

# 드론을 이용한 대기환경정보 수집장치 개발 및 응용 연구

(Development of atmospheric environment information collection system using drone)

김 남 호\*

(Nam Ho Kim)

## 요약

본 연구는 이동 및 휴대가 용이함과 더불어 지표로부터 0~1km 높이의 특정한 위치에서의 환경정보를 수집하기 위하여 드론을 이용하였으며, 드론에 장착할 수 있는 대기환경 정보 수집기를 만들어 대기 중의 환경정보를 모니터링 하는 방안을 제안한다. 기상적인 요소로 온도와 습도를 측정하고, 환경적인 요소로 미세먼지와 CO<sub>2</sub>를 관측하여 정상적인 값을 받을 수 있도록 하였다. 측정을 통하여 특정 기업, 공단, 지역의 대기가스 배출현황을 모니터링 함으로써 오염요인을 줄이는 정책수립에 도움을 줄 수 있도록 하였다. 그 동안 배기가스 검출은 굴뚝에 설치된 구멍에 검사자가 직접 접근하여 측정하다보니 안전상 많은 위험에 노출되었으나 제안하는 드론을 이용하게 되면 안정성 확보와 더불어 광범위한 정보수집이 가능하여 보다 정확한 정보수집과 다양한 산업적 활용이 가능함을 확인하였다.

■ 중심어 : 무인항공기; 대기환경; 모니터링; 온습도; 환경센서

## Abstract

The purpose of this research is to collect atmospheric environmental information at specific altitudes in a range of 0 to 1 km above the surface and to monitor it using drones. The corresponding temperature and humidity were measured with the meteorological factors, and the amounts of fine dust and CO<sub>2</sub> were observed by the environmental factors so that they could receive the normal values. Monitoring the status of atmospheric gas emission in specific enterprises, industrial complexes and regions through the measurement is meant to help establish policies to reduce pollution factors. In conventional means previously practiced, exhaust gas detection accompanies a great deal of risks in terms of safety because the surveyor is directly exposed to the source of contamination such as the holes installed in the chimney. However, in our proposed method, the drone can collect information in a wide range under safe circumstances, which can be utilized through wide industrial areas.

■ keywords : drone; atmospheric environment; monitoring; temperature and humidity; environmental sensor

## I. 서론

지상에서의 기상 관측에는 주로 백엽상과 자동기상관측기기(AWS)가 쓰인다. 이중 백엽상은 하얀색 집모양의 나무상자형태로 만들어져 그 안에 기상관측용 설비가 설치되어있다. 가장 일반적인 기상관측 장비로서 그 안에 온도, 습도계가 설치되어 있다. 자동으로 데이터를 수집할 수 없어 직접 접근하여 데이터를 수집하는 상황이다. 한 단계 더 향상된 자동기상관측기(Automatic Weather System)는 1988년에 시작되어 지금까지 기상청에서 사용되고 있는 장비로서 전국 단위로 설치되어 있다. 측정기상 요소로는 풍향과 풍속, 온습도, 강수량 등의 다

양한 항목을 측정하며, 측정값 또한 자동으로 수집되기 때문에 원하는 시간대의 값을 수집하기가 수월하다 [1].

한편 보다 높은 지역의 기상정보 수집에는 라디오 존데를 이용한다. 풍선 모양의 기구에 센서와 무선 송신기를 설치하여 띄운 후 그 전파를 지상에서 수신하며 대기 중의 기상 정보를 측정하는 기구이다. 라디오 존데의 설치위치는 지상으로부터 30~40km 상공이며, 2초 단위로 온도, 습도, 오존농도 정보를 전송한다 [2].

위에서 소개한 지상과 고층의 기상관측 기기들은 자유로운 이동이 어려워 특정 지점의 측정값을 이용하여 그 부근의 대표값으로 활용하기 때문에 특정위치의 측정값을 얻기에는 부정확하다는 점이다. 이처럼 기존의 고정형 장치와 이동식이라 하더

\* 정회원, 호남대학교 인터넷콘텐츠학과

접수일자 : 2018년 08월 02일

수정일자 : 2018년 09월 19일

게재확정일 : 2018년 09월 26일

교신저자 : 김남호 e-mail : nhkim@honam.ac.kr

라도 라디오존데와 같이 움직임 조절이 어려운 장비를 이용할 경우 특정 위치나 공간상의 대기정보 수집에 활용성이 떨어진다는 문제점이 있다. 이로 인해 사람의 직접적인 접근이 어려운 수면 위나 굴뚝과 같은 시설물의 대기정보 수집에는 제약점이 따른다 [1].

최근의 도시환경 오염의 증가와 오염 원인 또한 다양하며, 특정 오염 원인에 의한 국소적인 대기환경의 변화가 커지고 있다. 이처럼 기상환경에 대한 관심이 커지면서 다양한 위치에서의 기상정보 관측의 필요성이 늘어나고 있다.

본 논문에서는 특정위치에 고정되어있지 않고 자유로운 이동과 휴대성을 보장하면서도 특정위치에서의 환경정보를 수집할 수 있는 장치로서 드론을 이용하고자 한다. 대기환경정보 수집 장치를 드론에 장착하여 모니터링 할 수 있도록 측정기기를 제작하고, 활용하기 위한 방안을 제시하였다.

