

LTE 기반 실시간 영상 전송 드론 시스템 개발

안효훈**, 김도형**, 정현진**, 이종경***, 가충희[§]*

*국민대학교 전자공학과

**{(주)엑스퍼넷

***{(주)프리뉴

e-mail : **{hhahn, dh_kim, hjjung}@expernet.co.kr

***jkle@preneu.com

*ataraxia@kookmin.ac.kr

Development of LTE based Real-time Video Streaming Drone System

Hyohoon Ahn**, Do-Hyung kim**, Hyun-Jin Jung**, Jong-Kyeong Lee***, Chung-Hee Ka[§]*

* Dept. of Electronic Engineering, Kook-Min University

**Expernet Technical Institute

***Preneu Technical Institute

요 약

본 논문에서는 기존의 실시간 드론 영상 전송 방식의 전송 거리 한계 및 장애물 간섭 문제를 극복하기 위한 LTE 기반 실시간 영상 전송 드론 시스템을 제안하고 구현한다. 원격 LTE 드론 연결 및 영상 전송을 위한 Companion Computer (CC) 구축 및 개발과 유동 IP 를 가진 LTE 모듈의 원활한 연결을 위한 중계서버 구축과 취득한 영상을 통한 객체 탐지 및 추적 기능 개발을 목표로 한다. 개발 및 실험 결과에서는 구현한 LTE 영상전송 시스템을 통해 실시간 영상을 전달받고 GCS 를 통한 드론 조종이 원활하게 동작하는 것을 보여준다.

1. 서론

최근 몇 년 동안 기술의 진보로 드론의 성능이 높아지고, 가격이 낮아지고, 드론의 상업적 및 개인적 사용이 증가하게 되었다[1]. 시장에서 드론은 촬영, 감시, 농업, 배달, 탐색 및 구조와 같은 다양한 응용프로그램 및 서비스에 사용된다. 드론은 기존의 산업에서 수행해야 하는 임무의 개발 및 유지보수 비용을 절감할 수 있는 수단으로 많은 관심을 받았다.

초기의 드론은 복잡한 하드웨어 및 소프트웨어 구성과 비행 조종으로 인해 사용하기가 어려웠다. 그러나 기술이 발전함에 따라 드론의 가격이 낮아짐으로 접근성이 향상되었다. 또한, 드론 제조업체는 다양한 응용프로그램을 제공하며 사용자가 활용할 수 있는 많은 기능들이 오픈 소스로 개방되었다. 이러한 응용프로그램과 오픈 소스는 사용자가 드론을 이용해 다양한 임무를 수행할 수 있도록 도와준다.

탐색, 구조, 경고, 신호와 같은 응용프로그램을 위한 드론에 대한 고려는 드론의 네트워크화로 이어진다[2-3]. 시간이 중요하거나 넓은 지역에 적용되는 촬영 임무의 경우 드론과 지상국의 직접적인 무선 통신으로는 거리에 한계가 있다. 기존의 실시간 드론 영상 전송 기법으로는 데이터링크모듈을 사용한 무선 통신 방식이 일반적이다. 기존의 데이터링크 영상 전송 장치는 전송 거리가 제한적이며 장애물에 영향을 받아 해상 및 장거리 원격지 영상 데이터를 실시간으로 취득하며 임무를 수행하는 데 어려움이 있다.

본 논문에서는 영상 전송 거리 한계를 극복하기 위한 LTE 기반 실시간 영상 전송 드론 시스템을 제안하고 구현한다. 제안 영상 전송 시스템에서는 단순 실시간 영상 전송 외에 특정 목표 탐색 및 추적을 위한 SURF 영상 인식 알고리즘 적용과 LTE 통신을 기반으로 하는 드론과 GCS 의 통신을 위한 중계서버 구현을 포함한다.

논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성된다. 2 장에서는 관련 연구에 대해 소개한다. 3 장에서는 LTE 기반 실시간 영상 전송 시스템을 제안한다. 4 장에서는 제안 시스템 구현 결과와 실험 결과를 제시한다. 5 장에서는 결론과 향후 연구를 설명한다.

