

클라우드 서버 기반 GCS를 통한 UAV 원격 제어

Remote control of UAVs through Cloud Server-Based GCS

소 윤 서¹ · 권 민 재¹ · 이 태 균¹ · 김 병 국^{1*}

¹삼육대학교 컴퓨터공학부

Yoon-seo So¹ · Min-jae Kwon¹ · Tae-kyun Lee¹ · Byoung-kug Kim^{1*}

¹Division of Computer Science and Engineering, Sahmyook University, Seoul 01795 Korea

[Abstract]

With the advancement of technology and the increasing use of drones, the importance of drones in various industries is growing. However, existing GCSs are difficult for individuals or small businesses to use due to limitations in communication range, complex structures, and high cost. To solve this issue, this study designed a GCS that can remotely control drones through a Bluetooth repeater. When a user transmits a command to a server through an interface, the server relays command to the repeater, and the repeater controls the drone through Bluetooth signals. A key feature of this GCS is that low cost drones, which cannot be equipped with Wi-Fi modules, can be remotely controlled through a cloud server. And this point is expected to greatly enhance the use of low cost drones.

I. 서 론

무선 통신기술과 전자 제품을 소형화하는 기술이 발전함에 따라, 다양한 센서와 모듈을 탑재한 무인 항공기, 즉 드론 기술도 크게 발전하였다[1]. 드론을 활용하는 산업들 또한 기술 발전의 영향을 받았는데, 국내에서는 농업/방제, 측량/탐사, 촬영/레저, 교육 등의 영역에서의 드론 시장이 높은 성장률을 기록하였다. 이러한 산업의 다각화에 따라 국내에도 완제품이나 드론의 부품을 생산하는 업체가 증가하고 있으며 이는 개인사업자와 저자본 기업의 접근성을 높여 산업 전반에 걸친 혁신을 가속화하고 있다[2].

이처럼 드론의 활용도와 중요성이 높아짐에 따라, 드론의 효과적인 관리와 제어를 위한 지상관제 시스템의 역할 또한 중요해지고 있다. GCS(ground control system)는 드론의 임무를 설정하고 이를 위한 데이터 수집 및 조종 등의 기능을 제공하는 관제 시스템으로, 복잡한 요소와 수요 부족 등을 원인으로 하드웨어나 소프트웨어적으로 많은 자원이 필요했던 과거와 달리, 현재에는 드론 산업의 다각화와 관련 오픈 소스의 발전을 통해 저비용으로 높은 휴대성과 사용자 편의성을 제공하는 GCS 연구들이 진행되고 있다[3].

다만, 현재의 GCS에는 여러 문제점이 존재하는데, 저가형 GCS의 경우, 짧은 통신 거리와 체계화되지 않은 제어 요소로 인해 드론을 세밀하게 조종하거나 기능적 활용성이 떨어지며, 공간적으로 분리된 위치에서 원격으로 조종하는 기능 또한 제공하지 않는다. 반면 고성능 GCS의 경우, 높은 이용 비용을 필두로, 지나치게 복잡한 제어 요소들과 하드웨어에 부담을 주는 성능으로 인

하여 저가형 드론을 제어하는데는 적합하지 않다. 이러한 점들은 현재 존재하는 GCS들이 개인 및 소규모 사업체가 운용하기에는 한계가 존재한다는 점을 시사한다.

본 논문에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 클라우드 서버 기술을 활용한 공용의 GCS를 제안한다. 서버를 통해 드론과 사용자 간의 공간적 한계를 극복하고 GCS가 줄 수 있는 부하를 클라우드 컴퓨팅 환경을 통해 최소화하여 기존 GCS가 갖고 있던 공간과 성능의 한계를 극복하고자 한다. 이를 통해 드론 운용의 편의성을 높이고 저가형 드론의 활용 가능성을 확대하여 다양한 산업 분야에서의 응용 가능성을 증대시키는 것을 목표로 한다.

II. 제안 설계

본 연구의 목적은 저가형 드론의 사용자들도 원활한 원격 제어를 활용할 수 있는 클라우드 기반의 GCS를 구현하는 것이며, 전제 조건으로는 사용자와 드론이 모두 클라우드 서버에 연결된 상태를 유지하는 것이 중요하다. 이를 위해 드론의 임무 범위에 네트워크 중계기를 설치하여, 드론이 언제든지 서버와 연결될 수 있도록 한다. 이때 드론에 와이파이 모듈을 탑재하기 어려운 저가형 드론의 상황을 고려하여, 중계기를 통해 서버와 드론 사이 통신을 블루투스를 통해 중계하는 방안을 채택하였으며, 블루투스5.0 이상의 모듈을 장비하는 것으로 중계기를 중심으로 최소 수십M 이상의 임무 범위를 확보할 수 있다.[4]

* Corresponding Author

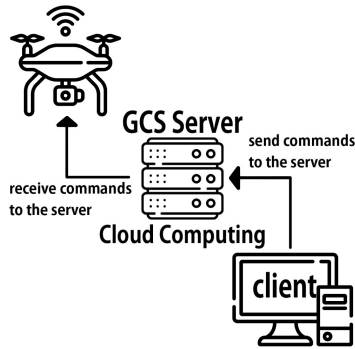


그림 1. 클라우드 서버 기반 GCS 아키텍처

전체 GCS 아키텍처는 그림1에 보여진 바와 같다. 제어 인터페이스와 중계기가 서버에 연결되어 있고, 드론과 중계기가 블루투스를 통해 연결되어 있다는 가정하에 사용자가 인터페이스를 통해 제어 명령을 입력하면, 해당 명령이 드론이 이해할 수 있는 형태로 매핑 및 패킹되어 서버로 전송된다.