## II. 관련 연구

### 1. 기상 및 대기환경 평가 요소

흔히 날씨라고 부르는 기상은 비, 눈, 바람, 구름, 온도 등 대기 중에서 일어나는 각종의 물리적 현상을 일컫는다. 이러한 기상 상태를 보이는 구성요소를 기상요소라 하며, 온도, 습도, 풍량, 풍속, 풍향, 구름량 등이 있으며 상호간에 연관성을 갖는다.

이들 중 본 논문에서는 기본적인 기상요소로서 온도와 습도를 측정대상으로 고려하였다.

환경부에서 대기오염물질별 인체에 미치는 영향과 체감오염도를 반영한 통합대기환경지수를 개발하였다. 대기오염물질은 크게 가스형태의 물질과 입자형태의 물질로 구분이 가능하다. 가스형태의 물질은 연소나 합성, 분해 등의 과정에서 발생하고, 입자형태의 물질은 파쇄, 선별, 이송이나 다른 기계적인 처리, 연소, 합성, 분해할 때 생성된다. 생성과정에 따라 대기오염 물질을 분류하면 공장의 굴뚝 또는 자동차 배기과정에서 대기 중으로 방출될 때 나오는 1차 오염물질과 방출된 오염물질이 대기 중에서 2차로 광화학 반응하여 생성되는 오염물질로 구분할 수 있다.

대기환경보전법에서 분류한 대기오염물질은 일산화탄소(CO), 이산화황(SO<sub>2</sub>), 이산화질소(NO<sub>2</sub>)와 같은 가스상 물질과 먼지 와 같은 입자상물질을 포함하여 전체 61종으로 구분하고 있다. 이 가운데 카드뮴 등의 35가지를 특정한 대기유해물질로 구분하여 관리하고 있다[3].

본 논문에서는 이중 최근 가장 이슈화 되고 있는 미세먼지와 지구온난화의 주역인 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 환경 측정 요소로 선정하였다. 여기서 미세먼지란 눈으로는 직접 확인하기 어려울 정도의 매우 미세한 물질로 대기 중에 떠다니거나 머물다 내려오는 직경 10 $\mu$ m 이하 크기의 입자 형태의 물질을 말한다. 주로

석탄이나 석유 등의 화석연료를 연소할 때나 제조업이나 자동차 배기가스 등에서 생성되며, 호흡할 때 폐에 흡착되어 폐질환을 유발하는 오염물질이다. WHO에서는 2013년도에 2.5 $\mu$ m이하의 초미세먼지를 1급 발암물질로 지정했으며, 우리나라에서도 중국발 미세먼지를 포함한 여러 가지 요인에 의한 미세먼지가 심각해지면서 많은 관심사가 되고 있다 [4].

### 2. 환경 모니터링 선행 연구

환경 모니터링에 관한 선행연구로는 서민석 외 'IoT 기반 실내 공기질 모니터링 시스템' 연구가 있으며, 여기서는 실내공기 오염물질이 실외보다 2~5배 높아 천식 등의 호흡기 폐 질환을 유발한다는 문제의 심각성 인식에서 출발하였다. 이러한 공기질을 개선하겠다는 목적에서 사물인터넷 기술을 이용하여 원격지에서 모니터링하기 위한 시스템을 구현한 사례를 소개하고 있다 [5].

'IoT 기반의 실내 공기 환경 지킴이' 연구에서는 실내공기 요소인 온도, 습도, 미세먼지, 이산화탄소, 가스 등의 값을 자동 관리하는 시스템을 소개하였다. 센서로 부터 측정된 데이터를 TCP/IP 통신을 이용하여 수집하고, 아두이노 보드로 구성된 제어기를 통하여 쾌적한 실내환경을 유지하도록 원격의 가전기기를 동작 관리하는 기술을 소개하였다 [6].

'IoT기반 지능형 실내 환경감지 시스템 개발' 연구에서는 사물인터넷을 이용하여 실내공기 환경측정을 시도하였고, 실내에 설치한 여러 가지 환경센서로 부터 유해환경 및 오염물질에 관련된 각종 신호를 추출하여 사람에게 유해한 정보가 인지되면 사물과 기기간에 양방향 통신을 통하여 알려주는 감시기능을 수행하였다 [7].

이처럼 실내의 공기질 측정에 대한 다방면의 연구가 진행되었으며, 이외에도 환경정보 수집을 해양이나 건설현장에 응용하는 연구가 진행되었다[8][9].

이들 실내외의 다양한 환경에서의 공기질 측정이 시도되었으나 지상으로부터 1Km 범주내의 특정 공간 높이의 공기질 측정에 대한 연구의 시도는 많지 않다. 따라서 본 논문에서는 사람의 직접적인 접근이 힘든 영역에서의 공기질을 모니터링하기 위한 기술을 소개하고자 한다.

### 3. 대기환경 측정기술 현황

#### 가. 관측대상에 따른 측정법

지금까지 온도와 습도는 백엽상이나 자동기상측정기(AWS), 그리고 라디오존데를 이용해 대부분 측정하였다. 지상에서는 AWS와 백엽상이 이용되고, 외부 고층에서는 라디오존데를 이용하였다.

