

드론을 이용한 교내 Wi-Fi 음영 확인 및 해결 제안 시스템



지도교수 유 영 환

목 차

1. 서론.....	1
1.1. 연구 배경.....	1
1.2. 기존 문제점	3
1.3. 연구 목표.....	4
2. 연구 배경.....	5
2.1. Wi-Fi.....	5
2.2. Wi-Fi Extender	6
3. 연구 내용	7
3.1. 데이터 수집 장치.....	7
3.1.1. 데이터 수집 구성 및 설계도.....	7
3.1.2. GPS 연결	8
3.1.3. 3D 모델 구현	9
3.1.4. 드론에 수집 장치 부착	10
3.2. 데이터 수집	11
3.2.1. 측정 위치.....	11
3.2.2. Wi-Fi 속도 측정 구현.....	11
3.2.3. 측정 방식.....	12
3.3. 음영지역 시각화	13
3.4. 서버 구현.....	13
3.4.1. 서버와 보드간 통신	14
3.5. 위치 특정 알고리즘	15

3.5.1. 변화율 Regression.....	15
3.5.2. Classification	16
4. 연구 결과 분석 및 평가	18
5. 결론 및 향후 연구 방향	20
5.1. 결론.....	20
5.2. 향후 연구 방향.....	21
6. 구성원 별 역할 및 개발 일정.....	21
6.1. 구성원 별 역할.....	21
6.2. 개발 일정.....	22
7. 참고 문헌.....	22

1. 서론

1.1. 연구 배경

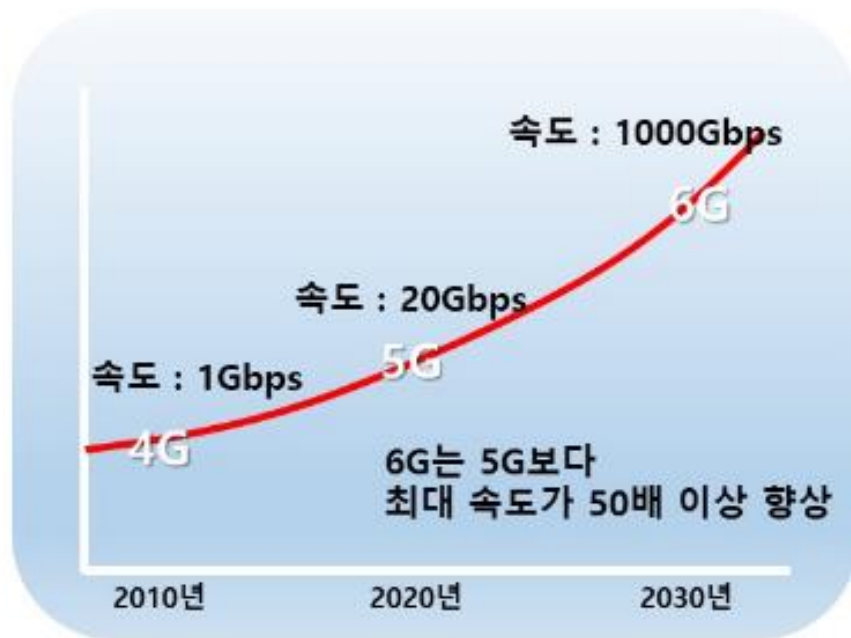


Figure 1. 각 세대별 속도 변화

5G 무선 네트워크는 이전 세대의 통신 기술인 4G LTE를 대체하고 발전시킨 것으로 현재 활발하게 개발되고 있다.

데이터가 발신지에서 수신지로 이동하는 시간이 낮고 초당 전송되는 데이터의 양이 많기 때문에 다양한 기기와 서비스 간에 연결성을 개선할 수 있어 스마트 시티, 의료 산업, 자동차 산업 등 다양한 분야에서 사용될 것이다.

5G 무선 네트워크가 현재 주목받는 네트워크 기술이라고 할 때 한 단계 나아가 미래의 네트워크 기술을 생각해 본다면 그것은 6G 무선 네트워크가 될 것이다.

6G 무선 네트워크의 개념이 나타난 이유는 홀로그램을 이용하는 확장현실(XR), 자율 주행 차량과 같은 차원이 다른 크기의 고용량을 요구하는 콘텐츠가 미래에 서비스될 경우, 최대 20Gbps의 속도를 가지는 5G로는 전송에 한계가 있기 때문이다.

Figure 1을 보면 각 무선 네트워크 세대별 속도의 변화를 볼 수 있다. 6G는 5G보다 50배 이상의 속도를 낼 수 있을 것이라고 예상되어 고용량의 데이터를 빠르게 전송할 수 있어 5G로는 구현하기 어려웠던 기술을 사용할 수 있을 것이다.

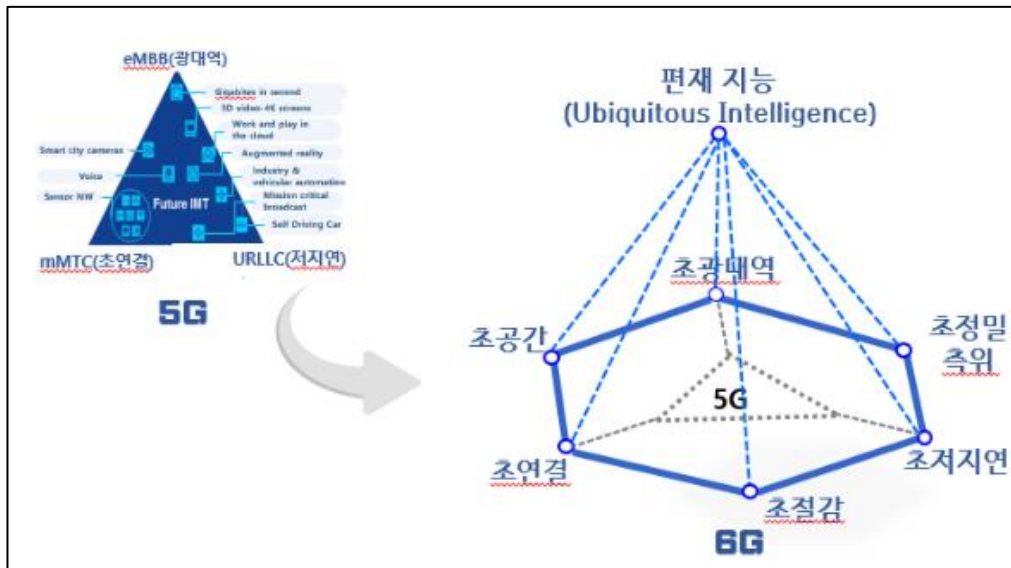


Figure 2. 5G 네트워크와 6G 네트워크의 기술목표

하지만 단순히 전송량을 높인다고 6G를 구현할 수는 없다. 6G는 데이터 처리 속도와 장소에 구애받지 않고 어디에서나 연결이 가능한 5G보다 더 높은 차원의 기술이기 때문이다.

Figure 2를 보면 한국전자통신연구원에서 비교한 6G와 5G 무선 네트워크의 기술 목표를 볼 수 있다. 이를 정리해 놓은 아래의 Table 1을 보면 6G는 5G가 가지고 있던 기존의 3가지 목표(광대역, 초연결, 저지연)를 더욱 발전시키고 초공간, 초정밀측위, 초절감의 3가지 목표를 추가한 것을 볼 수 있다.

즉, 6G 무선 네트워크 기술을 구현하기 위해서는 단순히 데이터의 전송량을 높이는 것이 아니라 다양한 특성을 고려해야 한다는 것이다.

