젝트 진행																	
4. 중간 결과																	
5. 프로젝트 수정 및 보완																	
6. 프로젝트 마무리 및 발표 준비																	

- 스마트 쓰레기통 제작 과정 및 구현

드론과 쓰레기통의 통신을 위한 프로젝트 목적을 수행하기 위해 먼저 쓰레기통에 라즈베리파이와 센서를 부착하여 제작한다. 사용한 라즈베리파이와 센서의 정보는 표1과 같다. 사용한 센서의 종류는 총 3개로, 무게 센서·초음파 센서·서보 모터이다.

Type	Product
Hardware	Raspberry Pi 4 8GB
Hardware OS	Raspbian Buster OS
Ultrasonic Sensor	HC-SR04 x 2
Weight Sensor	HX-711
Servo Motor	SG-90

표 1.

초음파 센서(SC-SR04)는 센서에서 발생한 음파가 물체에 부딪혀 센서로 돌아오는 시간을 측정하여 거리를 계산한다. 거리 = 시간 * 속도임을 기반으로 거리를 계산한다. 총 2개의 초음파 센서를 활용하였는데, 쓰레기통 외부로부터의 거리를 측정하는 센서와 쓰레기통 내부의 쓰레기양을 측정하기 위한 센서를 부착하였다. 쓰레기통 외부를 바라보는 센서의 측정된 거리값이 7cm 이하이면 뚜껑이 열리도록 서보 모터와 상호작용한다. 서보 모터와 외부 초음파 센서의 동작 방식은 그림1과 같다.

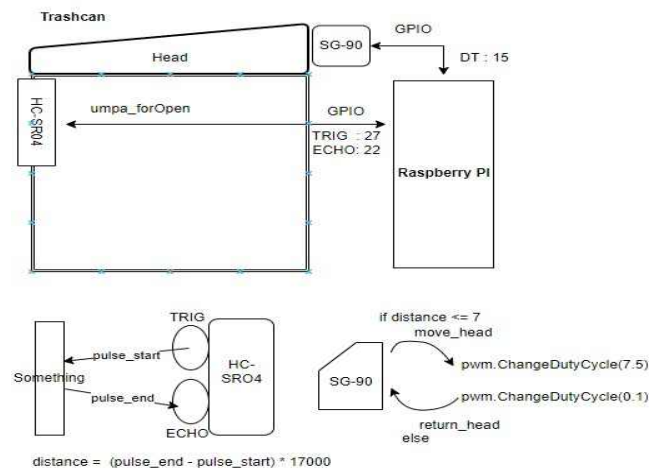


그림 1.

쓰레기양을 쉽게 파악하기 위해 무게와 쓰레기통 내부에 초음파 센서를 설치하여 측정한다. 쓰레기통의 뚜껑에 초음파 센서를 부착하여 바닥으로부터 쓰레기가 찬 정도를 거리를 활용하여 어느 정도 찼는지 파악한다. 더하여, 무게 센서에서 측정된 데이터로 쓰레기 무게를 측정한다. 쓰레기통 내부의 센서 위치와 전체적인 구조는 그림 2와 같다.

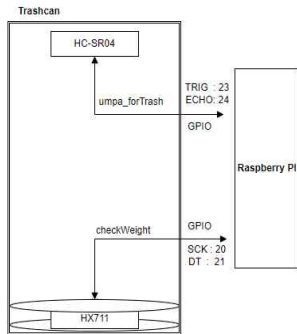


그림 2.

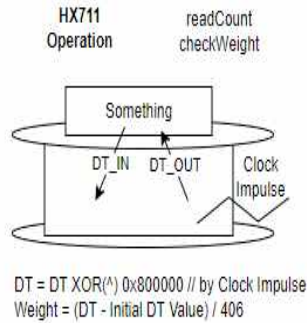


그림 3.