우리의 관심사인 CO<sub>2</sub>와 미세먼지는 기존의 기상요소가 아니

기 때문에 앞의 방법으로는 측정이 이루어지지 않았다. 미세먼지는 전국에 설치된 미세먼지 자동측정기를 이용해 측정이 이루어졌다. 좀 더 상세한 측정값을 알기 위해서는 휴대용 미세먼지측정기를 사용할 수 있는데, 이들 측정기들은 베타선 흡수법이나, 채취된 미세먼지의 중량법, 광산란 및 광투과법 등으로 측정된다. 이중 중량법은 가장 대중적인 방법으로 공기중의 미세먼지를 여과지를 관통시켜 흡착전후의 질량차이를 구하여 측정하는 방법이다. 한편 베타선 흡수법은 포집된 여과지에 베타선을 쬐여 흡수 감소되는 베타선의 세기의 차이를 이용하여 측정하는 방법이다. 빛을 이용하는 방법으로 광흡수법과 광산란법은 입자의 개수에 따라 빛의 산란과 흡수가 달라지는 원리를 이용하여 미세먼지 농도를 관측한다 [9]. CO<sub>2</sub> 측정을 위해서는 CO<sub>2</sub> 센서가 장착된 측정기를 사용하며, 비분산적외선 분석법을 이용한다. 이산화탄소는 특정 파장에서 적외선을 흡수하는 성질이 있는데, 이를 통해 이산화탄소의 농도를 측정한다.

관측 대상으로는 아래 표와 같이 온도, 습도, 미세먼지, 이산화탄소를 대상으로 하며, 선정센서는 다음 표1과 같다.

표 1. 관측용 센서

관측대상	센서구분	센서모델
온도	온도가 높아지면 저항 낮아짐 - NTC 온도가 높아지면 저항 높아짐 - PTC	NTC-10K-5J
습도	전기저항값의 변화를 이용- 전기저항식 전기용량의 변화를 이용-전기용량식	전기용량식 - 808H5V5
미세먼지	적외선송수신기- 미세입자에 반사된 빛의 양	PM1001
CO <sub>2</sub>	적외선 가스센서(NDIR), 화학가스센서	NDIR(CMI104)

나. 드론을 이용한 대기정보 측정사례

최근에 본 연구에서와 같이 드론을 이용한 유해가스 측정에 관한 연구는 한국건설기술연구원이 보유한 특허등록에서 소개된바 있다. 이 기술에서는 적외선 광을 방출하는 적외선 광원과 측정하고자 하는 가스에서 반사되어온 적외선이 들어오는 적외선 검출기를 통해서 성분과 농도를 분석하고 수집된 데이터를 외부 분석기로 송신하는 구조로 구성되어 있다[10]. 일본의 Watai는 대기경계층에 있는 CO<sub>2</sub>를 측정하고자 드론을 이용한 연구를 수행하였다. 대기질에 대한 측정은 보통 높은 건물에서 측정하고 있지만, 대기경계층 위치의 대기질을 측정하기까지는 고도에 한계가 있기 때문에 비교적 수평, 수직적인 공간에 제약이 없는 비행기구를 이용하여 대기질을 측정한다. 하지만 비행물체를 운영 시 필요한 높은 비용과 안전 등의 문제가 있어 위치 기반의 소형 드론(Kite Plane)을 이용하여 대기질을 측정한다[11]. Environment Agency는 드론에 센서를 부착한 플랫폼을 개발하여 매립지에서 배출되는 이산화탄소와 메탄을 측정하

였다[12].

4. 측정기기 선정

가. 마이크로프로세서 선정

우리가 사용한 마이크로프로세서는 Atmega 128 모델로 Atmel사가 개발한 AVR 계열 중 고성능 계열인 Atmega 시리즈 중의 하나이다. 이 마이크로프로세서에는 10bit의 ADC와 센서 데이터를 저장하기 위한 4Kbyte크기의 EEPROM이 내장되어 있다. Flash 메모리에 Jtag Port를 사용하여 필요한 프로그램을 바로 업로드 시켜 사용할 수 있다. 제작환경은 ATmega128을 프로그래밍하기 위해서 AVR Studio 4.19와 C코드를 컴파일하기 위한 Toolchain과 Jtag 에뮬레이터가 필요하다. 타겟 보드로는 128BK3LCD를 이용하고 여기에 여러 가지 센서와 센서 모듈을 장착하여 구성하였다 [13].

나. 드론 기반 응용 기술

체공시간 및 이륙중량 한계가 있지만 점차 개선되고 있는 드론을 활용하고자 한다. 드론을 활용하면 아래와 같은 무인 상시 모니터링 및 현장기반 의사결정 등 다양한 역할 수행이 가능하다.

- 다목적 댐 및 수중보 상시 모니터링
- 녹조발생 모니터링 및 발생 징조 파악
- 하천지형 모니터링 및 지도 생성
- 수변 개발현장 모니터링
- 가뭄 또는 홍수 모니터링

또한, 드론은 농업, 산림 등 다양한 분야에서 맞춤형 측정 장비를 개발하여 장착한다면 농업용 댐 및 저수지 무인 관리, 농약 자동살포, 멸종동물 상시 모니터링 및 관리 등에 활용될 수 있다.

본 연구를 위해 사용한 드론은 DJI사의 phantom2+모델이다. 이 모델은 GPS 자동 조종이 가능하여 공중에서 위치고정이 가능하고 특정위치에서 좌우 움직임 없이 고도조정이 자유롭게 이루어지는 장점이 있어 본 연구에 이용하기에 적합하였다. 우리는 이 제품을 활용하여 1km이상 비행 가능하도록 만들었다.