특성 \ 네트워크 종류	5G 무선 네트워크	6G 무선 네트워크
광대역(데이터 전송량)	20Gbps	1000Gbps
초연결(연결가능기기 수)	1 device/m2	100 device/m2
저지연(데이터 전송시간)	1 ms@무선구간	6 ms@1000km 범위
초공간(유효 범위)	지상	지상 및 공중 10km 범위
초정밀측위(정확도)	고려하지 않음	10cm 이내 측위 정확도
초절감(에너지 효율)		에너지 효율 50배 향상

Table 1. 5G와 6G의 기술 목표 비교

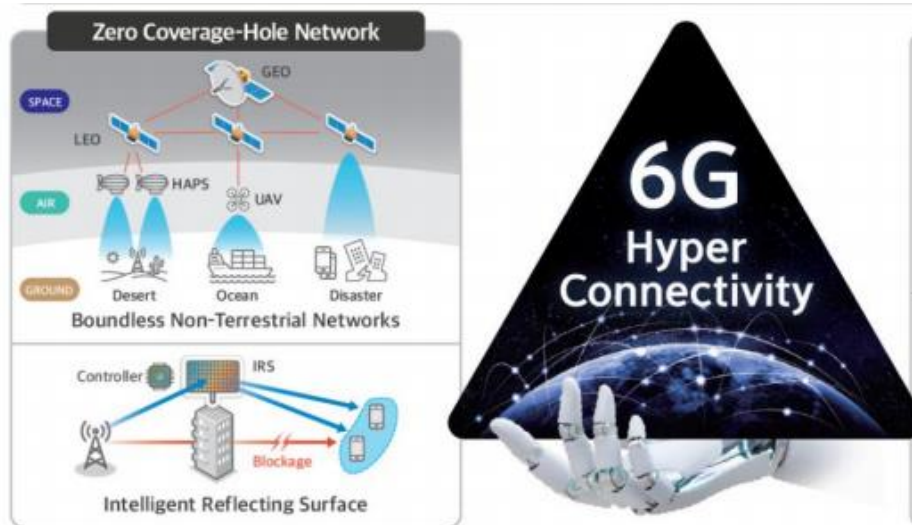


Figure 3. 6G 네트워크의 zero coverage-hole Network[1]

위에서 언급한 6G 무선 네트워크의 기술목표들을 달성하기 위해서는 결국 어디에서나 무선 액세스를 좋은 환경에서 사용할 수 있어야 하므로 속도가 저하되는 음영지역이 없어야 한다.

음영지역을 없애는 방법은 여러가지 방식이 제안되는데, Figure 3를 보면 6G 무선 네트워크에서는 UAV를 이용하여 음영지역을 제거하는 방식이 고려되는 것을 볼 수 있다. 그 이유는 UAV를 이용한 음영지역의 강화는 지상 인프라에 의존하지 않기 때문에 좋은 솔루션이 될 수 있기 때문이다.[2]

다만, 실제로 지상 인프라에 의존하지 않고 UAV를 이용해 바다나 사막과 같은 네트워크 취약 지역을 커버하는 것은 어려운 일이므로 본 과제에서는 UAV와 임베디드 보드를 이용해 음영지역을 탐지하고 제거하는 6G 무선 네트워크의 기초적인 기술의 구현 방법을 모색하는 것으로 목표를 설정하였다.

1.2. 기존 문제점

부산대학교 부지내에서 이동하거나 앉아서 전자기기를 이용해 인터넷에 접속할 때, 모바일 데이터를 이용해 인터넷에 접속하는 사람도 있지만 교내에 존재하는 공공 Wi-Fi인 PNU Wi-Fi를 이용해 인터넷에 접속하는 사람도 있다. PNU Wi-Fi의 경우, 대부분의 장소에서 준수한 속도로 인터넷에 연결이 되지만 때때로 연결이 되어 있음에도 인터넷의 연결 속도가 느려서 Wi-Fi의 사용을 중지하고 모바일 데이터를 사용해 인터넷에 접속하는 경우가 있다.

이러한 현상은 아래의 Table 2에서 볼 수 있듯이 AP와의 거리, 신호 간섭 등의 여러 가지 이유로 인한 음영지역이 생기기 때문이다. 다만, PNU Wi-Fi와 같은 공공 Wi-Fi의 경우 다수의 사람이 사용하는 것이 고려되어져 있고 장애물을 피하기 위해 높은 위치에 AP가 설치된다는 점에서 속도 저하의 가장 큰 이유는 AP와의 거리일 것이다.

이를 해결하기 위해서는 현재 존재하는 AP의 위치를 재배치하거나 추가하여 Wi-Fi의 신호가 약한 음영지역을 처리해야 하지만, 실제로 어느 지점에서 신호가 약해지는 음영이 발생하는지 사람이 일일이 확인하는 것은 시간과 비용이 크게 소모된다. 또한, 정확한 결과가 보장되지 않은 상태에서 재배치를 위하여 실외의 AP를 실제로 움직이는 것은 비효율적이다.

그러므로 Wi-Fi의 음영 지역을 쉽게 파악하고 이를 해결하기 위한 AP의 추가를 적은 비용으로 확인할 수 있는 기술이 필요하다고 생각했다

문제점	이유
신호 간섭	다른 무선 기기나 무선 네트워크로 인한 신호 간섭으로 주파수가 겹쳐서 신호 품질 저하
AP와의 거리	전파로 데이터를 전송하므로 거리가 멀어지면 신호 저하
무선 인프라 부족	충분한 무선 인프라 구축의 부족
지형과 환경	고도가 높거나 지형적으로 어려운 경우 전파 방해 가능성 존재
무선 네트워크의 혼잡	무선 네트워크가 많은 기기나 사용자로 인해 혼잡 시, 신호의 대역폭이 나눠지고 응답 속도 저하
기술 한계	AP의 자체 성능으로 인하여 한계 존재

Table 2. 음영지역 발생 이유

1.3. 연구 목표

본 졸업 과제는 드론과 임베디드 보드를 이용하여 교내 PNU Wi-Fi 가 존재하는 지역의 Wi-Fi 신호 강도를 측정한다.

이를 통해 Wi-Fi 신호 강도에 따른 세기 분포도를 생성해 음영지역을 확인하고 와이파이 확장기를 설치할 위치를 예측하여 음영지역을 제거할 수 있게 한다.

- Wi-Fi 신호 강도 탐지

- Wi-Fi 모듈을 장착한 임베디드 보드와 드론을 이용하여 해당 지역의 신호 강도를 측정한다.

- 신호 강도의 가시화를 통한 음영지역 확인

- 신호 강도에 따라 다른 색으로 표현하여 신호 강도 데이터에 따른 신호 세기 분포도, Wi-Fi heatmap 을 생성한다.
- 완성한 신호 세기 분포도, 즉 Wi-Fi heatmap 을 출력하여 사용자가 음영 지역이 현재 어떤 곳에 나타나는지 확인할 수 있게 한다.

- heatmap 분석을 통한 AP 배치 지점 특정

- 세기 분포도를 AP 배치 위치 특정 알고리즘을 통해 분석하여 어느 곳에 AP 를 배치할지 결과를 확인한다.

- 음영 지역 해결을 확인

- 음영 지역 해결을 위한 AP 배치 위치를 알고리즘의 결과를 통해 확인하고 이를 AP 를 실제로 설치하여 음영 지역이 해결되었는지 확인한다.