서버는 해당 명령을 수신 후, 이를 클라우드 DB에 로그형태로 기록하고 중계기로 송신하게 되며, 중계기는 서버로부터 받은 명령을 블루투스 신호의 형태로 드론에 전달하는 것으로, 최종적으로는 드론이 사용자의 명령에 따라 제어될 수 있도록 한다.

III. 제안 구현

드론의 경우 8비트 MCU 기반의 보드[6]를 주 제어기로 하여 제작되었으며, 다양한 상업용 모듈 및 센서를 사용하여 구성하였다. 기능적으로는 자이로센서를 통해 X, Y, Z축의 기울기와 각속도를 측정할 수 있고, 수직 센서를 통해 지면과의 거리를 계산하여 해당 값들을 통한 상호 작용을 할 수 있으며, HC-05 모듈을 활용하여 양방향 시리얼 통신이 가능하다. 드론 제어 프로그램은 Arduino IDE와 오픈 소스 기반의 프리 소프트웨어인 Multiwii[6]를 통해 구현하였다.

제어 인터페이스와 중계기 내부의 서버 통신 및 블루투스 신호 전달 프로그램의 경우 C#으로 구현하였다. 또한 중계기의 하드웨어는 휴대용 컴퓨터를 사용하였다.

추가적으로 C++을 통해 제어 인터페이스와 중계기 사이 통신을 담당할 서버 또한 구현하였는데, 이는 서버를 통해 구체적인 통신을 확인하고 각 프로그램을 알맞게 디버깅할 필요성에 구현한 것으로 설계상 실제로는 클라우드 서버를 사용하는 것이 적합하다.

표 1. 소프트웨어의 종류별 세부 기능

소프트웨어 종류	세부 기능
드론 내부 제어	수신 받은 명령에 따른 내부 장치 제어
제어 인터페이스	사용자의 입력에 따른 제어 명령 생성, 통신프로토콜에 맞춰 패킹 후 서버로 송신
중계 인터페이스	서버로부터 수신받은 명령을 시리얼 통신으로 드론에 전달
서버 프로그램	네트워크를 통해 연결된 사용자들간 통신, 디버깅에 활용될 각종 로그 기록, 저장

IV. 실험 및 결과

본 실험의 목적은 해당 GCS에서 서버를 통한 원격 조종을 실행 시, 명령 전송 지연 및 명령 손실 여부를 파악 및 분석하는 것으로, 이를 위해 사용자 컴퓨터와 중계기의 GPS 데이터 및 전송 시간, 제어 명령어 등을 로그 형태로 기록하여 이를 비교, 분석하였다. 이러한 분석을 통해 실제 비행중 발생할 수 있는 통신 지연 및 신호의 손실 문제를 파악하고 GCS의 신뢰성을 평가하고자 한다.

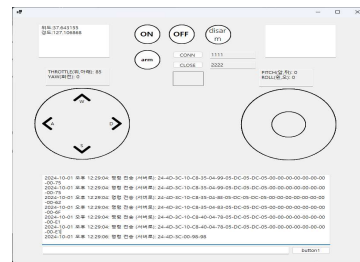


그림 2. 사용자 제어 인터페이스

실험을 위한 위경도값은 그림 2와 그림 3에서 보여주는 바와 같이 37.643155, 127.106868에서 37.644524, 127.105423로 약 200m 거리이며 모든 영역에서 와이파이 환경에 연결되어 실험을 진행하였다.



그림 3. 중계 프로그램 동작 예

실험결과를 분석해 보면 사용자 인터페이스에서 서버를 거쳐 중계기로 데이터가 도착한 이후 다시 드론으로 데이터를 송신하는 과정까지 지연은 전혀 발생하지 않았음을 파악할 수 있었다. 그러나 표2의 주요 로그 분석에 나와 있듯 중계기에서 서버로부터의 명령을 드론으로 전달할 때, 명령이 분리되지 않고 두 개의 명령이 하나의 명령으로 전송되어 결과적으로는 드론이 해당 신호를 이해

하지 못하는 경우가 존재한다는 것을 파악할 수 있다. 이는 사용자 인터페이스에서 명령 전달이 너무 빠를 시 발생하는 문제로 서버가 데이터를 송신할 때 이를 전부 처리하지 못하여 발생하는 오류로 파악된다. 다만 해당 오류의 경우 매번 일어나는 것이 아닌 전체 명령 168번중 4번 즉, 2.38%의 빈도로 일어나며, 그때마다 그 전, 후의 근사값에 해당하는 제어 명령들이 드론의 제어를 유지해 주기때문에 드론에 제어에는 영향을 미치지 않는 것으로 파악되었다. 해당 오류를 명시적으로 해결하기 위해서 제어 인터페이스의 데이터 갱신 주기를 설정하거나 서버의 처리 로직을 개선하는 방식으로 해결이 가능할 것이다.