III. 시스템 설계

1. 시스템 구성

본 논문 연구에서 설계하고 구현하기 위한 대기환경정보 수집 및 서비스 시스템은 지상으로부터 1Km 범위에 이르는 대기 중의 환경 인자를 감지하거나 측정하여 정보를 수집하였다. 시스템 구성요소로는 그림 1와 같이 센서부위, 드론, DB, 웹서버, 원격 모니터링 장치로 구성되었다.

센서모듈은 공중의 대기오염 치를 측정하기 위해 온도, 습도, 미세먼지, CO<sub>2</sub> 센서를 사용하였다. 이들 센서는 MCU에 통합하여 단일 보드로 구성된 후 드론에 부착하였다. 센서를 통한 센싱 데이터 수집은 Atmega 128 마이크로프로세서에 내장된 EEPROM을 이용하였다 [14]. 데이터 수집에 EEPROM을 사용한 이유는 드론의 비행범위가 1Km 범위에 다르기 때문에 와이파이나 블루투스 통신의 범위를 벗어나 통신이 원활하지 않아 안정된 데이터 수집을 위한 부득이한 선택이었다.

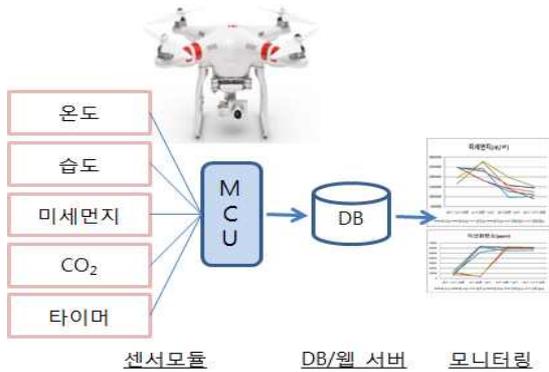


그림 1. 시스템 구성도

MCU부터 수집한 센서정보를 데이터베이스에 옮기기 위하여 엑셀변환을 통하여 DB서버를 구축하였고, 원격 모니터링서비스 제공을 위해 웹 서버를 구축하였다.

모니터링은 외부 원격지의 사용자에게 정보 서비스를 위하여 웹페이지와 앱 프로그램을 통하여 제공되도록 구현하였다.

## 2. 하드웨어 설계

### 가. MCU 회로부

- 윈도우 MCU 회로부는 그림 2과 같으며, 8비트 마이크로 프로세서를 활용하여 설계하였고, 회로부 구성은 리셋회로, ISP, LCD 인터페이스, 외부 EXP포트, MCU주변회로부로 구성되어 있다.
- RTC와 외부 ROM을 추가로 구성하여 시간별로 데이터를 룬에 저장할 수 있도록 회로를 구성하여 실시간 데이터 전송뿐 아니라 데이터로거까지 가능하도록 설계하였다.
- 전원부는 배터리 5V의 전원을 MCU 및 부품들의 전원 3.3V로 변환하여 사용하였으며, 전체 전원은 3.3V 1A이내의 소모전류로 구동이 가능하도록 설계하였다.
- 통신모듈은 WiFi모듈을 활용하여 스마트폰 앱에서 다이렉트로 연결하여 시리얼통신을 통해 실시간으로 데이터를 전송하도록 구성하였으며, 통신거리는 100m 이내로 안테나 변경시 약 200m까지 통신이 가능하도록 설계하였다.

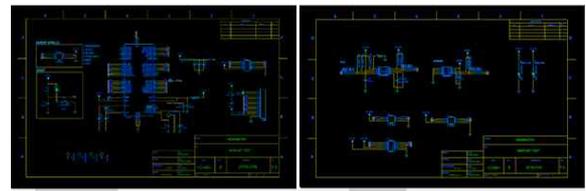


그림 2. MCU 회로부와 RTC 및 EEPROM 회로부

### 나. 대기환경 측정 센서부

- 센서는 온습도센서, 미세먼지측정센서, 가스센서로 크게 3파트로 구성된다. 미세먼지는 내장된 팬이 5V에서 구동되므로 배터리의 전원을 연결되며, 코어구동 전압은 3.3V로 구성이 되므로 각각의 전원부를 구성하지 않고 단일 전원부를 구성하여 설계하였다.
- 센서의 통신 방식은 I2C통신 방식을 사용하여 구동되며, 3개의 모듈을 통신으로 MCU와 인터페이스 되며, 각 모듈별 Enable 신호를 두어 병렬 제어가 가능하도록 구성하였다.
- USB전원 회로부는 드론이 야간비행시 원활한 측정이 가능하도록 LED조명을 구동할 수 있는 회로를 구성하였으며, 각 LED모듈은 렌즈를 썬워 400mA의 전류로도 충분한 조명효과와 배터리 소모량을 최소화하였다.

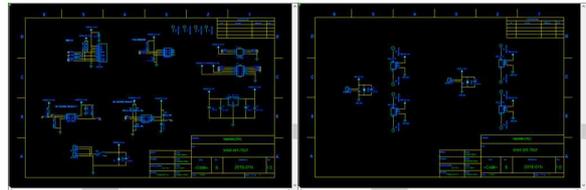


그림 3. 대기환경 측정 센서부 및 USB 전원부

### 다. PCB 설계

PCB 제작은 총 4개 파트로 구성하였으며, 컨트롤러 및 전원부, 센서부, USB1, USB2로 나뉘어 구성하였다. 2층 양면으로 구성된 PCB 샘플을 제작하였다.