2. 관련연구

2.1. MAVROS

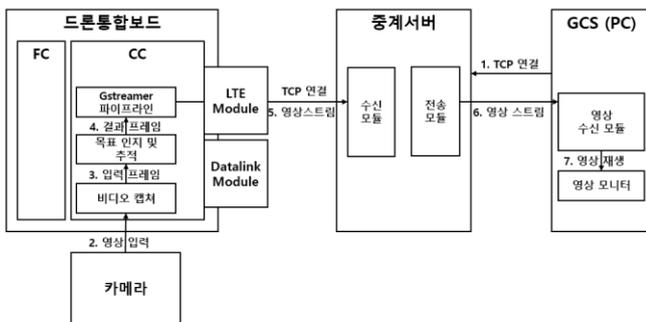
일반적인 비행 관련 처리를 하는 Flight Controller (FC)는 처리속도에 한계가 있다. 드론 개발 환경에서는 다양한 소프트웨어를 실행하고 데이터 처리를 하기 위해서 Companion Computer (CC)를 사용한다. CC 는 FC 와 MAVLink 메시지를 이용한 시리얼 통신을 한다. MAVROS 는 MAVLink 프로토콜을 이용하여 ROS 에서 동작하는 node 를 개발하는 프로젝트이다. MAVROS 는 ROS 가 실행중인 컴퓨터가 FC 와 GCS 사이에 통신을 제공하여 이를 통한 다양한 원격 제어를 가능하게 한다[4].

2.2. GStreamer

Gstreamer는 미디어 스트리밍 어플리케이션을 만들기 위한 프레임워크로 모든 유형의 스트리밍 어플리케이션 개발을 가능하게 한다. Gstreamer는 MP3, Ogg/Vorbis, MPEG-1/2, AVI, mod 등 다양한 포맷을 지원하는 미디어 어플리케이션을 만들 수 있도록 여러 컴포넌트를 포함하고 있다. Gstreamer는 임의적인 파이프라인을 이용해 구성요소를 혼합하여 어플리케이션을 개발할 수 있게 한다. 프레임워크는 다양한 코덱 및 기능을 제공하는 플러그인 기반으로 동작한다. 플러그인은 파이프라인으로 연결된다. 파이프라인은 데이터의 흐름을 정의한다. Gstreamer의 핵심 기능은 플러그인, 데이터 흐름, 미디어 타입을 핸들링 할 수 있는 프레임워크를 제공하는 것이다. 또한 Gstreamer는 플러그인을 통해 어플리케이션 개발을 위한 API를 제공한다[5].

3. LTE 기반 실시간 영상 전송 드론 시스템

본 논문에서는 LTE 기반 실시간 영상 전송 드론 시스템을 제안한다. 제안 시스템은 드론, 중계서버, GCS로 구성된다. 드론은 비행을 담당하는 FC와 영상처리 및 LTE 연결을 담당하는 CC로 구성되어 있다. CC는 촬영을 위한 카메라와 BLE 기반 센서 모듈 및 LTE 모듈을 장착하며 영상처리 및 LTE 전송 모듈을 이용하여 센서 데이터와 영상을 취득 및 전달한다. 중계서버는 송수신 모듈을 통해 GCS와 드론을 연결한다. GCS는 중계서버를 통해 드론 비행 정보와 영상 정보를 수신하여 화면에 출력한다.