2. 연구 배경

2.1. Wi-Fi

Wi-Fi는 근거리 무선망으로 전자기기들이 무선랜(WLAN)에 연결할 수 있게 하는 기술로서, 주로 2.4GHz, 5GHz 무선 대역을 사용한다. Wi-Fi에도 표준이 존재하며 각 표준에 대한 정보는 아래 표 Table 3과 같다.

Wi-Fi의 최대 속도는 RX-TX 스트림에 따라 달라진다. 또한 최대 속도는 이론적인 수치이며 실제 측정 시 최대 속도의 절반 정도의 속도를 보인다.

주파수 대역의 경우 2.4GHz, 5GHz가 있으며 각각 장단점이 있다. 2.4GHz의 경우, 장애물을 통과하기 쉬워 멀리 떨어진 장치까지 도달 가능하기에 넓은 범위까지 커버할 수 있다. 그러나 느리며 Bluetooth, 전자레인지 등으로 인해 간섭이 발생하기 쉽다. 5GHz의 경우 빠르고 간섭이 적어 더 안정적인 연결이 가능하다. 하지만 범위가 짧고 장애물을 통과하기에 어렵다.

교내 Wi-Fi의 경우 PNU-WiFi, PNU-WiFi-2.4GHz로 SSID가 나누어지며 각 이름에서 알 수 있듯이 PNU-WiFi는 5Ghz를, PNU-WiFi-2.4GHz는 2.4GHz의 주파수 대역을 나타낸다.

Wi-Fi 표준	주파수 대역	최대 속도	RX-TX 스트림
802.11b	2.4GHz	최대 11Mbps	단일 스트림
802.11a	5GHz	최대 54Mbps	단일 스트림
802.11g	2.4GHz	최대 54Mbps	단일 스트림
802.11n	2.4GHz 및 5GHz	최대 300Mbps ~ 최대 600Mbps	다중 스트림 (2x2 또는 4x4)
802.11ac	주로 5GHz	최대 1Gbps 이상	다중 스트림 (2x2, 3x3, 4x4 이상)
802.11ax	2.4GHz, 5GHz	최대 1.2Gbps ~ 10Gbps	다중 스트림 (2x2, 3x3, 4x4 이상)

Table 3. Wi-Fi 표준 정보

2.2. Wi-Fi Extender

아래의 Figure 4와 같은 Wi-Fi 확장기 혹은 Wi-Fi Repeater라는 장치는 기존 Wi-Fi 네트워크의 범위를 확장시키고 신호의 강도를 증가시키는데 사용되는 무선 네트워크 장치이다.

해당 장치는 신호의 범위 확장, 신호 강화를 위해 사용한다. 따라서 이를 설치하면 음영지역의 해결이 가능하며 이를 통해 원활한 네트워크 사용이 가능해진다.

그렇다고 해서 무분별한 설치를 하는 것이 무조건 좋은 것은 아니다. 많은 확장기의 설치에 네트워크의 복잡성을 증가시켜 오히려 네트워크에 혼선을 준다. 따라서 설치하고자 하는 지역의 네트워크 범위와 강도를 증가시키는 최적의 위치를 고려하여 설치하여야 한다.



Figure 4. EFM ipTIME Extender-N300

3. 연구 내용

3.1. 데이터 수집 장치

3.1.1. 데이터 수집 구성 및 설계도

데이터 수집 장치의 목적은 Wi-Fi의 음영지역 확인을 위해 드론에 부착되어 Wi-Fi의 속도를 측정하는 것이다. 라즈베리파이를 사용하였고 GPS, DC-DC Converter, DC cable, 9V 배터리 및 홀더로 구성하였다.

드론의 성능으로 인해 장치의 총 무게가 가벼워야 했다. 이를 위해 무게가 가장 낮은 부품을 우선으로 선택하여 구성하였다. 장치는 아래 그림 Figure 5, 6와 같다.

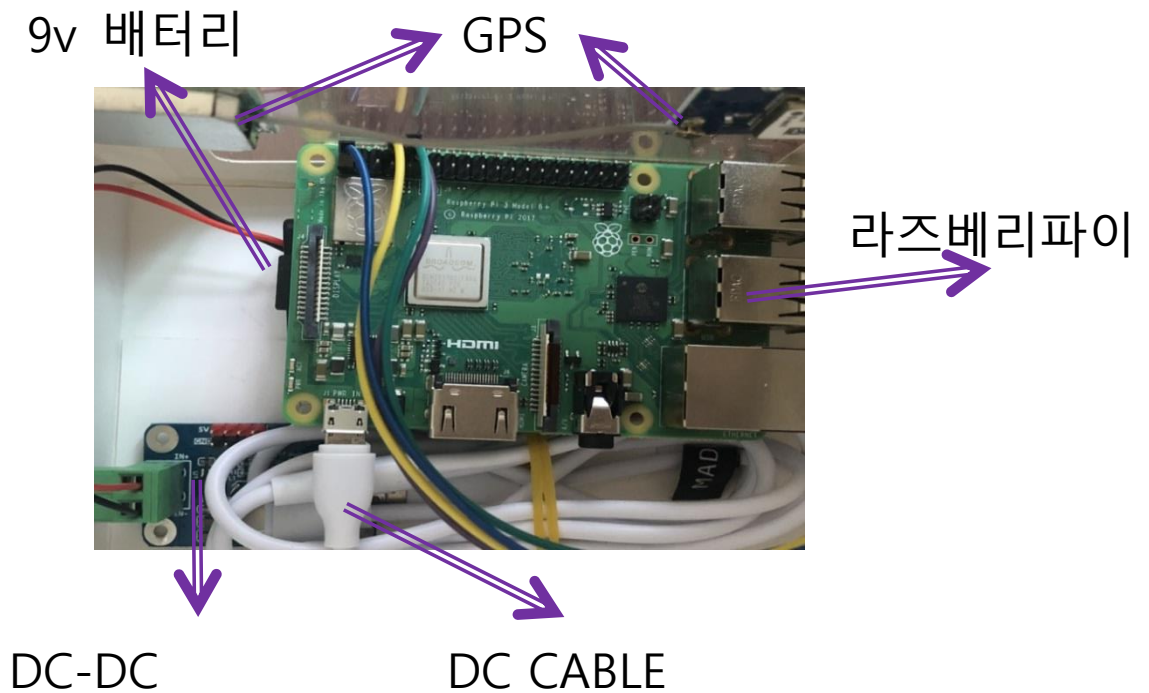


Figure 5. 구성된 라즈베리파이 보드

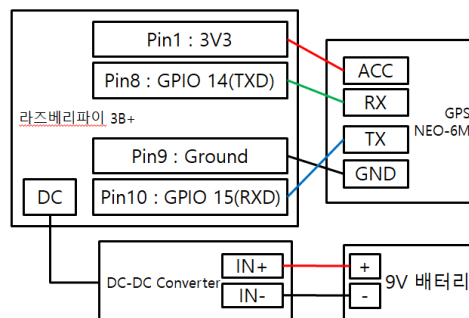


Figure 6. 데이터 수집 장치 구조도

3.1.2. GPS 연결

GPS는 NMEA(National Marine Electronics Association)라고 불리는 시간, 위치, 방위 등의 정보를 전송하기 위한 규격을 따른다. 해당 과제에서는 위도와 경도를 사용할 것이기 때문에 GPGLL만 사용하였다.

