

온라인 및 오프라인 음성인식 기반 UAV 원격제어의 성능 비교

최연지*, 김훈희*, 이영욱*, 신수용°

Comparison of the Performance of UAV Remote Control Based on Online and Offline Voice Recognition

Yeon Ji Choi*, Hoon Hee Kim*, Yeong Wook Lee*, Soo Young Shin°

요약

본 논문은 음성인식 플랫폼을 이용한 UAV 원격 제어 시스템을 제안한다. 온라인 음성인식 플랫폼인 Google Assistant와 오프라인 음성인식 플랫폼인 SoPaRe를 이용한 실험을 통해 온/오프라인 음성인식의 성능을 비교하여 무엇이 적합한지 확인한다. 실험은 라즈베리파이를 기반으로 마이크를 통해 사용자의 음성을 입력 신호로 받는다. 입력된 음성이 두 가지 플랫폼을 통해 인식 과정을 거친 후 UAV의 움직임을 제어한다. 실험결과를 통해 온/오프라인 음성인식 시스템의 응답속도를 확인하였으며, 향후 연구 방향에 대해 논의한다.

Key Words : UAV, Voice recognition, Remote Control, Google assistant, Sopare

ABSTRACT

This paper proposes a UAV remote control system using voice recognition platform through an experiment using Google Assistant, an online voice recognition platform, and an experiment using SoPaRe, an offline voice recognition platform. We compare the performance of online and offline voice recognition to see if it is appropriate. Based on raspberry pie, the experiment input the user's voice through the microphone and the input voice goes through recognition process within two platforms and is sent to UAV to control the movement. The results of the experiment can confirm the response speed of each on/off line and discuss the future direction of the study.

1. 서론

세계 무인항공기(UAV : Unmanned aerial vehicle) 시장이 급속도로 성장하고 있는 가운데 활용 분야 또한 다양해 지고 있다. 지진이나 화재 같은 재난 상황에서의 구조용¹⁾, 경찰 및 보안용, 운송, 실내 측위, 기상관측, 해양 자원탐사²⁾ 등 다양한 목적으로 활용되

고 있다. 하지만 UAV 이용자들이 늘어남에 따라 사고 발생률이 증가하였다. 그 중, 사고 원인의 32%는 사용자의 미숙한 조작으로 인해 발생한다³⁾. 현재 UAV 컨트롤러의 인터페이스는 기존의 무선조종 자동차나 모형비행기 등에서 사용하던 인터페이스로, 처음 접하는 사람들은 사용하기 어렵고 전문가들만이 능숙히 조작 가능한 형태이다⁴⁾.

* 이 연구는 2019년 국립대학 육성사업비로 지원되었음

• First Author : Kumoh National Institute of Technology, yzygy@kumoh.ac.kr, 정희원

° Corresponding Author : Kumoh National Institute of Technology, wdragon@kumoh.ac.kr, 종신회원

* Kumoh National Institute of Technology, sdgo2363@kumoh.ac.kr, 정희원; lyw1836@kumoh.ac.kr, 정희원

논문번호 : 202011-281-D-RN, Received November 11, 2020; Revised January 23, 2021; Accepted February 1, 2021

이에 따라 UAV 기동을 위한 다양한 제어방법들이 연구되어 적용되고 있다. 목적과 상황에 따라 조종기를 사용하는 것보다 다른 제어방식으로 UAV를 제어하기가 쉽기 때문이다. 조종기의 한계점을 해결하기 위해 음성⁵⁾, 제스처, 뇌파 등의 다양한 방법들이 활용되고 있다. 사용자 애플리케이션을 통해 음성 데이터를 수집하고 이를 서버로 전송, 딥러닝을 이용하여 온라인 형태로 인식하는 방식으로 UAV를 조종하는 사례⁶⁾가 있다. 하지만 이러한 방식의 경우 다음과 같은 측면에서 한계가 있다. 온라인 인터넷에 연결되지 않고는 음성인식을 수행할 수 없는 근본적인 문제가 존재하고, 인터넷 연결성이 제공된다더라도 음성인식을 위해 원격지 서버에 접속하기 위한 지연시간 등으로 인해 신속한 UAV 제어에 적합하지 않을 수 있다. 본 논문은 이러한 문제를 해결하기 위해 온라인 및 오프라인 음성인식 기반의 UAV 원격제어의 장단점을 분석하고 성능을 비교한다.