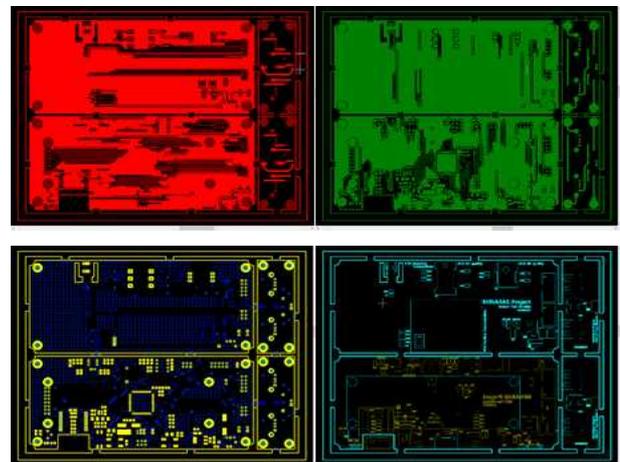


그림 4. 데이터로거 PCB 설계

## IV. 시스템 구현

### 1. 하드웨어 개발

#### 가. 하우징 설계 및 제작

PCB를 보호하기 위한 하우징 케이스를 설계하여 제작하였으며, 3D 모델링으로 설계하여 제품 양산을 위한 시제품 형태로 제작하였다. 구조는 센서 PCB 부착부와 배터리 부착부, 메인 컨트롤러와 전원부 부착부로 총 3개의 파트로 구성되어 있다.

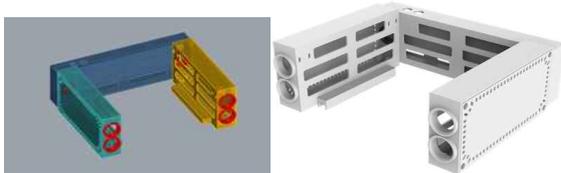


그림 5. PCB 하우징 케이스 3D 렌더링

#### 나. 제품조립

PCB를 하우징 케이스에 장착하였으며, 실제 PCB 사이즈와 하우징 케이스가 오차범위 1mm 이내로 정확하게 제작되었다. 배선을 위한 홀도 제대로 가공되어 정확하게 조립되었다.



그림 6. PCB 하우징 케이스 조립

조립을 완료하여 전원부까지 테스트 완료하였다. 실제 소모전류는 약 300mA이며 LED 조명을 on 시켰을 시에 약 1A의 전류가 소모된다. 내장된 배터리가 10,000mA/h이므로 100%완충 시 1시간이상의 동작이 가능하다. 드론의 배터리는 한번 완충시 약 30분가량 동작하므로 2회 정도의 측정이 가능하다.



그림 7. PCB 하우징 케이스 조립완료

### 2. 소프트웨어 개발

#### 가. 센서 프로그래밍

기판에는 4가지 센서로 구성되어 있으며 두 가지 종류로 나눌 수 있다. NTC 타입의 온도센서는 기준저항  $10k\Omega$ 을 사용하는 저항센서로서 5V 기준전압에 따라 발생하는 저항값의 변화를 이용하는 방식이다. 또한 습도 센서는 3단자의 입력전압, 접지, 출력 값을 이용하는데 입력전압 5V에 대한 변화하는 출력 전압 값을 이용한다.

CO<sub>2</sub>센서와 미세먼지의 경우에는 앞의 센서들과는 특성이 다른 센서 모듈로서, 값이 한 번 증폭되어 ADC로 변환된 후 UART통신을 이용해 전달된다. 이때 온도와 습도센서 값은 ADC기능을 이용하여 값을 받고, CO<sub>2</sub>와 미세먼지는 시리얼통신 방식을 이용하여 데이터 값을 받는다.

#### 나. 안드로이드 앱 개발

안드로이드 앱은 드론 대기환경 측정 수집기에서 보내진 데이터를 실시간으로 모니터링하고 시간별로 저장하여 데이터를 축적하는 역할을 하며, 추후 서버를 구축하여 누적된 데이터를 서버로 전송하여 수집한다. 그림 8에서와 같이 왼쪽은 메인타이틀 출력화면이고, 오른쪽은 실시간으로 측정되는 데이터를 보여주는 결과창을 확인하고 있는 영상화면이다.



그림 8. 안드로이드 앱 UI 설계 및 출력화면

### 2. 실증 테스트

테스트를 위하여 제작한 센서모듈을 드론에 장착하여 기본기능들을 테스트한 결과, 정상적인 작동을 확인하였다.



그림 9. 드론장착후 기능 테스트

이후 실증을 위하여 공장의 굴뚝 주변과 운동장, 호수공원의

3군데를 정하여 테스트를 진행하였다. 3곳의 장소에서 고도 10m와 50m에서 1분 동안 측정된 관측값을 수집하였다. 데이터 수집 간격은 11초 단위로 데이터를 저장하였으며, 원하는 고도에 이르기까지 5회에서 6회까지 센서값을 받았다. 관측 지역은 세 군데로 첫 번째 장소의 10m, 50m위치, 두 번째 장소 10m, 50m위치, 세 번째 장소 10m, 50m위치에서 측정하였다.



그림 10. 필드테스트 실제드론 촬영사진

### 3. 측정 결과

#### 가. 데이터 변환과정

처음 측정된 원시 데이터는 다음과 같다. 습도용 센서 1, 2, 온도용 센서3, 미세먼지 센서4, 5, 이산화탄소 센서6를 구분한다. 이들 값은 다음의 변환식을 이용하여 변환과정을 거쳐야 한다.