GPGLL는 NMEA의 표준 메시지 형식 중 하나이며 GPS 수신기로부터 수집된 위치 정보를 제공하는데 사용된다. 해당 메시지는 GPS 정보를 표현하며, 위치, 고도, UTC(Universal Coordinated Time) 시간 및 정확도 정보를 포함한다. 본 과제에서는 위도와 경도를 사용했다.

GPS로는 NEO-6M을 사용하였으며 라즈베리파이의 VCC(3V3), Ground, TXD(GPIO 14), RXD(GPIO 15)에 연결하였다. GPIO Serial을 ttyAMA0에 하여 동작을 확인하였다.

이때 GPIO Serial은 라즈베리파이의 GPIO 핀을 사용하여 직렬로 시리얼 데이터를 주고받을 수 있도록 하는 설정을 나타내며, 주로 UART(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)로 구현된다. 라즈베리파이에는 여러 개의 UART가 있으며 ttyAMA0는 그 중 하나이다. 여기서 tty는 teletypewriter의 약어로, UNIX 및 리눅스 시스템에서 시리얼 터미널 디바이스를 나타내는데 사용되고, AMA0는 라즈베리파이의 시리얼 포트를 가리킨다.

GPS 관련 코드는 Pynmea2 라이브러리를 활용하여 작성하였으며 bit rate를 9600으로 설정하고 데이터를 받아와 UTF-8로 변환 후 GPWGGA를 파싱하여 위도와 경도 데이터를 가져왔다. 그 결과는 아래 Figure 7와 같다. 부산대학교 대학생활원 진리관 가동에서 테스트 측정하였으며 정상 작동이 확인 가능하다.

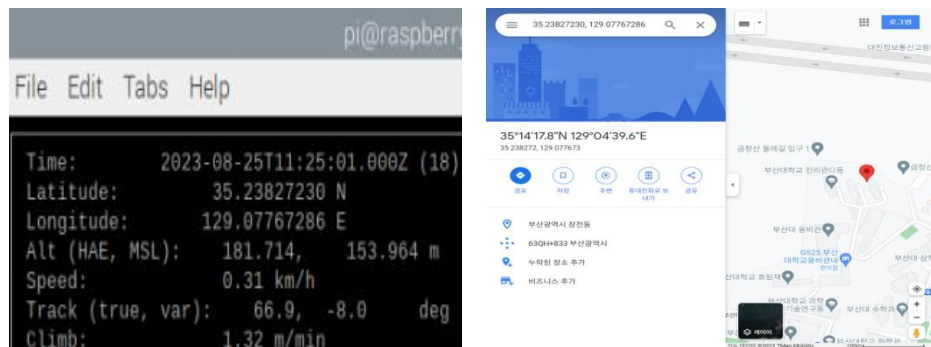


Figure 7. GPS 동작확인

3.1.3. 3D 모델 구현

내부 장치를 보호하기 위해 3D 프린팅을 이용하여 외부 케이스를 제작하였다. 사용한 3D 프린팅 모델은 신도리코 사의 3DWOX DP200이다. 3D 모델링 도구는 Tinkercad를 사용하였으며 규격은 12cm x 8cm x 5cm (W x D x H) 이다. 출력한 결과물은 다음 Figure 8과 같다.

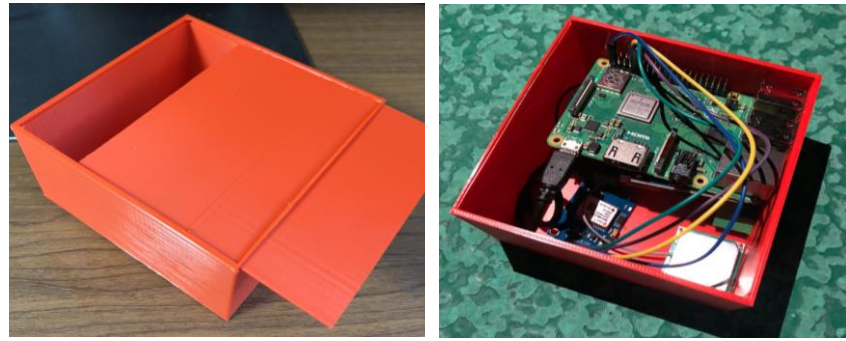


Figure 8. 출력된 케이스 및 보드 구성

3.1.4. 드론에 수집 장치 부착

드론은 DJI Mini2 모델로 이륙 무게는 공식 사이트 사양에 따라서 249g이다. 따라서 이에 맞춘 장치 구성이 필요하였고 라즈베리파이 보드는 45g, 9v 배터리는 37g, 케이스는 70g, GPS 모듈은 12g, DC-DC Converter는 5g으로 총 169g으로 맞추었다.

드론에 장치 부착은 드론 하단 또는 상단에 가능하며 드론 상단 배치로 결정하였다. 그 이유는 아래 그림과 같이 해당 모델에는 많은 주요 센서들이 아래에 배치되어 있기 때문이다. 이에 대한 구성도는 아래 Figure 9에서 확인 가능하다.



Figure 9. DJI Mini2 제품 구성도 및 비행 모습

3.2. 데이터 수집

3.2.1. 측정 위치

부산대학교 정문 부근에 위치한 넉넉한 터 아래에서 측정하였으며 총 16개의 지점에서 측정하였다. 이웃한 각 지점 간의 거리는 5m이며 각 지점 간의 거리 범위는 $5m \sim 5\sqrt{2}m$ 이다. 해당 위치에 대한 지도는 Figure 10에서 확인 가능하다.

실외 환경이기에 유동인구가 많을수록 또는 Wi-Fi 사용자가 많을수록 측정에 어려움이 있었다. 따라서 주로 유동인구가 30분 당 1~2명인 19시 ~ 23시 사이에 측정하였다.

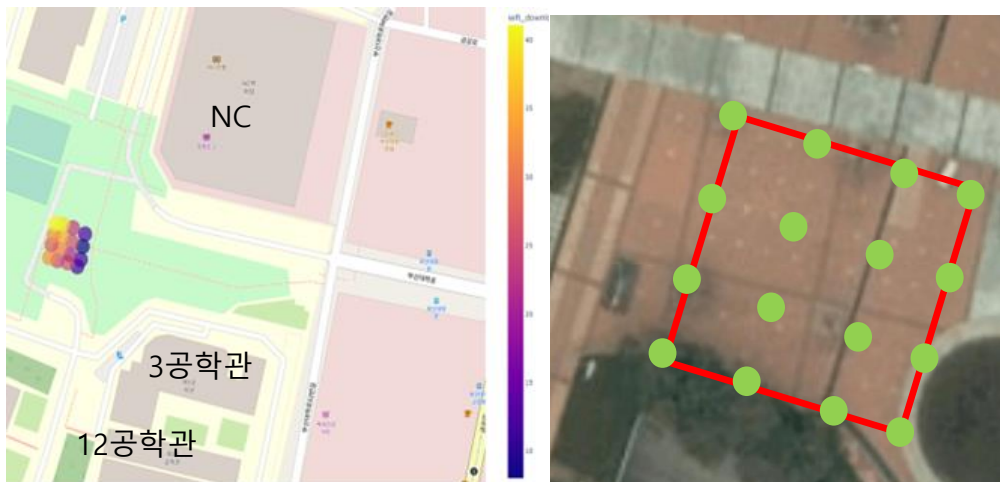


Figure 10. 속도 측정 위치

3.2.2. Wi-Fi 속도 측정 구현

Wi-Fi 측정 라이브러리로 speedtest-cli를 선택하였다. 이를 통해 현재 위치에 연결된 Wi-Fi의 다운로드, 업로드 속도를 수집할 수 있다. 단위는 Mbps이며 GPS와 함께 측정하여 아래 Figure 11과 같은 JSON 형태로 저장 후 서버로 전송한다.

