

# 복수 소형무인비행체 산업 응용을 위한 지상관제소프트웨어 플랫폼 개발

임배현<sup>1</sup>, 하석운<sup>2</sup>, 문용호<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>(주)샘코, <sup>2</sup>경상대학교 항공우주및소프트웨어공학전공/공학연구원

## Development of Ground Control Software Platform for Industrial Application with Multiple small UAVs

Bae-Hyeon Lim<sup>1</sup>, Seok-Wun Ha<sup>2</sup>, Yong-Ho Moon<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>SAMCO Co. Ltd.

<sup>2</sup>Dept. of Aerospace and Software Eng., Gyeongsang National University

**요약** 최근에 무인비행체의 역할과 활용이 다양해짐에 따라 고 난이도의 임무 수행 요구가 증가하고 있으며 이를 해결하기 위하여 복수 소형무인비행체의 운용 및 관련 시스템 개발에 관한 연구가 활발히 수행되고 있다. 복수 소형 무인비행체 기반 응용 시스템은 관제요원이 여러 대의 소형무인비행체를 지속적으로 제어, 관리해야 하기 때문에 관제요원의 업무 복잡성이 증대되는 문제를 지닌다. 따라서 복수 소형무인비행체 기반 응용 시스템의 성공적인 구현을 위해서는 효율적인 관제를 수행할 수 있는 소프트웨어 플랫폼 개발이 필요하다. 본 논문에서는 복수 소형무인비행체를 이용한 응용 시스템에 효과적인 지상관제 소프트웨어 플랫폼을 제안한다. 본 논문에서는 먼저 소프트웨어 플랫폼 개발에 필요한 요구사항들을 분석하고 이를 기반으로 소프트웨어를 설계, 구현한다. X-plane 비행시뮬레이터를 이용한 모의실험을 통하여 복수의 비행데이터들이 화면에 효과적으로 출력됨을 확인하고 다수의 소형무인비행체에서 전송되는 영상데이터들이 실시간으로 통합 시현됨을 보인다.

**키워드** : 복수 무인비행체, 산업 응용, 지상관제, 소프트웨어 플랫폼, 비행제어

**Abstract** Recently, as the roles and utilization fields of UAV become more diverse, demand for high - level mission has been increasing. To solve this issue, researches on the operation of multiple small UAVs and related systems have been actively carried out. The multiple small UAVs based application system has a problem that the task complexity of control personnel increases because the control personnel must continuously control and manage several small UAVs. Hence, it is necessary to develop a software platform that can perform efficient control in order to employ a multiple small UAVs based application system successfully. In this paper, we propose an effective ground control software platform for application systems using multiple small UAVs. We first analyze the requirements for the software platform, and design and implement software based on the analysis. Simulation using the X-plane flight simulator shows that multiple flight data are effectively displayed and that the image data transmitted from many small UAVs are simultaneously displayed in real time.

**Key Words** : Multiple UAVs, Industrial Application, Ground Control, Software Platform, Flight Data

## 1. 서론

최근에 감시, 정찰, 보안 등의 국방 분야뿐만 아니라 항공촬영, 물류, 방송, 통신 중계 등의 민간 산업분야에서 무인비행체를 이용한 응용 서비스가 활발히 논의되고 있다[1,2]. 특히, 소형무인비행체를 이용하여 감시, 정찰 등을 수행할 경우 기존 CCTV기반 감시시스템이 지닌 사각지대 문제가 해소될 뿐만 아니라 다양한 부가기능들이 제공될 수 있기 때문에 소형무인비행체 기반의 새로운 감시시스템 개발이 연구되고 있다[3,4]. 지금까지 이러한 감시시스템은 단일 소형무인비행체에 기초하여 개발되어 왔다. 그런데 단일 소형무인비행체의 활용은 임무 수행 환경이 제한되고 자연 환경 및 시스템에 의한 돌발 상황 발생으로 임무 수행이 중단되는 문제를 지닌다. 또한 지상관제센터에서 임무 수행 과정을 파악, 관리하는 데 있어서 한계가 존재한다. 소형무인비행체의 활용 분야 및 역할이 광범위해짐에 따라 고 난이도의 임무 수행 요구가 증가될 것을 감안할 때 기존 단일 소형무인비행체 기반 시스템의 개선은 불가피한 상황이다. 이러한 이유로 복수 소형무인비행체 운용 및 관련 시스템 개발에 관한 연구는 중요한 의미를 지닌다[5,6].