표 2. 장소1에서의 측정 데이터 값

구분	10m					
	센서1	센서2	센서3	센서4	센서5	센서6
1차	502	502	539	10568	1797	7168
	499	499	540	10663	1797	7936
	499	499	543	11318	1797	8960
	495	495	547	11281	1797	8192
	494	494	544	9970	1797	9728
2차	514	514	501	8984	1797	63744
	509	509	505	8320	1797	62976
	508	508	502	7709	1797	65280
	505	505	511	7261	1797	65280
	505	505	511	7374	1797	1536

#### ○ 습도

습도 값 측정은 2번의 변환과정이 필요하다. 습도 센서의 값은 센서1의 원시 데이터를 이용한다. 센서모듈에서 사용한 기준 전압은 5V이다. 첫 번째 단계에서 센서의 전압을 구한다. 이때 다음의 식을 이용하여 구할 수 있다.

$$\text{전압} = \frac{\text{측정값} \times \text{기준전압}}{1023}$$

두 번째 단계에서는 처음에 구한 전압 값을 기반으로 실제 습

도(%)를 구하기 위해 환산한다.

$$\text{습도} = 100 \times \frac{\text{전압} - 0.8}{3.1}$$

#### ○ 온도

온도 값을 구하기 위해서는 3번의 변환 과정이 필요하다. 온도 센서 값은 센서2에서 받아온 원시 데이터를 사용한다. 기준 전압은 습도와 동일한 5V이다. 처음단계의 전압 값을 구하는 과정은 습도 계산식과 동일하다.

$$\text{전압} = \frac{\text{측정값} \times \text{기준전압}}{1023}$$

두 번째 단계에서는 전압 값을 기반으로 저항 값으로 바꾼다. 변환하는 식은 다음과 같다.

$$\text{저항} = \frac{(\text{기준전압} \times 10,000)}{\text{전압}} - 10,000$$

세 번째는 앞에서 구한 저항 값을 기반으로 섭씨온도(°C)로 환산하여 구한다.

$$\text{섭씨온도} = \frac{1}{\frac{1}{273.15 + 25} + \frac{1}{4200}} \times \log\left(\frac{\text{저항값}}{10,000}\right) - 273.15$$

#### ○ 미세먼지

미세먼지 값 측정도 2번의 변환 과정이 필요하다. 처음에는 수량 PCS값/L값을 구하기 위하여 센서 3과 4의 값이 필요하다. 첫 번째 변환 과정에서는 원래 4바이트인 값을 2바이트로 나눠받았기 때문에 변환이 필요하다.

$$\text{수량PCS값/L값} = (\text{센서3 raw data}) \times 256^2 + (\text{센서4 raw data})$$

두 번째 과정에서는 수량 PCS값/L값을 기반으로 미세 먼지 농도( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 값을 구한다.

$$\text{미세 먼지 농도} = (\text{수량PCS값/L값} \times 3,528) / 10,000$$

#### ○ 이산화탄소

이산화탄소의 농도를 구할 때는 별도의 변환과정이 필요하지 않다. 센서 6에서 수집한 원시데이터 값이 대기중의 이산화탄소의 농도를 나타내며, 단위는 ppm으로 표시한다.

#### 나. 장소별 실측 데이터

측정은 3군데의 장소에서 각각 진행하였으며, 각각 2번의 시간대별 구성과 장소별 2군데의 측정고도(10m, 50m)를 달리하였다. 다음의 표는 각각 실측한 원시 데이터를 앞의 변환식에 의하여 변환한 값을 표로 정리한 결과이다.

● 측정 장소 1 (쌍암공원)

● 측정거리 10m (오전 10시 01분, 오전 11시 29분)

습도 (%)	섭씨온도 (°C)	미세먼지 (㎍/㎥)	이산화탄소 (ppm)	습도 (%)	섭씨온도 (°C)	미세먼지 (㎍/㎥)	이산화탄소 (ppm)
33.340	-3.962	24.434	0.716	35.232	-2.623	20.772	0.637
32.867	-3.028	24.654	0.793	34.444	-2.766	19.236	0.629
32.867	-3.137	26.169	0.690	34.296	-2.658	17.824	0.652
32.237	-3.283	26.082	0.819	33.813	-2.982	16.788	0.652
32.079	-3.174	23.051	0.872	33.813	-2.982	17.049	1.536

● 측정거리 50m (오전 10시 3분, 오전 11시 31분)

습도 (%)	섭씨온도 (°C)	미세먼지 (㎍/㎥)	이산화탄소 (ppm)	습도 (%)	섭씨온도 (°C)	미세먼지 (㎍/㎥)	이산화탄소 (ppm)
31.921	-4.465	23.544	0.104	33.169	-3.229	16.056	0.281
31.448	-4.502	23.048	0.115	33.819	-3.413	16.591	0.282
31.784	-4.648	25.969	0.110	33.971	-3.408	16.406	0.281
31.448	-4.575	27.945	0.120	33.163	-3.413	15.909	0.480
31.448	-4.722	24.235	0.117	33.025	-3.688	20.069	0.406

● 측정 장소 2 (과학기술원)

● 측정거리 10m (오전 10시 14분, 오전 11시 41분)