3.2.1 측정 위치에서 언급한 구역에서 실험을 진행하기 전, 실외에서 모바일 핫스팟을 연결하여 거리에 따라 속도의 변화를 실험 해보았다. 실험 결과는 예상처럼 거리가 멀수록 속도가 낮아지는 것을 확인하였다.

다운로드 속도와 업로드 속도 각각 30초씩 소요되어 한번 측정할 때마다 1분이 소요된다. 총 16개의 지점에 평균 속도를 데이터로 가지기에 총 소요 시간은 $16(\text{지점 수}) \times 1\text{min} \times (\text{한 지점에서의 반복 측정 횟수})$ 가 된다. 만약 3번 반복 측정한다면 48분이 소요되며 5번 반복 측정한다면 80분이 소요된다. 이는 최소 소요 시간이며 네트워크와 주변 환경에 따라 변동된다.

```
{
    "wifi_download_speed": 16.27,
    "wifi_upload_speed": 7.37,
    "gps_latitude": 35.23827555,
    "gps_longitude": 129.07767572
}
```

Figure 11. 데이터 JSON 형태

3.2.3. 측정 방식

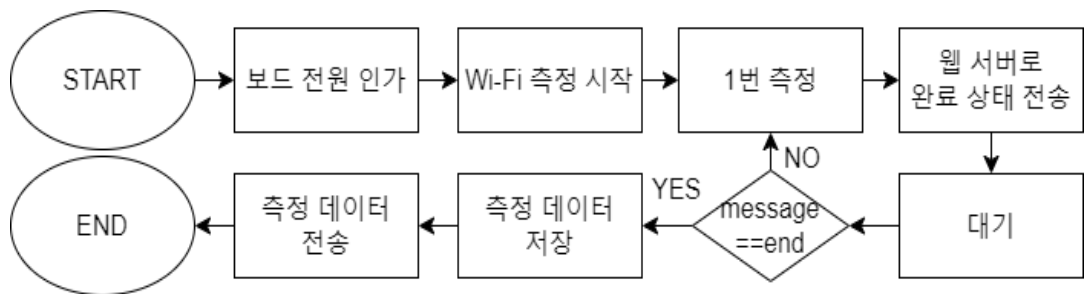


Figure 12. 측정 순서도

측정 순서도는 위 Figure 12와 같다. 보드에 전원이 인가되자마자 측정 코드가 실행된다. 한번 측정할 때마다 웹 서버에 측정하였다는 신호를 POST 통신으로 보낸다. 그 다음 웹 서버로부터 받은 POST의 message를 읽어 다음 동작을 수행한다. Message는 start와 end가 있으며 start는 측정을 계속하고, end는 측정을 종료한 후 JSON 파일을 웹 서버로 전송한다.

위의 방식으로 구현한 이유는 측정을 모니터링 하기 위함이다. 비행 중 측정 이기에 LCD로 확인할 수 없어 VNC라는 원격접속을 사용하였다. 하지만 IP 주소가 172.X.X.X로 구성된 실내 PNU-WiFi와는 달리 10.X.X.X로 구성된 실외 PNU-WiFi는 VNC 원격 접속 시도 시 Time Out이 발생하여 접속할 수 없었다.

따라서 .bashrc 에 코드 실행 명령을 넣어 라즈베리파이가 부팅되자마자 실행하도록 구현하였으며 현재 측정의 모니터링을 위해 라즈베리파이와 웹 서버의 POST 통신을 활용하였다.

3.3. 음영지역 시각화

시각화 도구 중 Plotly 라이브러리를 활용하였다. Folium은 속도 구분을 사용자가 범위를 구분하여 설정해줘야 하지만 Plotly는 전체를 Scale해서 채도에 따라 표현해주기에 더 좋다고 판단했으며 또한 지도 확대 및 축소에서도 이점이 있다고 생각되어 선택하였다. 해당 결과는 아래 Figure 13과 같다.

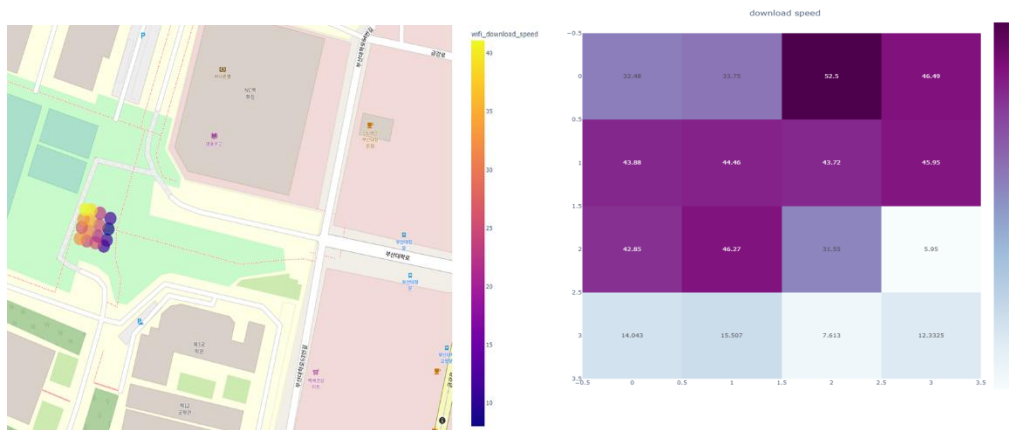


Figure 13. 음영지역 시각화

3.4. 서버 구현

라즈베리파이 보드와 서버 간 통신을 위하여 서버를 구현한다.

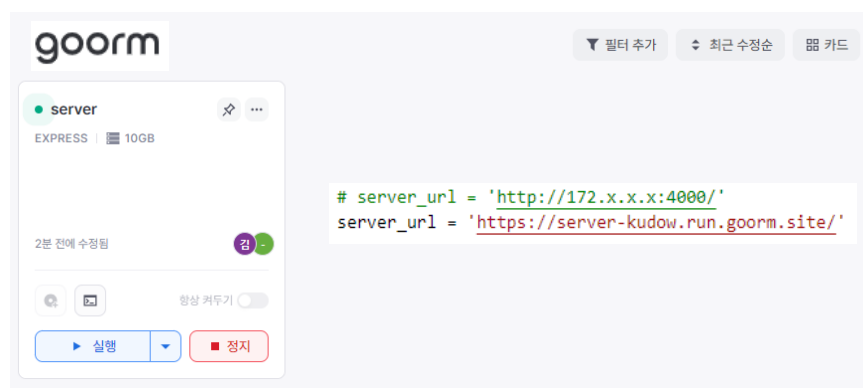


Figure 14. 구름IDE를 이용한 서버 생성

로컬 서버를 이용하여 라즈베리파이 보드와 통신하게 될 경우, 연결하는 Wi-Fi의 IP주소에 따라 접속 주소가 달라지게 되어 라즈베리파이 보드내의 서버 통신 코드를 계속 변경해주어야 하는 불편함이 있다.

이는 Wi-Fi를 계속해서 연결해서 측정하여 서버로 보내는 과정에서 치명적이기 때문에, 보드와의 통신을 원활하게 하기 위해서 Figure 14와 같이 서버를 고정 도메인으로 제공해주는 구름 IDE를 이용하여 서버를 생성한다.