(그림 1) LTE 영상 전송 연결도

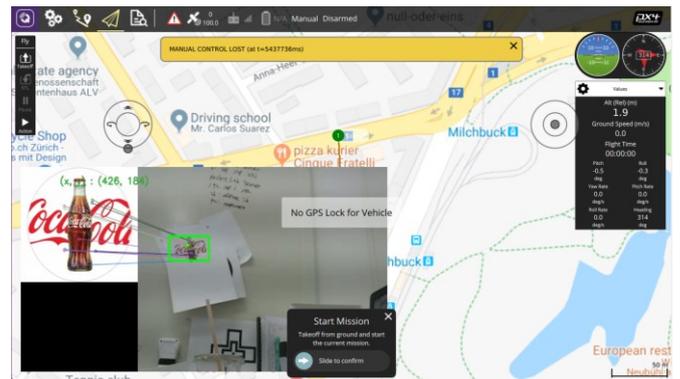
제안 시스템의 동작 연결도는 그림 1과 같다. GCS와 드론은 지정된 중계서버 주소 및 포트로 TCP 연결을 맺는다. GCS와 드론이 중계서버에 연결되면 드론이 비행 연결 데이터와 영상 데이터를 전송하기 시작한다. 드론 CC의 비디오 캡처 모듈은 장착된 카메라에서 영상 프레임을 수집한다. 수집한 프레임에서 목표물을 인지 및 추적하여 표시를 한다. 객체 탐지 및 추적에는 SURF를 사용하여 이미지의 크기나 회전 전에 상관 없이 사전에 입력한 목표 이미지를 기반으로 촬영한 영상에서 목표물을 탐지한다. 목표물이 표시된 영상 프레임을 Gstreamer 파이프라인을 이용해 중계서버로 전송한다. 중계서버는 수신한 영상을

GCS로 전달하며 GCS는 수신한 영상을 화면에 출력한다.

4. 제안 시스템 개발 결과 및 실험

4.1. 시스템 개발 결과

본 논문에서는 드론 CC에 MAVLINK 기반 ROS인 MAVROS 오픈소스를 사용하여 드론 비행정보 LTE 연결을 구현하였다. MAVROS node를 GCS Bridge로 구현하여 중계서버를 통해 FC와 GCS가 연결되게 하였다. 또한 CC에 장착한 카메라를 이용하여 Gstreamer 파이프라인을 통해 영상을 실시간으로 처리하여 전송할 수 있도록 구현하였다.



(그림 2) 영상 전송 및 객체 인식 테스트 결과

제안 시스템을 구현하여 GCS에서 확인한 영상은 그림 2와 같다. 사전에 탐지를 목표로 하는 이미지를 선정하여 입력하고 이를 기반으로 드론 CC에서 촬영한 영상에서 객체를 탐지하여 GCS로 전송할 수 있도록 구현하였다.

4.2. 비행실험

본 논문에서는 구현된 시스템이 실제 야외에서 드론을 비행할 때 실내에서 수신되는 영상 및 비행 데이터를 확인하기 위해 다음과 같은 실험을 구성해 진행하였다.

<표 1> LTE 드론 시험 조건

장치	사양
기체	Tarot 680 Quad
FC	Pixhawk 2.1 (FW: PX4 v.1.8.2)
GCS	DRONEiT GCS
CC	NVIDIA Jetson Tx2 / J140 Carrier Board
LTE Board	LTE Module / Interface Board / Antenna x 2
카메라	Logitech C270 Webcam HD720p



(그림 3) 실험 드론

실험 장비 구성 조건은 표 1 과 같다. 실험 드론은 쿼드콥터 프레임에 FC 와 CC 를 장착하고 CC 에 카메라와 LTE 모듈을 장착하여 동작하게 구성하였다. CC 로는 영상처리 성능을 위해 NVIDIA 사의 Jetson Tx2 개발보드를 사용하였다. LTE 모듈은 통신사 유심으로 동작할 수 있는 모듈과 USB 인터페이스 어댑터를 사용하였다. 그림 3 은 실험 조건을 구성한 드론을 보여준다. 실험은 GCS 는 실내에 위치하고 드론은 외부 비행장에 위치하도록 진행하였다. 드론과 GCS 를 연결하여 GCS 가 센서 및 비행 정보와 영상을 받아오는 지 확인하고 실내의 GCS 가 외부에 위치한 드론에 미션을 입력하였을 때 성공적으로 비행하며 영상을 전달하는지를 확인하였다. 또한 미션 종료 위치에 설치한 타겟 이미지를 사전에 입력하여 영상촬영 중 타겟을 발견할 시에 성공적으로 목표를 인식할 수 있는지를 확인하였다.