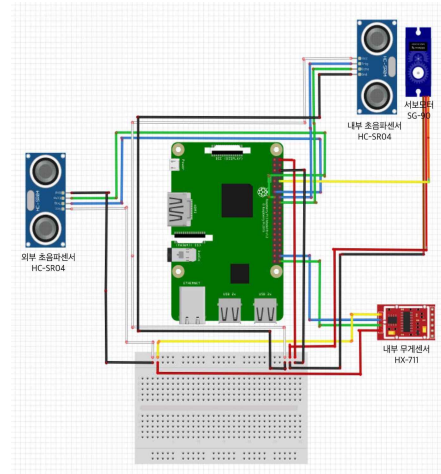


그림 4.

무게센서(HX-711) 동작 원리는 발생하는 Clock신호에 따라 센서 위에 올려진 물체의 무게를 측정하는 LoadCell 모듈을 활용하여 데이터를 읽어 온다. 무게 센서가 동작하는 방식은 그림 3과 같다. 스마트 쓰레기통의 동작을 위해 사용된 센서들과 라즈베리파이의 회로도는 그림 4와 같다. 라즈베리파이 핀을 활용하기 위해서는 GPIO 라이브러리를 활용해야 하며, 모든 핀은 BCM 포트 번호 기반으로 부착하고 사용하였다. 쓰레기통 제작 과정과 부착된 센서의 위치, 완성된 스마트 쓰레기통은 그림 5와 같다.



그림 5.

- 스마트 쓰레기통 구현 알고리즘 및 결과

먼저, 사람이 다가가면 쓰레기통의 뚜껑이 자동으로 열리는 알고리즘을 설계하기 위해 외부 초음파 센서와 서보 모터를 활용한다. 외부 초음파 센서로부터 측정된 거리가 7cm 이하이면, 서보 모터를 동작하여 뚜껑을 열리게 설계한다. 더하여 뚜껑이 열렸을 때 열렸음을 터미널에 출력한다.

쓰레기통 내부의 초음파 센서를 활용하여 쓰레기의 찬 정도를 파악한다. 초음파 센서로

부터 바닥까지의 거리를 기준으로, 측정된 거리를 기준값으로 나눠준 후, 백분율을 산정하여 어느 정도 찢는지에 대한 값을 “%” 로 보여준다. 쓰레기의 찬 정도가 60% 이상일 경우와 무게가 500g 이상일 때, 교체 신호를 드론에 송신하며 터미널에 출력한다. 뚜껑이 열렸을 때와 쓰레기 교체 주기를 알려주는 출력문은 그림 6과 같다.

```
[Status]          : Normal
[Notice] : Open Head!
[Trash Weight]    : 1103 g
[Trash Distance]: 14 cm
[Trash Volume]    : 23 %
[Status]          : Need Changed
[Open Distance]  : 149 cm

[Trash Weight]    : 30 g
[Trash Distance]: 9 cm
[Trash Volume]    : 47 %
[Status]          : Normal
[Open Distance]  : 13 cm
[Trash Weight]    : 49 g
[Trash Distance]: 4 cm
[Trash Volume]    : 78 %
[Status]          : Need Changed
[Open Distance]  : 34 cm
```

그림 6.

- LTE 드론 제작 과정

먼저 Server인 LTE 드론을 제작하기 위한 하드웨어 정보는 표2와 같다.

Type	Product
FC	AutoPilot Pixhawk 4
Server Hardware	Raspberry Pi 3 B+
Server Hardware OS	Linux-5.10.103 with debian-10.12
Wireless AP SW Package	Ardupilot APSTync
LTE Module	SixFab EG25-G (Global)
GCS OS	Ubuntu 18.04.5

표2.

LTE 모듈 장착과 소프트웨어 설치 과정은 다음과 같다.

- Sixfab사의 EG25-G(Global) 버전의 LTE 모듈을 드론의 라즈베리파이에 장착한다.
- 라즈베리파이를 셀룰러 모드로 동작하기 위해서 Sixfab core 펌웨어를 설치한다.
- 유심 콘솔 창에 들어가서 정상적으로 유심이 활성화되어 있는 것을 확인할 수 있다.
- LTE 모듈 장착 모습과 유심이 활성화된 상태는 그림7과 같다.