자연재해, 테러, 전쟁 등 크고 작은 규모의 재난 등과 같이 사람이 직접 상황을 파악하고 대처를 할 수 없는 상황에서 이러한 인공지능 음성인식과 UAV의 결합⁷⁾은 필수적인 부분이 되었다. 4개의 모터를 사용하는 쿼드콥터 경우에도 프로펠러를 제어할 때 잘못된 키를 입력하는 상황이 발생할 수 있다. 이때 음성 제어는 이러한 문제를 피할 수 있고, 뛰어난 다중작업 또한 지원한다⁸⁾.

유인기의 조종사가 음성으로 무인기를 조종하는 분산 운용 시⁹⁾ 전송량이나 네트워크 안정성으로 인한 음성 데이터 손실이 발생하는 경우가 있다. 지연시간이나 네트워크 문제 또한 고려해야 할 필요가 있다.

본 논문에서는 두 가지 음성인식 플랫폼(온라인 음성인식 플랫폼 : Google Assistant, 오프라인 음성인식 플랫폼 : SoPaRe)을 이용해 실제 UAV의 원격 제어 실험을 하였다. 먼저 각각의 방법들을 비교하고, 실험 결과를 분석해 그에 대한 수행 속도를 비교한다.

논문 구성은 다음과 같다. 제II장에서는 본 논문의 실험에서 이용된 두 가지 플랫폼에 대하여 설명하고 제III장에서는 실험환경 및 플랫폼에 따른 UAV의 원격 제어 실험방법들에 대해 기술 하며 실제 결과들을 비교 분석한다. 그리고 IV장에서 논문의 결론을 맺는다.

II. 본 론

2.1 Google Assistant 기반 음성인식

2.1.1 개요

Google Assistant는 Google이 개발한 지능형 플랫폼이다. 온라인 환경의 라이브러리를 이용한 Google Assistant는 온라인 환경에서만 작동 가능하여 인터넷이 필수적이며 휴대전화나 스피커 등 모바일 기기에 널리 사용되고 있다. Google은 2017년 5월 인공지능(AIY : AI for DIY, AI Yourself) 음성 키트 라는 프로젝트를 시작했다^{6,7)}. 이 장치에는 라즈베리파이3의 GPIO 커넥터에 연결할 수 있는 상단 하드웨어(HAT 보드)와 마이크, 스피커, 아케이드 스타일 버튼 등이 있다. 이 AIY 음성 키트의 음성 비서 기능은 라즈베리파이3 로 대체 가능하다. 본 논문에서는 AIY 음성 키트 없이 라즈베리파이3 기반 구글 어시스턴트를 구현하였다. 라즈베리파이는 저장소의 제한이 있기 때문에 단일 기기로는 직접 머신러닝을 구현하기 어렵다. 따라서 사용자의 음성이 기록되어 자연어 처리를 위한 기계학습 모델이 구현된 구글 클라우드 서비스를 이용한다. 구글 클라우드로 전송된 음성은 자연어 처리 과정(NLP : natural language processing)을 수행하여 토큰화, 구문 분석, 의미 분석, 정보 추출 등을 한다. 사용자의 의도가 파악되면 클라우드 서비스는 대화 생성 단계를 거쳐 라즈베리파이로 결과를 전송하고 스피커를 통해 결과를 출력한다.

그림 1은 Google Assistant의 작동원리를 나타낸 것이다. 핫워드(호출어 : Okay Google)를 통해 구글 어시스턴트를 활성화할 수 있다. 핫워드란 사용자가 원하는 단어로 음성인식 기능을 활성화하는 호출어이다. 사용자의 의도가 충족될 때까지 구글 어시스턴트와 양방향으로 대화가 진행된다. 사용자의 기기는 사용자의 음성을 구글 어시스턴트로 전송하고, 구글 어시스턴트는 HTTP POST 요청을 통해 이를 이행 서비스(Action)로 전달한다. 전달된 음성은 수집한 단어 기반으로 관련 응답을 파악하여 다시 구글 어시스턴

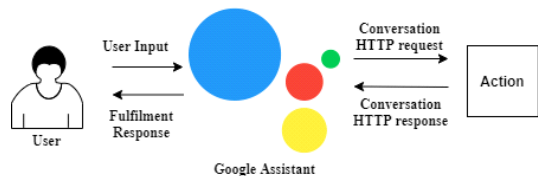


그림 1. 작동원리
Fig. 1. Operation fundamentals

트로 전송하고, 마지막으로 사용자에게 반환한다.