습도 (%)	섭씨온도 (°C)	미세먼지 (㎍/㎥)	이산화탄소 (ppm)	습도 (%)	섭씨온도 (°C)	미세먼지 (㎍/㎥)	이산화탄소 (ppm)
31.133	-5.647	16.385	0.814	37.597	-5.182	27.770	0.608
30.502	-5.883	15.743	0.819	37.124	-5.936	27.971	0.611
30.502	-5.174	16.685	0.870	37.124	-5.407	26.071	0.619
30.502	-5.247	16.980	0.947	36.967	-5.515	28.996	0.634
30.167	-5.956	17.038	1.049	36.909	-6.730	25.407	0.629

● 측정거리 50m (오전 10시 16분, 오전 11시 43분)

습도 (%)	섭씨온도 (°C)	미세먼지 (㎍/㎥)	이산화탄소 (ppm)	습도 (%)	섭씨온도 (°C)	미세먼지 (㎍/㎥)	이산화탄소 (ppm)
30.029	-6.722	18.575	0.125	36.967	-6.515	28.996	0.634
30.345	-6.795	22.062	0.125	36.909	-6.730	25.407	0.629
30.502	-6.795	23.953	0.138	36.494	-6.658	23.033	0.642
30.975	-6.979	27.818	0.138	36.021	-6.838	18.677	0.642
31.291	-6.679	30.841	0.135	35.705	-6.838	18.998	0.652

● 측정 장소 3 (국립광주과학관)

● 측정거리 10m (오전 10시 24분, 오전 11시 50분)

습도 (%)	섭씨온도 (°C)	미세먼지 (㎍/㎥)	이산화탄소 (ppm)	습도 (%)	섭씨온도 (°C)	미세먼지 (㎍/㎥)	이산화탄소 (ppm)
25.232	-3.488	25.696	0.9072	28.021	-4.870	24.568	0.57956
25.075	-3.450	23.729	0.4609	25.075	-4.942	26.052	0.61160
25.390	-3.668	25.195	0.4609	24.759	-4.264	26.787	0.61194
25.232	-3.668	23.939	0.5130	24.759	-4.407	23.810	0.62208
24.759	-3.739	24.113	0.6144	24.286	-4.551	22.652	0.64000

● 측정거리 50m (오전 10시 25분, 오전 11시 52분)

습도 (%)	섭씨온도 (°C)	미세먼지 (㎍/㎥)	이산화탄소 (ppm)	습도 (%)	섭씨온도 (°C)	미세먼지 (㎍/㎥)	이산화탄소 (ppm)
24.802	-3.956	20.117	0.7424	23.340	-3.197	25.255	0.1792
24.917	-3.065	15.276	0.6912	23.340	-3.269	27.470	0.3584
25.075	-3.992	15.641	0.7660	23.498	-3.522	26.540	0.3584
25.075	-3.101	16.683	0.6192	23.340	-3.522	27.759	0.5120
25.548	-3.174	19.892	0.7168	23.656	-3.739	28.603	0.5376

그림 11. 대기센서 측정값

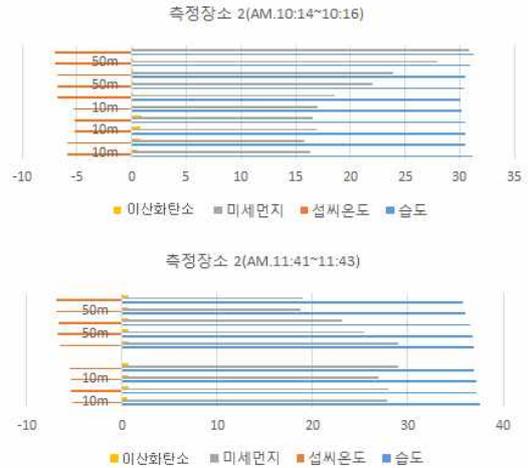
다. 측정 그래프

측정 결과값의 확인이 용이하도록 그래프로 표현하였다.

● 측정 장소 1 (쌍암공원)



● 측정 장소 2 (과학기술원)



● 측정 장소 3 (국립광주과학관)

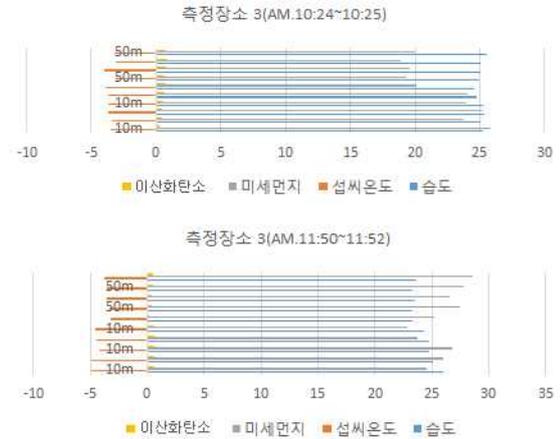


그림 12. 대기센서 측정값 그래프

앞의 측정 시험결과에서 보듯이 사람의 접근이 어려운 공중의 대기환경정보 수집을 위하여 드론을 이용하였다. 환경센서를 드론에 탑재하여 실험한 결과 신뢰할 수 있을 정도의 결과 값을 얻을 수 있었다.