3.4.1. 서버와 보드간 통신

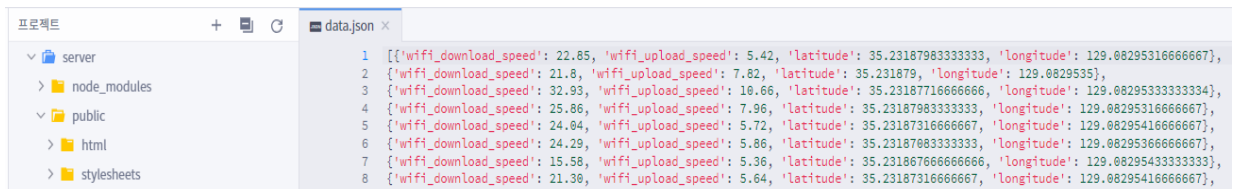


Figure 15. 데이터를 Json 형태로 저장

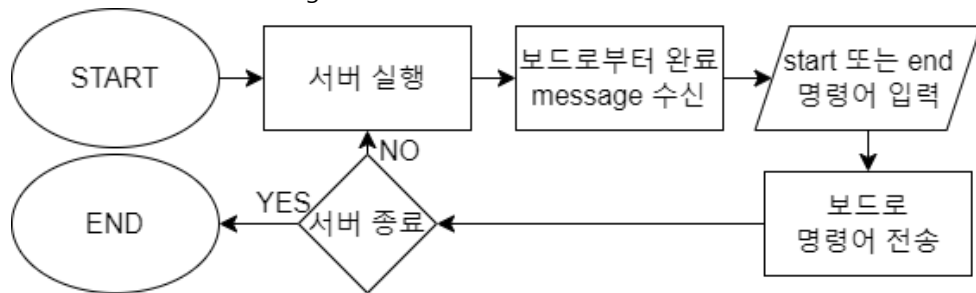


Figure 16. 서버와 보드간 통신 순서도

Figure 15에서 볼 수 있는 것처럼 라즈베리파이 보드를 이용하여 측정한 와이파이 속도 데이터와 GPS 데이터인 위도, 경도 데이터를 서버에 전송하여 Json 형식으로 저장한다. 저장한 데이터는 이후 데이터 시각화와 알고리즘에 사용되어진다.

이러한 서버와 라즈베리파이 보드와의 통신은 Figure 16의 순서도에 나타난 것처럼 서버를 실행하고 보드와 명령어 메시지를 주고받는 식으로 통신을 하여 데이터의 측정을 완료하고 종료된다.

3.5. 위치 특정 알고리즘

3.5.1. 변화율 Regression

와이파이의 속도는 거리에 종속된다. AP 또는 공유기와 가까울수록 높은 속도를 가지게 된다. 이 사실을 바탕으로 확장기 설치 이후의 속도 변화를 예측하고자 하였다. 이것이 가능해진다면 확장기를 설치하지 않고도 확장기 설치 이후의 속도 변화를 예측할 수 있다. 이를 위한 방법으로 확장기 설치 이후 각 지점의 속도 변화량을 학습하는 방식을 선택하였다. 이때 확장기와 현재 지점 간의 거리라는 독립 변수와 속도 변화량이라는 종속 변수가 있기에 인과관계를 파악하고 속도 변화를 예측할 수 있는 regression을 선택했다.

라즈베리파이로부터 전달 받은 실측 데이터로 확장기와 각 지점 간의 거리에 따른 변화율을 회귀로 학습한다. 이때 변화율은 확장기를 설치하기 전에 측정한 속도와 확장기를 설치한 후 측정한 속도 간의 변화율이다.

이렇게 학습시킨 모델은 거리를 입력으로 넣으면 변화율을 출력으로 가져온다. 이를 바탕으로 확장기를 1번 위치에서 16번 위치까지 두면서 확장기를 설치하기 전에 측정한 데이터에 곱하여 새로운 데이터를 만든다. 각 지점에 대한 숫자 할당은 Figure 17에서 확인 가능하다.

총 16 x 16으로 총 256개의 데이터가 생성된다. 확장기를 1번 자리에 뒀을 때 16개 지점에 대한 속도부터 확장기 16번까지의 각 지점들의 속도들이 구해진다. 이렇게 만든 데이터를 분류하였다.



Figure 17. 각 지점 순서

3.5.2. Classification

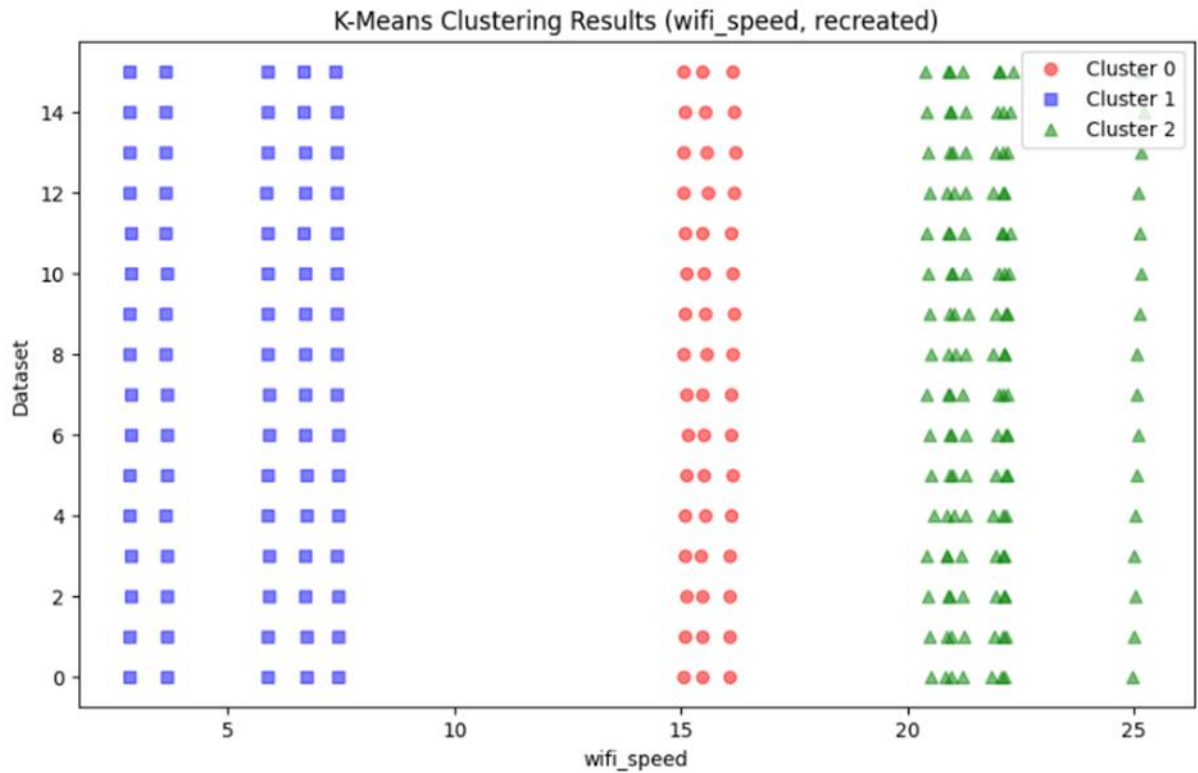


Figure 18. k-means 클러스터링 결과

K-means clustering을 이용하여 생성된 데이터를 3개의 클러스터를 통해 속도 별로 분류한다. Figure 18가 그 결과이며, 클러스터 1은 네모, 클러스터 0은 원, 클러스터 2는 세모로 표현한다.

x축은 와이파이 속도를 나타내며, 0~25 Mbps의 값을 가진다. y축은 각 위치의 Dataset을 의미하며 0~15까지 1번~16번 위치를 나타낸다.