2.1.2 통신 구조

본 논문에서는 Google이 제공하는 Google Assistant SDK 기반으로, 라즈베리파이를 이용해 UAV와 사용자를 위한 온라인 음성인식 시스템을 제안한다. Google Assistant API는 사용자의 Google 계정의 클라우드 콘솔에서 활성화되어야 하며 SDK 파일은 라즈베리파이의 라즈비안 운영체제에 다운로드된다.

그림 2는 Google Assistant 기반 UAV의 원격 제어 실험을 위한 통신 구조를 나타낸다. 구성요소들의 연결과 통신은 유무선으로 나뉜다. 구체적으로 음성인식을 위한 사용자 라즈베리파이는 라즈비안 운영체제에서 구글 클라우드에서 명령을 처리하기 위해 무선 LAN 카드를 통해 로컬 Wi-Fi 네트워크와 연결되어 있다. 이때, 라즈베리파이와 UAV 간의 Wi-Fi와의 연결은 필수적이다. 하지만 UAV 자체 Wi-Fi는 인터넷을 제공하지 않기 때문에 온라인 음성인식을 위해 두 개의 라즈베리파이를 필요로 한다. 음성인식용 라즈베리파이와 UAV 연결용 라즈베리파이는 STT(Speech-to-Text)를 사용하여 명령어를 각 GPIO의 출력으로 전달한다. USB 마이크는 라즈베리 파이내 USB 소켓을 사용하여 사용자 라즈베리파이에 연결되어 사용자는 이 마이크를 통해 명령한다. UAV 라즈베리파이는 UAV의 Wi-Fi로 연결되어 있으며 Ubuntu MATE 운영체제를 이용한다.

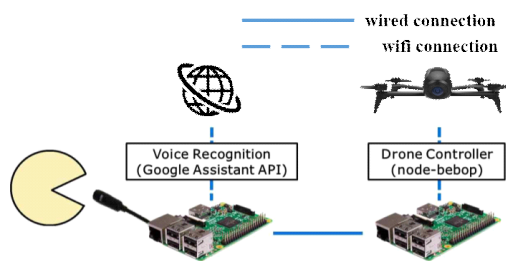


그림 2. 네트워크 연결
Fig. 2. Network connection of UAV for Google assistant

2.2 SoPaRe 기반 음성인식

2.2.1 개요

SoPaRe(Sound Pattern Recognition)는 python 기반으로 라즈베리파이와 같은 마이크로프로세서를 위해 개발된 음성인식 라이브러리이다. 마이크에 실시간으로 입력된 음성의 간단한 특성에 따라 그 패턴을 식

별해낼 수 있다. 또한, 클라우드 API에 대한 종속성이 없어서 오프라인으로 동작할 수 있다.

SoPaRe는 학습된 결과에 따라 단어나 패턴을 감지하기 때문에, 결과를 얻기 위해서 원하는 출력 음성 데이터를 수집하고 학습하는 training 단계가 필요하다. SoPaRe는 언어에 국한되지 않고 소리의 패턴을 인식하기 때문에 사전에 입력만 해준다면 모든 언어로 학습 및 식별을 할 수 있다. 또한, 입력된 음성을 사전에 학습시킨 음성과 비교하기 때문에 처리속도가 빠른 장점이 있다. 이러한 특성을 이용해 SoPaRe는 로봇, 스마트 미러와 같은 홈 컨트롤 시스템에 사용되고 있다.

그림 3은 SoPaRe의 작동원리이다. 알고리즘의 thread 1 에서 마이크를 통해 음성을 듣고 데이터의 chunk를 기록한다. thread 2 에서는 thread 1 에서 기록된 chunk가 음량 측면에서 비교된다. 하나의 chunk 볼륨이 임계값 이상일 때마다 chunk(언어 학습자가 한꺼번에 하나의 단위처럼 배울 수 있는 어구)가 변하고 필터링 되면서 특성이 생성된다. 그 특성의 고리는 training 된 결과와 비교되며, 플러그인은 thread 3 에서 호출된다. 또한, 함수 'run'에 의해서 인식된 각각의 소리와 해당 ID를 배열화 한다. 더 많은 단어가 인식되면 인식된 단어의 순서대로 저장된다. 이처럼 호출된 모든 플러그인을 순서대로 호출하여 복잡하거나 긴 음성을 실행할 수 있다.