연구결과의 활용 사례로서 지역의 환경관리공단의 주요 업무인 공해배출 관리 감독업무에 본 시스템을 적용할 수 있는 가능성을 탐색하였다. 담당자가 실제로 고공의 굴뚝에 올라가 시료를 채취하는 대신에 원격에서 데이터를 수집할 수 있어 위험한 측정업무로부터 안정성을 확보할 수 있게 되었다.

더 나아가 드론을 이용한 환경데이터 측정은 방사능 오염과 같은 고위험성에 노출된 환경에 적용하기에도 적합하다 할 수 있다. 또한 사람의 접근이 쉽지 않은 수질환경 측정에도 동일하게 적용이 가능하다. 댐, 저수지, 하천 등의 중앙 부위와 같이 사람의 직접적인 접근이 힘든 지역에 다용도로 활용이 가능하리라 판단되며, 폭넓은 활용이 기대된다.

## V. 결 론

본 논문에서는 사람의 직접적인 접근이 어려운 대기공간의 환경정보 수집을 위하여 휴대성과 이동성이 뛰어난 드론을 이용한 관측 장비를 선보였다. 실험을 위하여 드론을 이용한 대기 환경 관측기기를 제작하여 대기 환경요소의 질을 모니터링하기 위한 플랫폼을 제안하였다. 제작된 관측기기로 상공 1.5km까지의 대기정보 수집이 가능하였다.

연구의 성과로는 공간에 제약 없이 접근이 어려운 위치의 대기환경정보를 수월하게 수집할 수 있었다. 아울러, 수집 대상 정보는 온도와 습도, 미세먼지를 비롯하여 CO<sub>2</sub>를 관측할 수 있었고, 정상적인 값을 받을 수 있었다.

아울러 제4차 산업혁명의 도래와 더불어 핵심기술로 부각되고 있는 사물인터넷 센싱기술을 드론과 융합하여 응용범위를 한층 넓힘으로서 그동안 환경정보 수집에 위험과 어려움 때문에 제약이 많았던 공공데이터베이스 구축 및 활용에 있어서 새로운 전기가 될 것으로 확신한다.

향후 연구에서는 고공의 드론으로부터 측정데이터를 실시간으로 수집하기 위한 저전력 원거리 무선통신기술(LPWAN)을 접목할 필요가 있다. 또한 추가적인 대기환경 측정요소로서 SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> 등으로 확대하여 보다 광범위한 활용이 기대된다.

## REFERENCES

- [ 1 ] 자 동 기 상 관 측 ( A W S ) ( 2 0 1 7 ) , <https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1002180&cid=42443&categoryId=42443> (accessed Sep., 21, 2018).
- [2] 송백영, 류광남, "영상장치를 활용한 국지적 기상관측 라디오존데 개발," *제60회 전국과학전람회 작품보고서*, 22쪽, 2014년 8월
- [3] 국립환경과학원, 2014년 대기환경연보, *연간보고서*, 3-5쪽, 2015년 7월
- [4] 김유미, 김진영, 이승복, 문길주, 배귀남, "최근 중국의 초미세먼지 오염 연구 동향," *한국대기환경학회 논문지*, 제31권, 제5호, 411-429쪽, 2015년 10월
- [5] 서민석, 오창세, 김상현, 이정혁, 김영돈, 이창석, 박현주, "IoT 기반 실내 공기질 모니터링 시스템에 관한 연구," *한국정보과학회학술발표회 논문집*, 963-965쪽, 2014년 12월
- [6] 박세일, 이용희, 이성국, 김진일, "IoT 기반의 실내 공기 환경 지킴이," *2016한국정보기술학회학술대회논문집*, 254-256쪽, 2016년 6월
- [7] 박정훈, 김학기, 양정욱, 이석현, 김원일, 김예원, "IoT기반 지능형 실내환경감지 시스템 개발에 관

한연구," *2014 대한토목학회 정기 학술대회논문집*, 1133-1134쪽, 대구, 대한민국, 2014년 10월

- [8] 김남호, "사물인터넷 기반의 해양 적·녹조 실시간 모니터링 시스템 설계," *스마트미디어저널*, 제5권, 제1호, 130-136쪽, 2016년 3월
- [9] 김성진, 김태학, 옥현, "모바일 기반의 건설현장 업무처리 지원시스템 개발 연구," *스마트미디어저널*, 제6권, 제4호, 50-57쪽, 2017년 12월
- [10] 한국건설기술연구원, "무인비행체를 이용한 가스 측정 장치 및 방법," 특허등록번호 10-1530646
- [11] Watai, T. et al.(2006), "A Lightweight Observation System for Atmospheric Carbon dioxide Concentration Using a Small Unmanned Aerial Vehicle," *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, vol. 23, no. 5, pp.700-710, May, 2006.
- [12] Mark Bourn, "Measuring Landfill Methane Emissions Using Unmanned Aerial Systems: Field Trial and Operational Guidance," *Environment Agency Report*, pp.1-2, Nov., 2015.
- [13] 홍종상, "측정장비 측정원리 및 유지관리요령," *한국산업기술시험원 보고서*, 13쪽, 2008년 4월
- [14] 윤덕용, "AVR ATmega128 정복," ohm사, chap3, 2006년.

## 저 자 소 개



김남호(정회원)

1997년 포항공과대학교 정보통신학과 석사 졸업

2013년 전남대학교 전산통계 박사 졸업

1991년~1997 포스코ICT(주) 연구원

1998년~현재 호남대학교 인터넷콘텐

츠학과 부교수

<주관심분야 : 사물인터넷, 정보통신, 응용 SW>