복수 소형무인비행체 기반 응용 시스템에 있어서 지상관제 시스템은 그 중요성에도 불구하고 활발히 연구되지 못하고 있는 실정이다. 일반적으로 무인비행체를 이용하여 임무를 성공적으로 수행하기 위해서는 무인비행체에서 실시간으로 전송되는 다양한 데이터 및 정보를 바탕으로 관제요원이 주어진 임무 수행에 관한 의사결정을 효과적으로 수행하여야 한다. 아울러 관제요원은 무인비행체의 비행 상황 및 임무 수행 상황을 파악하기 위해서 무인비행체의 구동을 지속적으로 제어, 관리하는 작업을 병행하여야 한다. 여러 대의 소형무인비행체로 구성되는 복수 소형무인비행체기반 응용 시스템의 경우, 관제요원의 업무 복잡성이 더욱 더 증대되기 때문에 기존 지상관제 시스템의 이용은 관제 효율 감소를 초래하여 도리어 시스템 성능이 저하되는 결과를 가져온다. 따라서 복수 무인비행체 기반의 응용 시스템을 구축하기 위해서는 효율적으로 관제를 수행할 수 있는 시스템 및 관련 소프트웨어 개발이 필요하다.

본 논문에서는 복수 소형무인비행체를 이용한 응용 시스템에 효과적인 지상관제 소프트웨어 플랫폼을 제안한다. 본 논문에서는 지상관제에 필요한 소프트웨어에 대한 요구사항들을 분석하고 지상관제 소프트웨어의 구

조를 설계한 후 세부구조를 구현하였다. 제안하는 소프트웨어 플랫폼에서는 관제요원의 업무 부하를 감소시키는 데 필요한 핵심 요소들이 통합적으로 구동된다. 특히, 각각의 소형무인비행체에 대한 임무가 효율적으로 설정되어지고 소형무인비행체들로부터 전송되는 다수의 영상 및 비행 데이터가 실시간으로 처리되어 통합 디스플레이된다. 모의실험에서는 X-Plane 비행 시뮬레이터와의 연동을 통하여 제안하는 관제 소프트웨어 플랫폼의 기능과 성능을 확인, 검증하였다[7].

## 2. 기존의 지상관제 소프트웨어 플랫폼

일반적으로 무인비행체 기반 응용 시스템은 소형무인비행체와 지상관제 시스템으로 구성된다. 지상관제 시스템에 탑재되는 소프트웨어 플랫폼은 소형무인비행체와 관제요원간의 정보 및 의사결정에 따른 명령을 전송하기 때문에 임무 수행의 완성도 증대와 새로운 응용 서비스 창출에 있어서 중요한 역할을 수행한다.

현재 활용되는 지상관제 소프트웨어 플랫폼 가운데 QGround Control과 Mission Planner가 대표적으로 알려져 있다[8,9]. QGround Control의 경우 여러 대의 소형무인비행체와 연결이 가능하지만 다수의 비행데이터 및 영상데이터들을 동시에 처리하지 못하는 문제를 지니고 있다. 그리고 Mission Planner는 제어 파라미터들의 수정이 가능하고 임무 수행에 있어서 세부적인 기능들이 제공되지만 다수의 소형무인비행체들을 동시에 연결할 수 없기 때문에 단일 소형무인비행체 기반 응용 시스템에서만 활용이 가능한 한계를 지닌다.

일반적으로 지상관제 시스템에서는 소형무인비행체에서 전송되는 각종 영상 및 데이터들을 고속으로 처리, 디스플레이하는 것이 필수적으로 요구된다. 이를 위하여 최근에 병렬처리기법을 이용한 통합 시현 소프트웨어 플랫폼 구현이 제안되었다[4]. 그러나 제안된 플랫폼은 단일 소형무인비행체를 대상으로 하고 있기 때문에 복수의 소형무인비행체 기반 시스템에 활용할 수 없다. 한편 Fig. 1과 같이 단일 호스트를 이용하여 복수의 무인비행체들로부터 데이터를 수신하고 임무를 송신하는 시스템이 제안되었다[10]. Fig. 1의 시스템은 무인비행체들간의 유기적인 관계를 유지하면서 임무를 수행할 수 있고 고장에 강인한 특징을 지니고 있다. 그러나 Fig. 1에 나타난 바와 같이 각각의 무인비행체별로 독립적인 지상관제 시

스텝이 운용되는 단점을 지닌다.