	Dataset	Cluster_1_Count	Count_Rank	Cluster_1_Min	Min_Rank	Mean_wifi_speed	Mean_Rank
0	0	5	1.0	2.833642	14.0	15.481901	15
1	1	5	1.0	2.840334	9.0	15.494735	13
2	2	5	1.0	2.846272	5.0	15.492024	14
3	3	5	1.0	2.849264	2.0	15.476110	16
4	4	5	1.0	2.834814	13.0	15.505200	9
5	5	5	1.0	2.842039	7.0	15.520793	3
6	6	5	1.0	2.849264	2.0	15.517592	4
7	7	5	1.0	2.856489	1.0	15.497752	12
8	8	5	1.0	2.833642	14.0	15.511636	7
9	9	5	1.0	2.840334	9.0	15.528657	1
10	10	5	1.0	2.846272	5.0	15.527238	2
11	11	5	1.0	2.849264	2.0	15.507983	8
12	12	5	1.0	2.830439	16.0	15.499641	10
13	13	5	1.0	2.836054	12.0	15.515926	6
14	14	5	1.0	2.840334	9.0	15.516440	5
15	15	5	1.0	2.842039	7.0	15.498962	11

Figure 19. Clustering 분석 결과

현재 분석을 통해 찾으려고 하는 것은 어떤 위치에 확장기를 두었을 때 가장 음영지역을 잘 커버할 수 있는지를 확인하는 것이므로, 낮은 와이파이 속도를 기준으로 보아야 하기 때문에 확장기를 둔 16개의 위치의 예측 Dataset들의 낮은 속도를 원소로 가지는 클러스터 1을 기준으로 분석한다.

총 3가지의 특성을 설정하였다.

특성을 설정할 때 고려한 것은 단순히 가장 와이파이 속도가 낮은 위치에 확장기를 설치하는 것이 아니라 음영지역과 그 주변의 속도를 모두 잘 높일 수 있는 위치를 특정가능한 특성을 설정하는 것이었다.

첫번째는 클러스터 1의 원소의 개수로 Dataset이 해당 클러스터에 포함된 원소의 개수가 적다는 것은 확장기의 위치가 잘 특정되어 낮은 와이파이 속도를 가지는 위치, 즉 음영지역이 줄어들었다는 판단을 할 수 있는 지표로 보았다.

두번째는 클러스터 1의 최소값의 크기로 각 Dataset의 클러스터 1의 값 중 최소값을 비교하였다. 이는 직접적으로 낮은 와이파이 속도가 개선이 되었는 지 확인할 수 있는 지표로 보았다.

마지막은 각 Dataset의 평균 와이파이 속도를 확인하였다. 현재 확장기의 특성 상, 설치 시에 오히려 속도가 줄어드는 경향이 있기 때문에 음영지역이 해결되었다고 한들 전체적인 속도가 크게 줄어들리면 음영지역을 해결한 의미가 사라지므로 평균 와이파이 속도를 확인하였다.

이러한 특성들을 분석한 뒤에, 클러스터 1의 원소의 개수는 낮은 순으로 정렬

하여 순위를 결정하고 원소의 최소값과 Dataset 별 평균은 높은 순으로 정렬하여 순위를 결정하였다. 위의 Figure 19을 보면 각 Dataset 별 특성의 값과 그에 따른 순위를 확인할 수 있다. Count Rank의 경우 모든 Dataset이 같은 수의 클러스터 1의 원소를 지니므로 모두 동일한 순위를 지니지만, Min Rank는 7번 Dataset, Mean Rank는 9번 Dataset이 높은 순위를 가지는 것을 볼 수 있다.

Product는 각 가중치에 각각의 값을 곱하여 더한 결과로 값이 낮을수록 해당 위치가 클러스터 1의 낮은 속도 집합에 포함된 원소가 적고, 평균적인 와이파이 속도가 높다는 것을 의미한다.

위의 결과를 보면 6번 Dataset이 가장 낮은 Product 값을 가지고 있으므로, 0~15의 Dataset은 1~16의 위치와 같기 때문에 7번 위치에 확장기를 설치할 경우 가장 좋은 결과를 가지는 것으로 예측하고 있다.

4. 연구 결과 분석 및 평가

시간적, 공간적 제한으로 인하여 와이파이 속도에 대한 많은 데이터를 수집하지 못하였다. 또한 초기에 과제를 구상할 때 생각한 확장기의 성능이 예상과 다르게 나타나서 알고리즘을 학습시킬 때 좋은 결과를 가지지 못하였다.

Figure 20을 보면, 확장기를 설치하지 않고 와이파이 속도를 측정하였을 때와 확장기를 설치한 이후의 와이파이 속도가 크게 차이가 나는 것을 볼 수 있다.

이는 확장기를 설치할 경우 거리에 비례해서 설치 전보다 더 속도가 높아질 것이라는 초기 예상과 다른 결과를 가져왔기 때문에 와이파이 확장기 설치 위치 특정 알고리즘을 학습시키는 데에 어려움이 있었다.

또한 Figure 21로 볼 수 있는 이러한 데이터를 회귀모델을 통해 만들어 낸 상승률 예측 또한 좋은 결과를 얻지 못하였다.

```

origin_data = [14.043, 15.507, 7.613, 12.3325, data6 = [7.68, 8.48, 9.84, 8.78,
42.85, 46.27, 31.55, 5.95, 14.49, 10.24, 13.06, 9.99,
43.88, 44.46, 43.72, 45.95, 11.70, 11.06, 11.71, 10.22,
32.48, 33.75, 52.50, 46.49] 14.27, 11.34, 10.65, 4.54]
data7 = [12.05, 13.27, 13.79, 13.38, data16 = [5.71, 7.29, 10.30, 14.14,
14.81, 15.87, 15.73, 15.31, 12.20, 11.61, 14.11, 14.34,
14.10, 13.35, 14.71, 7.84, 8.17, 13.82, 15.26, 17.03,
12.11, 14.14, 14.04, 10.54] 8.42, 12.04, 14.90, 18.54]

```

Figure 20. 각 위치 별 속도 측정 데이터

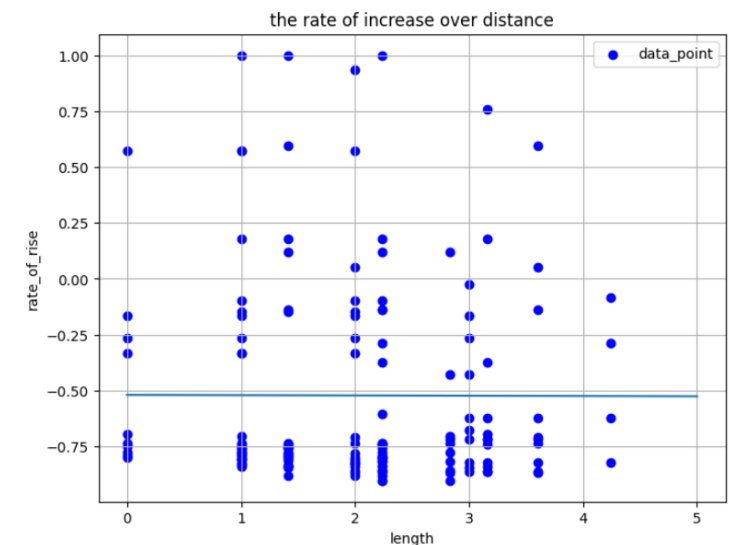


Figure 21. 상승률 예측 결과

Figure 22과 23를 통해 확장기를 이용한 예측 상승률을 통해 만든 16개의 새로운 Dataset과 10개의 실제로 확장기를 설치하여 측정한 Dataset을 비교해 보면 예측 데이터의 클러스터링은 변화율이 적어 모든 데이터가 전체적으로 비슷한 형태를 띠는 반면에 실측 데이터의 클러스터링은 클러스터 1의 원소의 개수도 모두 다르고 다양한 형태를 띠는 것을 볼 수 있다.