본 논문에서는 SoPaRe의 오프라인 음성인식 시스템을 구현하였다. 인터넷이 필요한 Google Assistant와 성능 비교를 통하여 빠른 응답속도를 입증하고 UAV에 적용해 효율적인 원격 제어를 목표로 한다.

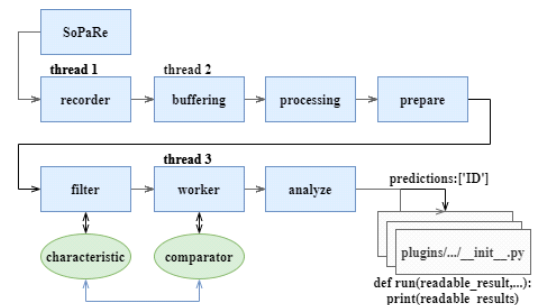


그림 3. 작동원리
Fig. 3. Operation fundamentals

2.2.2 통신 구조

그림 4는 SoPaRe 기반 UAV의 원격 제어 실험을 위한 통신 구조이다. 한 개의 라즈베리파이가 사용되

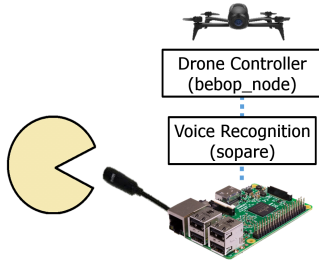


그림 4. 네트워크 연결
Fig. 4. Network Connection of UAV for SoPaRe

며 음성인식을 위한 USB 마이크는 USB 소켓을 사용한다. 또한, Ubuntu MATE 운영체제에서 Wi-Fi 네트워크로 UAV와 연결한다.

III. 실험

3.1 실험 장비 및 실험 환경

온라인 음성인식 기반 실험은 라즈베리파이 3B 두 개를 bread board를 통해 GPIO 연결을 하고 무선 통신을 위해 이지넷의 USB 무선랜카드를 사용하였다. 또한, 오프라인 음성인식 기반 실험은 한 개의 라즈베리파이 3B를 이용하였다. 공통으로 음성인식을 위한 마이크는 shenzhen에서 지원하는 USB 마이크를 사용하였고 UAV로 parrot사의 bebop 2 drone으로 실험되었다. 자세한 실험 장비는 표 1에 나타내었다.

실험은 [takeoff, left, up, right, down, land] 순으로 음성이 입력되며 좌·우 1m, 상·하 0.5m로 UAV가 기동하게 된다. 실험은 총 6가지로 명령어가 음성인식을 통한 제어 시 UAV 구동까지의 수행시간과 명령어에 따른 UAV의 실시간 위치변화를 측정하였다.

이 실험에서는 입력된 음성이 인식 실패되는 경우나 잘못된 문자 데이터로 변환하는 과정은 없었다.

표 1. 사용 장비
Table 1. Equipment used.

company	Raspberry pi	Shenzhen	Parrot	eznet
model name	raspberry pi 3B	USB microphone	bebop drone 2	USB wireless LAN card

3.2 Google Assistant 기반 UAV 원격 제어

3.2.1 실험방법

그림 5는 실험을 위한 구현환경을 나타낸다. 6개의 PIN을 사용하여 각 라즈베리파이마다 같은 핀 번호를

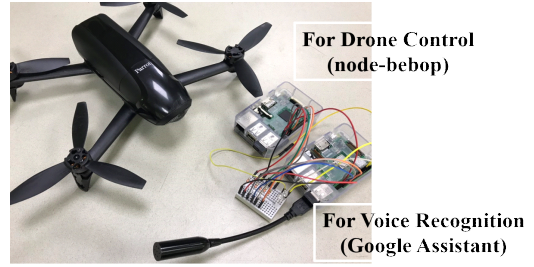


그림 5. 구현환경
Fig. 5. implementation environment

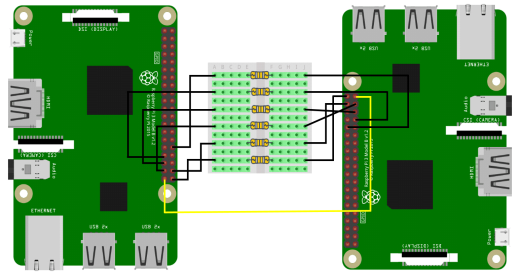


그림 6. GPIO 연결
Fig. 6. GPIO connection

연결해야 한다. 각 연결된 GPIO PIN 숫자는 다음과 같으며 그림 6에서 연결된 GPIO PIN 정보를 자세히 확인할 수 있다.