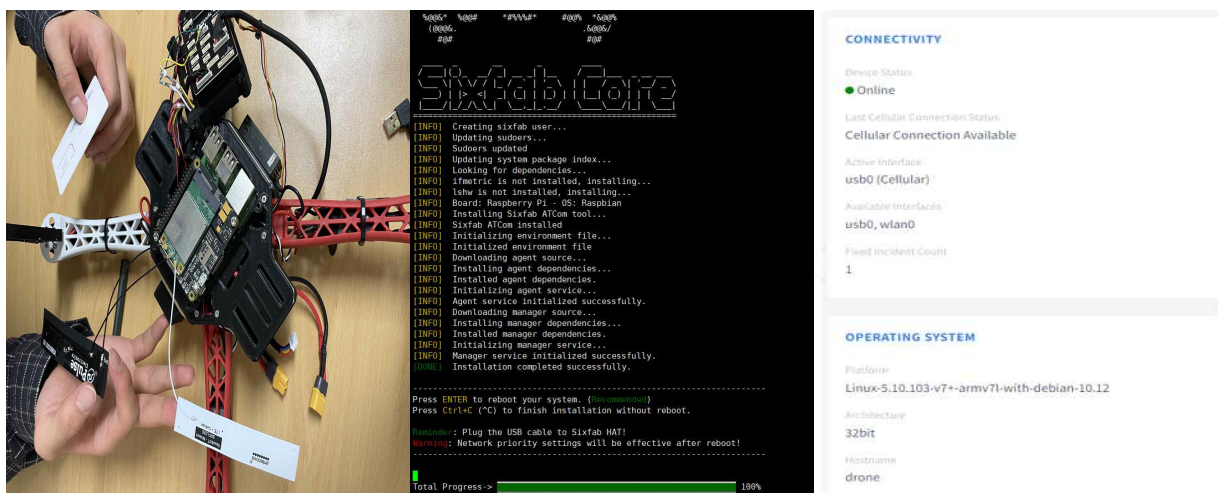


그림 7.

드론 동작에 관련한 모듈들과 센서들을 관리하는 역할인 Flight Controller(FC)에 접속하기 위해 데이터 처리 프로세서 역할을 담당하는 라즈베리파이에서 MAVProxy를 실행한다. MAVProxy를 통해 FC와 라즈베리파이는 드론 통신용 메시지 프로토콜인 MAVLink로 메시지를 송·수신한다. 이 결과, 관리자가 Ground Control Station(GCS)에서 명령을 주어 드론이 동작 가능하다. 그림 8은 드론 접속 구상도와 MAVProxy 실행 화면이다

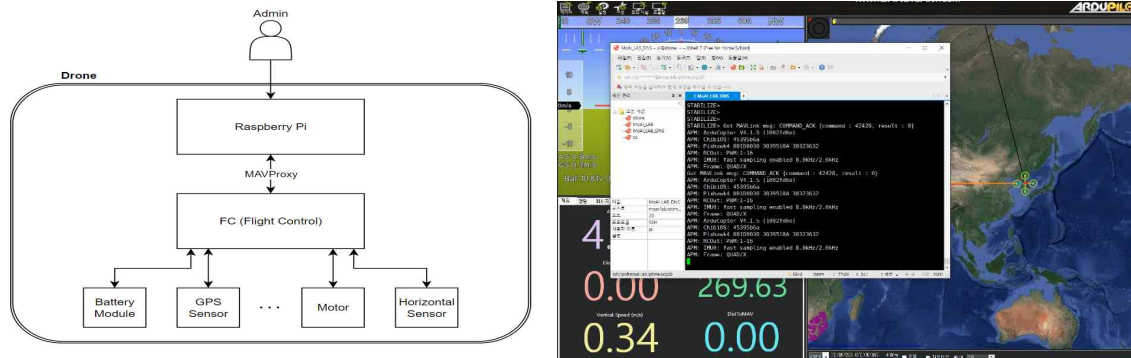


그림 8.