Figure 22. 실측 데이터의 클러스터링

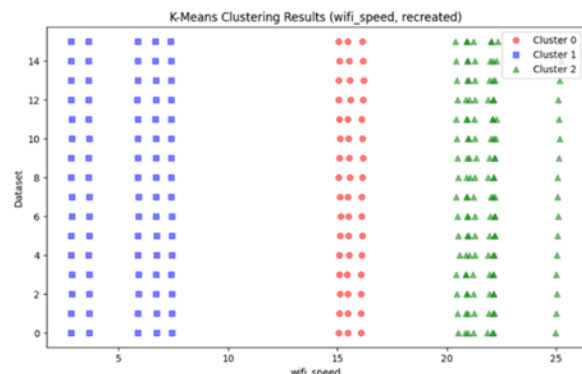


Figure 23. 예측 데이터의 클러스터링

최종적으로 Figure 24, 25를 통해 회귀와 클러스터링을 통한 확장기 설치 위치를 특정하는 결과를 보면 그렇게 큰 일치를 보인다고 할 수는 없다.

실측 데이터의 경우 1,2,3,4,6,7,10,11,13,16번의 10개의 위치에서 측정한 데이터를 기반으로 가중치를 같게 하여 위치를 특정하였는데 3(4번), 7(11번), 4(6번), 9(16번), 6(10번)이 가장 좋은 위치로 특정된 반면, 예측 데이터는 6(7번), 11(12번), 10(11번), 7(8번), 5(6번), 3(4번)이 가장 좋은 위치로 나타나게 되었다.

높은 순위권에 있는 위치들이 실측데이터와 예측데이터에서 어느정도 일치되는 것으로 보이지만 결국 가장 높은 순위는 다르기 때문에 결과적으로는 예측에 실패하였다고 볼 수 있다.

	Count_Rank	Min_Rank	Mean_Rank	Product
3	1.0	1.0	6	2.0
7	2.0	7.0	3	4.7
4	6.0	3.0	7	4.7
9	6.0	4.0	5	4.8
6	2.0	8.0	2	5.0
1	9.0	2.0	8	5.3
5	2.0	10.0	1	5.8
0	8.0	5.0	9	6.7
8	5.0	9.0	4	6.8
2	10.0	6.0	10	8.0

Figure 24. 실측 데이터 분석 결과

	Count_Rank	Min_Rank	Mean_Rank	Product
6	1.0	2.0	4	2.1
11	1.0	2.0	8	2.9
10	1.0	5.0	2	3.2
7	1.0	1.0	12	3.2
5	1.0	7.0	3	4.4
3	1.0	2.0	16	4.5
9	1.0	9.0	1	5.0
2	1.0	5.0	14	5.6
14	1.0	9.0	5	5.8
15	1.0	7.0	11	6.0
1	1.0	9.0	13	7.4
13	1.0	12.0	6	7.5
4	1.0	13.0	9	8.6
8	1.0	14.0	7	8.7
0	1.0	14.0	15	10.3
12	1.0	16.0	10	10.3

Figure 25. 예측 데이터 분석 결과

5. 결론 및 향후 연구 방향

5.1. 결론

본 졸업과제에서는 라즈베리파이와 드론을 이용해 교내 PNU-Wifi의 속도와 GPS를 측정하여 이를 시각화해 지도로 나타내고 회귀모델과 분류모델을 이용해 음영지역을 해결하기 위한 와이파이 확장기의 위치를 특정하였다. 그 결과 드론과 라즈베리파이로 와이파이의 속도를 측정하고 이를 시각화하여 지도에 나타내는 것은 성공하였다. 그러나 회귀모델과 분류모델을 이용한 와이파이 확장기 위치 특정은 어느 정도의 비슷한 결과를 나타내었으나 결과적으로는 위치를 특정하는 데에 실패하였다.

다만, 3.5.3 Classification에서 언급한 주요 특징 3가지에 따라 판단해보았을 때, 위치 특성의 결과가 단순히 와이파이 속도가 가장 낮은 곳을 선택하는 것이 아니라 선택된 위치의 속도는 최저 속도보다 약간 높더라도 그 근방의 속도 분포는 낮은 곳을 선택한다는 점에서 음영지역을 해결하는 데 어느 정도 효율적인 위치 특성의 결과를 확인했다고 생각된다.

5.2. 향후 연구 방향

와이파이 신호를 측정 시에 단순히 와이파이의 속도만을 보는 게 아니라 RSSI와 같은 신호 강도의 세기를 고려하여 신뢰성을 확보하고자 한다. 보드의 경우, 해당 과제에서는 라즈베리파이 3B+ 모델을 사용하였으나 멘토님의 지도 내용처럼 라즈베리파이 nano를 통해 드론에 부담을 최소화하는 방식으로 진행 시 드론 운용에 도움이 될 것이다. 그리고 현재는 하나의 서버에 웹 서버와 데이터 분석이 함께 이뤄지는데 이를 분리하여 보다 안전성과 효율성을 높이하고자 한다.

본 과제에서는 확장기 설치 시 확장기의 성능이 예상한 것만큼 좋지 않아 예상보다 낮은 와이파이 속도를 얻게 된 것도 보완이 필요한 부분이다. 따라서 더 빠른 속도를 제공할 수 있는 확장기를 이용한 측정을 통해 알고리즘을 최적화하여 적은 비용으로 음영지역을 해결하는 방향으로 발전 시키고자 한다.

6. 구성원 별 역할 및 개발 일정

6.1. 구성원 별 역할

이름	역할
김동혜	<ul style="list-style-type: none"> ● 서버 환경 구축 및 개발 ● 드론 운용 ● 보드 경량화 및 3D 프린터 출력 ● 데이터 시각화 개발 및 웹페이지 출력 ● 확장기 설치 지점 선택 알고리즘 개발 ● 보고서 작성 및 발표

- 신호 탐지 기술 개발
- 임베디드 보드와 서버 간 통신 개발
- 보드 경량화 및 3D 프린터 모델링
- 데이터 시각화 개발
- 확장기 설치 지점 선택 알고리즘 개발
- 보고서 작성 및 발표

[illegible]

- [1] Howon Lee, Byungju Lee, Heecheol Yang, Junghyun Kim, Seungnyun Kim, Wonjae Shin, Byonghyo Shim and H. Vincent Poor "Towards 6G Hyper-Connectivity: Vision, Challenges, and Key Enabling Technologies," *Journal of Communications and Networks*, 2023, Vol. 25, no.3, pp.344-354
- [2] Rizwana Ahmad, Moussa Ayyash, Haythem Bany Salameh, Reyad El-Khazali and Hany Elgala, "Indoor Flying Networks for 6G: Concepts, Challenges, Enabling Technologies, and Opportunities," *IEEE Communications Magazine*, 22. Feb. 2023.