GPIO PIN number : 32(take off), 33(left), 35(up), 37(right), 38(down), 40(land), 39(GND)

3.2.2 실험결과

그림 7은 마이크를 통해 입력된 음성에 대한 사용자 라즈베리파이의 인식 결과이다. 입력된 음성에 따라 UAV 라즈베리파이로 전송된 정보는 Node.js로 작성한 소스에 따라 UAV가 기동하게 된다. 이때, 입력된 음성 데이터는 문자 데이터로 변환되어 전송된다.

표 2는 입력된 음성에 의해 UAV의 동작이 실행된 수행시간을 나타낸다. 표 1에서 UAV가 takeoff부터

표 2. UAV 기동 수행시간
Table 2. Time of starting for UAV movement.

command	Time(sec)
takeoff	3.471896
left	10.89343
up	17.28039
right	23.29667
down	29.73359
land	36.93835

```

ON_CONVERSATION_TURN_STARTED
ON_END_OF_UTTERANCE
ON_END_OF_UTTERANCE
ON_RECOGNIZING_SPEECH_FINISHED:
{"text": "take off"}
Drone take off
Open GPIO
---in makeData()---
---in writeData()---
ON_CONVERSATION_TURN_FINISHED:
{"with_follow_on_turn": false}
and point, ready

ON_CONVERSATION_TURN_STARTED
ON_END_OF_UTTERANCE
ON_END_OF_UTTERANCE
ON_RECOGNIZING_SPEECH_FINISHED:
{"text": "up"}
Drone turn up
Open GPIO
---in makeData()---
---in writeData()---
ON_CONVERSATION_TURN_FINISHED:
{"with_follow_on_turn": false}
and point, ready

ON_CONVERSATION_TURN_STARTED
ON_END_OF_UTTERANCE
ON_END_OF_UTTERANCE
ON_RECOGNIZING_SPEECH_FINISHED:
{"text": "down"}
Drone turn down
Open GPIO
---in makeData()---
---in writeData()---
ON_CONVERSATION_TURN_FINISHED:
{"with_follow_on_turn": false}
and point, ready

ON_CONVERSATION_TURN_STARTED
ON_END_OF_UTTERANCE
ON_END_OF_UTTERANCE
ON_RECOGNIZING_SPEECH_FINISHED:
{"text": "right"}
Drone turn right
Open GPIO
---in makeData()---
---in writeData()---
ON_CONVERSATION_TURN_FINISHED:
{"with_follow_on_turn": false}
and point, ready

ON_CONVERSATION_TURN_STARTED
ON_END_OF_UTTERANCE
ON_END_OF_UTTERANCE
ON_RECOGNIZING_SPEECH_FINISHED:
{"text": "left"}
Drone turn left
Open GPIO
---in makeData()---
---in writeData()---
ON_CONVERSATION_TURN_FINISHED:
{"with_follow_on_turn": false}
and point, ready

ON_CONVERSATION_TURN_STARTED
ON_END_OF_UTTERANCE
ON_END_OF_UTTERANCE
ON_RECOGNIZING_SPEECH_FINISHED:
{"text": "Land"}
Drone Land
Open GPIO
---in makeData()---
---in writeData()---
ON_CONVERSATION_TURN_FINISHED:
{"with_follow_on_turn": false}
and point, ready
    
```

그림 7. 사용자 라즈베리파이의 터미널 창
Fig. 7. User raspberry pi terminal

land 되기까지 실험에 든 시간은 약 37초이다. 또한, 입력된 음성이 UAV 라즈베리파이에 전달되어 UAV가 각 명령을 받아 동작이 시작되기까지의 평균 응답 속도는 약 6.70초이다. 이때, 핫워드인 구글 어시스턴트를 불러내야만 기능을 수행할 수 있으므로 본격적인 음성인식 기능을 시작하기까지 시간이 소모된다.