셀룰러 모드로 동작하는 드론은 사설 IP를 기지국에 접속 시 부여된다. 관리자는 일반적인 방법으로는 사설 IP를 부여된 드론에 원격 접속이 불가능하다. 따라서 원격 접속을 하기 위해, Reverse SSH 옵션을 사용하여 LTE를 사용하는 드론에 원격으로 접속했다. Reverse SSH 동작 과정은 다음과 같다.

- 드론과 GCS 관리자 호스트는 ssh-keygen으로 ssh 공개키를 발급받는다.
- 생성된 각자의 공개키를 각자의 authorized_keys에 넣어주어 교환한다.
- 상호 교환한 인증키를 기반으로 시스템을 리부트 및 원격 접속 시 따로 보안 인증과정을 거치지 않는 설정이 가능하다.
- 드론은 ssh 명령어에 Reverse SSH 옵션을 포함하며 원격지에 로그인하지 않고 백그라운드 터널을 생성하여 GCS 관리자 호스트에 터널링을 구현한다.
- GCS 관리자 호스트는 구현된 터널을 통해 드론 원격 연결을 수행한다
- GCS 관리자 호스트는 거리에 제약받지 않고 셀룰러 모드를 사용하는 LTE 드론에 원격 접속하여 명령 수행 및 파일 관리가 가능하다.
- Reverse SSH와 원격 접속을 구현한 그림 9과 같다.
- Reverse SSH를 활용하여 드론에 원격 접속 명령어와 접속한 상황은 그림 10과 같다.

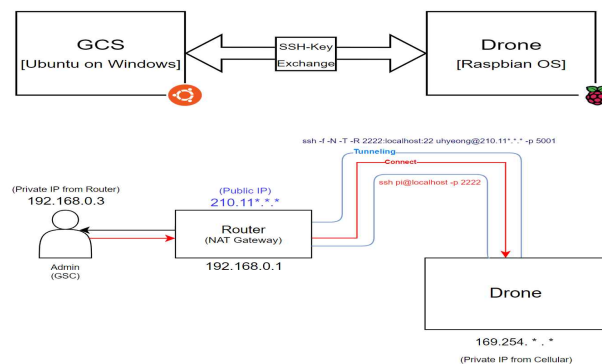


그림 9.



그림 10.

드론과 스마트 쓰레기통 간에 데이터 송·수신을 위하여 드론의 테더링 기능을 활용하였다. 테더링 기능을 활성화하기 위해, 드론에 Ardupilot사의 APSync 오픈소스 소프트웨어 패키지를 사용하였으며 해당 소프트웨어를 사용하여 드론은 무선 AP로 구현하였다.

스마트 쓰레기통은 드론의 무선 AP에 접속하여 테더링 연결 후, 쓰레기통(Client)의 센서가 수집한 쓰레기량의 데이터를 TCP 소켓 통신으로 드론(Server)으로 데이터 송·수신을 진행했다. GCS 관리자는 실시간으로 드론에 송·수신되는 쓰레기량의 데이터를 관리한다. 다음 그림 11은 소켓 통신 구조도와 드론에 원격 접속한 상황이다. 드론이 쓰레기통의 데이터 수집하는 상황과 GCS 상황은 그림 12과 같다.

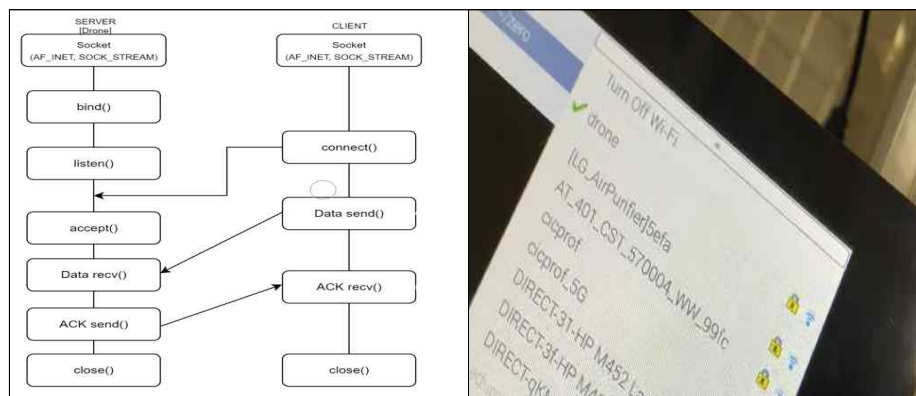


그림 11.