표 2. 실험 주요 로그 분석

로그 번호	사용자 로그	중계기 로그	손실 여부
1	2024-10-01 오후 12:29:00: 24-4D-3C-00-97-97	2024-10-01 오후 12:29:00: 24-4D-3C-00-97-97	X
2	2024-10-01 오후 12:29:03: 24-4D-3C-10-C8-DC-05-D C-05-DC-05-05-04-00-00-0 0-00-00-00-00-00-00	2024-10-01 오후 12:29:03: 24-4D-3C-10-C8-DC-05-D C-05-DC-05-05-04-00-00-0 0-00-00-00-00-00-00	X
29	2024-10-01 오후 12:29:03: 24-4D-3C-10-C8-98-06-83-05-DC-05-5D-04-00-00-00-00-00-00-40	2024-10-01 오후 12:29:03: 24-4D-3C-10-C8-98-06-83-05-DC-05-5D-04-00-00-0 0-00-00-00-00-00-40-24-4 D-3C-10-C8-AF-06-78-05-DC-05-5D-04-00-00-00-00-00-8C	O
30	2024-10-01 오후 12:29:03: 24-4D-3C-10-C8-AF-06-78-05-DC-05-5D-04-00-00-00-00-00-00-8C	-	O
149	2024-10-01 오후 12:29:04: 24-4D-3C-10-C8-1F-04-08-06-DC-05-DC-05-00-00-00-00-00-00-00-CD	2024-10-01 오후 12:29:04: 24-4D-3C-10-C8-1F-04-08-06-DC-05-DC-05-00-00-0 0-00-00-00-00-00-CD-24-4 D-3C-10-C8-1F-04-F2-05-DC-05-DC-05-00-00-00-00-00-00-34	O
150	2024-10-01 오후 12:29:04: 24-4D-3C-10-C8-1F-04-F2-05-DC-05-DC-05-00-00-00-00-00-00-00-34	-	O
168	2024-10-01 오후 12:29:06: 24-4D-3C-00-98-98	2024-10-01 오후 12:29:06: 24-4D-3C-00-98-98	X

결론적으로 제안된 GCS를 통한 드론의 원격 제어 시, 명령 데이터 전송의 지연은 발견되지 않았으며, 명령의 손실은 일부 발생하나 드론의 제어에 영향을 미치는 정도가 아니라는 결과를 얻을 수 있었다.

V. 결 론

현재 클라우드 서버를 통해 드론을 제어하는 소프트웨어는 존재하지만, 와이파이 모듈을 장착할 수 없는 저가형 드론의 경우 이를 통한 원격 제어가 어려운 상황이다. 따라서 본 연구는 저가형 드론이 클라우드 서버를 통해 지연 없이 원격으로 제어될 수 있는 GCS를 구현하는 것에 목표를 두었다.

다만, 구현한 GCS를 실제로 활용하기 위해서는 몇 가지 문제를 해결해야 한다. 실험에 사용된 드론은 카메라 모듈이 없어 원격지에서 사용자가 드론의 작동 상태를 파악할 수 없다는 한계점이 존재하며, 드론의 활동 범위가 중계기를 중심으로 20m를 넘어가지 못하는 부분도 한계점으로 꼽을 수 있다.

향후 연구에서는 이러한 문제들을 해결하기 위해 중계기에 카메라를 설치하거나 cctv를 통해 드론의 움직임을 파악하고, 사용자에게 전달하는 기능을 추가하고 중계기를 15m단위로 겹치게 설치하여 드론의 활동 범위를 넓히는 등의 과정을 통하여 GCS의 안전성과 성능을 향상시키고자 한다.

Acknowledgments

본 연구는 2024년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업 지원을 받아 수행되었음(2021-0-01440)

References

- [1] S. H. Son, J. H. Kang, and K. J. Park, “드론 무선통신의 개요 및 이슈,” *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, Vol. 33, No. 2, pp. 93-99, 2016.
- [2] 2022 드론산업실태조사 보고서, 항공안전기술원 [Internet]. Available: https://www.kiastr.or.kr/kr/sub02_07.do
- [3] M. J. Bae, and S. I. Kim, “항공 드론 지상 제어 시스템 기술 동향”, *The Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 20, No.1-2, pp.22-28, 2016
- [4] Martin Wolley – Bluetooth Core Specification Version 5.0 Future Enhancements, 2021 Available: https://www.bluetooth.com/wp-content/uploads/2019/03/Bluetooth_5-FINAL.pdf
- [5] Arduino Pro Micro Datasheet [Internet]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/pro-micro>
- [6] Multiwii [Internet]. Available: <http://www.multiwii.com/software>