그림 8은 온라인 음성인식인 Google Assistant를 기반으로 인식된 음성을 통해 제어된 UAV의 위치변화를 나타낸다. 사전에 사용자의 음성을 학습시키는 형식이 아니라 온라인 음성인식 플랫폼(Google assistant)에서 음성을 인식하기 때문에 주요 사용자뿐만 아니라 다른 사용자의 음성도 인식률과 정확도가 상당히 높다. 또한, 문장 단위의 음성까지도 인식할

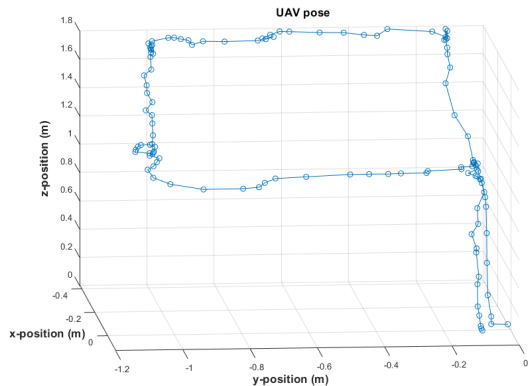


그림 8. UAV의 위치
Fig. 8. Position of UAV

수 있어 더 복잡한 명령도 처리할 수 있다. 하지만 인터넷을 통해 Google Assistant와 연결해야 하므로 총 2대의 라즈베리파이가 필요하고 이는 음성을 인식하고 명령을 수행하는 데까지 지연을 초래한다. Wi-Fi를 이용함으로써 생긴 지연된 수행시간의 단점은 LTE 통신망을 이용함으로써 시간을 단축할 수는 있다. 그러나 유/무선 인터넷을 이용할 수 없는 상황에서는 온라인 음성인식을 사용할 수 없으므로 공간의 제약이 뒤따른다. 예를 들어 정찰용 UAV 운용 시 UAV가 통신이 잘되지 않는 산간지역으로 들어가게 된다면 온라인 음성인식 또한 이용하는 데에 어려움이 있다.

3.3 SoPaRe 기반 UAV 원격 제어

3.3.1 실험방법

그림 9는 SoPaRe 음성인식 플랫폼의 개요도이다. 음성인식 실험을 위해선 사전 단계를 거쳐야 한다. 입력데이터 voice 1에 해당하는 음성이 마이크에 입력되어 학습을 진행한다. 입력의 크기가 지정된 임계값에 도달하면 학습이 진행된다. 일반적으로 각 음성 명령어 당 3개 정도의 훈련 표본이 적절했다. 학습 후에 내부 Dictionary를 생성하여 학습 데이터를 저장한다. 다음으로 저장된 데이터를 기반으로 실제 테스트를 진행한다. 새로운 음성 입력 voice 2의 음성이 학습 후 저장된 단어와 일치하면 UAV는 제어된다.

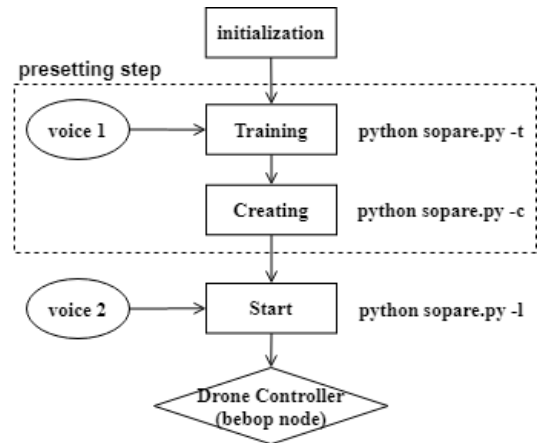


그림 9. SoPaRe 개요도
Fig. 9. Overview of SoPaRe

3.3.2 실험결과

흔히 사용되고 있는 음성인식 API 기술들은 대부분 온라인에서 사용할 수 있지만, SoPaRe는 인터넷의 제약 없이 오프라인으로 동작할 수 있다. 또한, 인터

넷 연결에 신경을 쓰거나 핫워드를 통해 예비 음성을 입력할 필요 없이 바로 사용할 수 있으며, 학습된 음성을 비교하는 시스템으로 온라인 환경에서의 음성을 분석하고 비교하는 것보다 직관적이고 빠르게 동작함을 확인하였다. 그러나 데이터 관리 및 보관의 측면에서는 제한적이다. 복잡한 명령어를 저장하거나 비교할 수는 없고 간단한 단어나 단순한 문장의 비교만 빠르게 가능하다는 단점이 있었다.