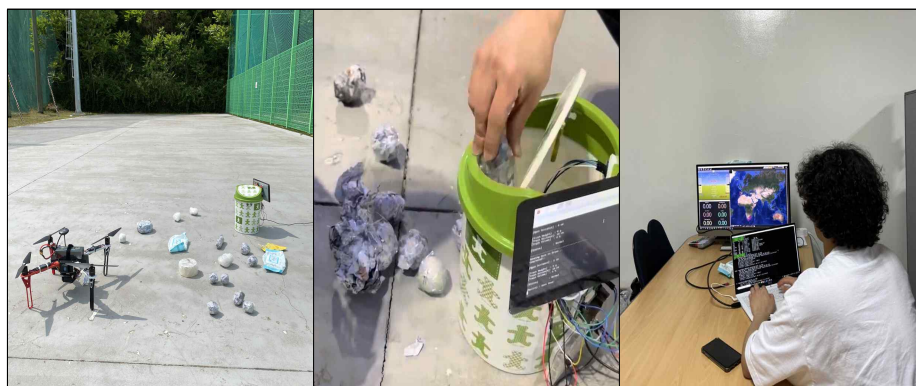


그림 12.

- 스마트 쓰레기통 Client 및 드론 Server 구현 결과

쓰레기통은 드론에 데이터를 전달해주는 Client이다. 측정된 무게, 내부 쓰레기가 찬 정도, 뚜껑이 열린 여부 및 교체 알림에 대한 정보를 전달한다. 정보를 전달할 때 사용하는 통신은 소켓 통신을 활용한다. 그림 13은 포트 번호와 드론의 IP를 통하여 드론이 쓰레기통 근처에 접근하였을 때 송신화면 및 GCS가 원격지에서 수신한 데이터 결과 화면이다.



그림 13.

활용 방안 및 기대효과

현재 쓰레기를 치우는 방식은 직접 쓰레기차와 사람이 돌아다니면서 쓰레기를 수거한다. 쓰레기가 많이 채워져 있지 않은 상태에서도 수거를 진행해야 하므로 인력 및 시간 낭비가 생기는 문제점이 있다. 본 과제 결과물을 활용하여 드론이 스마트 쓰레기통이 수집한 쓰레기양에 대한 데이터를 받아 관리자가 이를 확인하고 추적하여 효율적인 쓰레기 수거 시스템 개선에 활용할 수 있다.

더 나아가 스마트 쓰레기통에 GPS 모듈을 달아 쓰레기가 가득 차서 교체가 필요한 쓰레기통의 GPS 위치를 수거용 드론이 전송받아 교체하는 시스템을 구축할 계획이다. 위 확장된 시스템으로 현재 운영 중인 노후화된 경유를 사용하는 쓰레기 수거 차량을 대체하여, 탄소 배출량 및 매연감소, 대기오염 감소 효과를 기대한다. 더하여, 웹과 앱을 만들어 사용자들도 보기 편리하도록 구현하여 관리자가 직관적으로 데이터를 관리하고, 일반 사용자들도 앱을 통해 실시간 쓰레기통의 위치와 양을 쉽게 확인할 수 있다.

최종적으로 스마트 쓰레기통이 아닌 다른 목적을 가진 IoT 기기를 개발하고 드론뿐만 아니라 여러 무인 이동체를 통한 통신을 활용하여 구축한 IoT 생태계를 기반으로 한 스마트 도시로 프로젝트를 확장한다.