(그림 4) GCS 영상 수신 결과

그림 4 는 비행하는 드론의 비행정보와 촬영 영상을 실내의 GCS 에서 확인한 결과를 보여준다. GCS 에는 고도, 위치와 같은 비행 정보가 표시되며 현재 비행 중인 드론의 위치와 미션 경로를 지도에 표시해 보여준다. 또한 실시간으로 드론에서 촬영하는 영상을 표시해 보여주는 것을 볼 수 있다. 이를 통해 실내의 GCS 에서 야외에서 비행하는 드론의 비행정보와 영상을 원활하게 수신할 수 있으며 미션 등을 제어할 수 있음을 확인할 수 있다. 제안 시스템의 구현 결과와 실험을 통해 시스템의 원활한 동작을 확인할 수 있었다. 기존의 데이터링크 제품을 사용한 영상 전송을 할 경우 GCS 가 장애물에 가려지지 않는 외부에

위치해야하나 LTE 를 이용한 방식에서는 실내에서 관제할 수 있어 사용성이 우수함을 알 수 있다. 또한 원활한 LTE 통신 환경이 제공된다면 거리에 제약이 사라져 드론을 활용한 임무 수행의 범위를 확장시킬 수 있을 것으로 기대한다.

5. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 드론 영상 전송 거리의 한계를 극복하기 위한 LTE 기반 영상 전송 드론 시스템을 제안하였다. 중계서버의 구축으로 고정 IP 를 가지지 않는 LTE 환경에서의 원활한 연결을 구현하였다. 또한 SURF 영상처리 알고리즘의 적용으로 단순 영상 전송이 아닌 목표 객체 인식 및 추적 기능을 구현하였다. 구현 결과와 실험을 통해 구현된 시스템이 원활하게 동작하는 것을 확인할 수 있었다. 제안 시스템이 장기적으로 기존의 데이터 링크 영상 전송 방식의 제한된 송수신 거리와 장애물 간섭 문제를 해결 할 수 있을 것으로 기대한다. 또한 중계서버를 이용해 특정 고정 IP 를 이용한 연결 방식을 대체할 수 있을 것으로 기대한다. 향후 연구로는 시스템이 적용한 영상처리를 통해 추적한 객체를 드론이 자율추적비행할 수 있도록 구현하는 것과 중계서버를 통한 드론과 GCS 의 다대다 연결 및 관제 시스템 구현을 목표로 개발 및 연구를 진행할 예정이다.

ACKNOWLEDGEMENT

이 논문은 2019 년도 정부(중소기업기술정보진흥원)의 재원으로 산학연 Collabo R&D 사업(S2734736)과 산업통상자원부의 "소재부품기술개발사업"(10080022, 2017)의 지원을 받아 수행된 연구임

참고문헌

- [1] L. Gupta, R. Jain and G. Vaszkun, "Survey of Important Issues in UAV Communication Networks," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 18, no. 2, pp. 1123-1152, 2016.
- [2] E. Yanmaz, S. Yahyanejad, B. Rinner, H. Hellwagner, and C. Bettstetter, "Drone networks: Communications, coordination, and sensing," Ad Hoc Networks, Volume 68, Pages 1-15, 2018.
- [3] X. Wang, A. Chowdhery and M. Chiang, "Networked Drone Cameras for Sports Streaming," 2017 IEEE 37th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS), Atlanta, GA, pp. 308-318, 2017.
- [4] G. Gargioni, M. Peterson, J. B. Persons, K. Schroeder, and J. Black, "A Full Distributed Multipurpose Autonomous Flight System Using 3D Position Tracking and ROS," In 2019 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), pp. 1458-1466, 2019.
- [5] W. Taymans, S. Baker, and A. Wingo, "GStreamer Application Development 1.10. 1," 12th Media Services, 2018.