표 3은 명령어에 의해 UAV의 동작이 실행된 수행 시간을 나타낸다. 표 3에서 알 수 있듯이 UAV가 takeoff부터 land 되기까지 실험에 든 총 시간은 약 26초이다. 또한, 입력된 음성이 라즈베리파이 2에 전달되어 UAV가 각 명령을 받아 동작이 시작되기까지의 평균 응답속도는 약 4.71초이다.

그림 10은 오프라인 음성인식인 SoPaRe를 기반으로 인식된 음성을 통해 제어된 UAV의 위치변화를 나타낸다.

표 3. UAV 기동 수행시간
Table 3. Time of starting for UAV movement

command	Time(sec)
takeoff	1.472089
left	4.66855
up	9.570759
right	14.77638
down	20.17816
land	25.07172

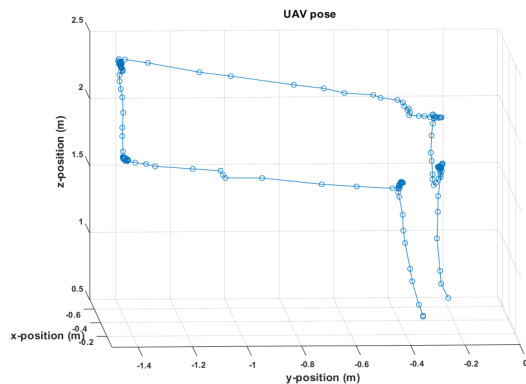


그림 10. UAV의 위치
Fig. 10. Position of UAV

3.4 비교 및 성능 분석

표 4는 실험을 통해 온라인 음성인식 플랫폼인 Google Assistant와 오프라인 음성인식 플랫폼인

표 4. 온/오프라인 음성인식 성능 비교
Table 4. On/Off-line Voice Recognition Performance Comparison.

platform	speed of response	hotword	sentence	internet
Google Assistant	3.16 sec	O	O	O
SoPaRe	1.23 sec	X	X	X

SoPaRe의 성능이다.

Google Assistant 기반 음성인식 시스템의 경우 명령 전 핫워드 입력이 필수이기 때문에 실제로 응답속도가 느림을 확인했다. 또한, 두 개의 라즈베리파이 입력과 출력 과정을 거쳐야 하므로 응답속도가 더 늦춰졌다. 그리고 인터넷이 필요하므로 통신 환경의 제약은 받으며, Google 사의 음성 데이터를 사용하기 때문에 사용자의 발음과 억양이 인식률에 영향을 미친다.

SoPaRe 기반 음성인식 시스템은 문장 인식 기능은 갖추지 않았기 때문에 단어로만 음성인식이 가능했다. 하지만 로컬 Wi-Fi를 위한 라즈베리파이가 필요하지 않아 한 개의 라즈베리파이로 구현할 수 있었다. 이는 한 개의 입출력 과정을 거치므로 응답속도를 최소화할 수 있다. 이 플랫폼은 인터넷이 필요하지 않아 통신 환경에 제약을 받지 않는다는 장점이 있다. 또한, 사용자의 음성을 사전에 학습할 수 있음에 따라 복잡한 인식이 필요하지 않아 사용자는 발음이나 억양에 영향을 받지 않는다는 장점이 있다. 또한, 사용자의 음성을 사전에 학습할 수 있음에 따라 복잡한 인식이 필요하지 않아 사용자는 발음이나 억양에 영향을 받지 않는다.

IV. 결론

본 논문에서는 사용자의 음성인식을 통한 UAV 원격 제어 시스템을 제안하였다. 이때, 온라인 음성인식 플랫폼인 Google Assistant와 오프라인 음성인식 플랫폼인 SoPaRe를 활용해 각각 UAV 원격 제어 시스템을 구현하고 성능을 비교하였다.

실험을 통해, 효율적인 UAV의 원격 제어를 목표로 각각의 플랫폼의 특성을 확인하였다. 온라인 기반 음성인식 플랫폼인 Google Assistant는 이미 존재하는 데이터에서 음성을 인식하므로 인식률과 정확도가 높고 문장 단위까지 인식할 수 있었다. 하지만 인터넷을 사용해야 하므로 통신 환경의 제약이 따르며 핫워드 과정이 수행시간을 증가시키는 단점이 있다. 그러나 오프라인 기반 음성인식 플랫폼인 SoPaRe는 인터넷

사용이 필수적이지 않아 통신 환경에 제약이 없고, UAV로 음성 명령이 바로 입력이 되어 실험결과로 응답속도가 더 빠른 것을 확인하였다. 하지만 사전 학습 시 입력되는 음성 데이터를 이용하므로 사용자의 제약이 있을 수 있다.

추후 본 시스템을 기반으로 입력 데이터 수에 관한 확장 연구를 통해 더욱 다양한 UAV 원격 제어 시스템을 기대한다. 또한, 특정 시나리오나 상황에 따라 플랫폼을 바꾸어 가며 이용할 수 있는 추가적인 연구가 가능하다. 그리고 높은 정확도를 위해 잡음 제거를 위한 음성처리 분야로 확장 연구가 필요하다.

References

[1] C. Sampedro, A. Rodriguez-Ramos, H. Bavle, A. Carrio, P. de la Puente, and P. Campoy, "A fully-autonomous aerial robot for search and rescue applications in indoor environments using learning-based techniques," *J. Intell. & Robotic Syst.*, vol. 95, no. 2, pp. 601-627, 2019.

[2] J. L. Huang and W. Y. Cai, "UAV low altitude marine monitoring system," *2014 Int. Conf. Wireless Commun. and Sensor Netw.*, pp. 61-64, Wuhan, China, Dec. 2014.

[3] S. D. Manning, C. E. Rash, P. A. Leduc, R. K. Noback, and J. McKeon, "The role of human causal factors in US Army unmanned aerial vehicle accidents," *Army Aeromedical Res. Lab Fort Rucker AL*, Mar. 2004.

[4] C. Graff, "Drone piloting study," Univ. of Italian Switzerland, 2016.

[5] H. W. Lee and H. S. Jeong, "Speech recognition system for intelligent home network system," *J. KICS*, vol. 33, no. 4, pp. 162-167, 2008.

[6] M. Landau and S. van Delden, "A system architecture for hands-free UAV drone control using intuitive voice commands," in *Proc. the Companion of the 2017 ACM/IEEE Int. Conf. Human-Robot Interaction*, pp. 181-182, New York, United States, Mar. 2017.

[7] G. M. Nam, S. Y. Kim, R. Y. Sin, and E. R. Jeong, "Implementation of hands-free drone controller using amazon voice recognition

service," in *Proc. KICS 2018*, pp. 1004-1005, Jeongseon, Korea, Jan. 2018.

[8] A. R. Fayjie, A. Ramezani, D. Oualid, and D. J. Lee, "Voice enabled smart drone control," in *2017 Ninth ICUFN*, pp. 119-121, Milan Italy, Jul. 2017.

[9] J. S. Park, "Study of speech recognition system operation for voice-driven UAV control," *J. Korean Soc. for Aeronautical & Space Sci.*, vol. 47, no. 3, pp. 212-219, 2019.

최연지 (Yeon Ji Choi)



2019년 2월 : 금오공과대학교 전
자공학부 졸업
2021년 2월 : 금오공과대학교 IT
융복합공학과 석사
<관심분야> 로봇프로그래밍
[ORCID:0000-0003-2344-9890]

김훈희 (Hoon Hee Kim)



2020년 2월 : 금오공과대학교 전
자공학부 졸업
2020년 3월~현재 : 금오공과대
학교 IT융복합공학과 석사과
정
<관심분야> 로봇프로그래밍

[ORCID:0000-0003-3534-3276]

이 영 욱 (Yeong Wook Lee)



2020년 2월 : 금오공과대학교 전
자공학부 졸업

2020년 3월~현재 : 금오공과대
학교 IT융복합공학과 석사과
정

<관심분야> 사물인터넷

[ORCID:0000-0003-2180-6161]

신 수 용 (Soo Young Shin)



1999년 2월 : 서울대학교 전기
공학부 졸업

2001년 2월 : 서울대학교 전기
공학부 석사

2006년 2월 : 서울대학교 전기
공학부 박사

2010년~현재 : 국립금오공과대
학교 전자공학부 교수

<관심분야> 5G/B5G 무선 접속 기술, 드론 응용,
혼합 현실, 블록체인, 머신러닝 및 딥러닝

[ORCID:0000-0002-2526-2395]