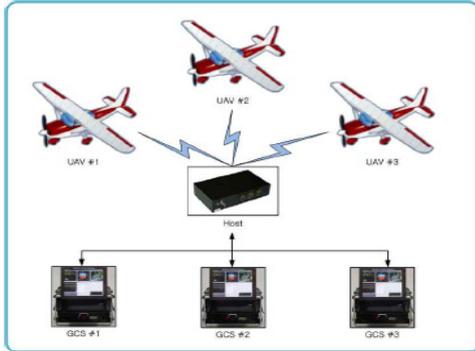


Fig. 1. Architecture of application system based on multiple UAVs

### 3. 제안하는 소프트웨어 플랫폼

#### 3.1 요구사항

기존 지상관제 소프트웨어 플랫폼은 단일 무인비행체에 특화되어 있기 때문에 복수의 소형무인비행체들을 운용, 관리할 수 있도록 확장, 개선되어야 한다. 이를 위해서는 기본적으로 다음과 같은 기능들의 구현이 요구된다.

- 복수의 무인비행체와 지상관제 시스템간 인터페이스 구축  
복수의 소형무인비행체와 지상관제 시스템간 데이터 및 명령을 실시간으로 송, 수신하기 위해서는 효과적인 프로토콜이 정의되어 구현되어야 한다.
- 무인비행체별 임무 설정  
응용 시스템에서 복수의 무인비행체를 이용 하는 가장 큰 장점은 고 난이도의 임무 수행 및 임무 수행 영역의 확장이 가능하다는 것이다. 이러한 장점을 활용하기 위해서는 기본적으로 각각의 무인비행체별 임무를 설정, 전송하는 한편 관련 위치 정보 및 이동경로가 전자지도상에 표시되는 것이 필요하다.
- 복수의 무인비행체 관제를 위한 GUI 구현  
관제요원이 복수의 소형무인비행체들로부터 전송되는 비행데이터 및 영상데이터를 효과적으로 모니터링하여 소형무인비행체들을 통합 관리, 제어하기 위해서는 효율적인 GUI의 설계 및 구현이 요구된다.

- 복수의 비행데이터 및 영상데이터 통합시현  
관제요원이 소형무인비행체들이 주어진 임무를 수행하는 과정 및 상황을 효과적으로 관제하기 위해서는 수신된 복수의 비행데이터 및 영상데이터가 실시간으로 처리되어 동시에 화면에 출력되어야 한다.

#### 3.2 소프트웨어 플랫폼 설계

본 논문에서는 Pixhawk, UDOO 보드, 카메라 센서, GPS, Radio Telemetry 등이 탑재된 소형무인비행체들을 관제하기 위한 소프트웨어 플랫폼을 제안한다. 비행제어 컴퓨터로 널리 알려진 Pixhawk는 무인비행체의 자체 제어, 비행데이터 획득 등과 같이 비행 관련한 전반적인 기능들을 담당하며 UDOO 보드는 카메라 센서에서 획득되어진 영상을 압축하여 실시간으로 전송하는 기능을 수행한다. Fig. 2는 소형무인비행체의 시스템 구성도를 나타낸 것이다. 이와 같이 구성된소형무인비행체는 고유의 ID가 할당되어지기 때문에 지상관제 시스템에서 다수의 소형무인비행체들을 식별할 수 있다. Fig. 2에서 소형무인비행체의 UDOO보드에서는 카메라 센서에서 획득된 영상 데이터를 압축하여 RTSP(Real Time Steaming Protocol)를 통해 지상관제 시스템으로 전송한다. 그리고 지상관제 시스템과 소형무인비행체에 탑재된 Pixhawk 간 비행 데이터 및 명령의 송, 수신은 MAVLink 프로토콜에 의하여 수행된다[11].

Fig. 3은 본 논문에서 제안하는 지상관제 소프트웨어 플랫폼의 내부 소프트웨어 구조를 나타낸 것이다. Fig. 3에서 인터페이스(Interface) 모듈은 소형무인비행체로부터 전송되어지는 비행데이터 및 영상데이터들을 수신하고 지상관제 시스템에서 생성되는 임무 관련 명령을 소형무인비행체로 전송한다. 영상데이터 처리(Video data processing) 모듈은 압축되어 전송되는 영상 데이터를 복원하여 영상 시현(Video display)모듈로 전달하여 화면에 출력한다. 그리고 비행데이터 처리(Flight data processing) 모듈은 ID별로 비행 및 위치 데이터를 통합하여 시현하는 모듈(Integrated display based on GUI)로 전송하여 2차원 전자지도와 함께 화면에 출력되도록 한다. 한편 임무 설정(Mission Setting) 모듈에서 설정된 임무 관련 명령과 RC 컨트롤러(RC controller)모듈에서 생성되는 비행 관련 명령은 인터페이스 모듈을 거쳐 무인비행체 내부 구동 및 제어모듈로 전송된다.

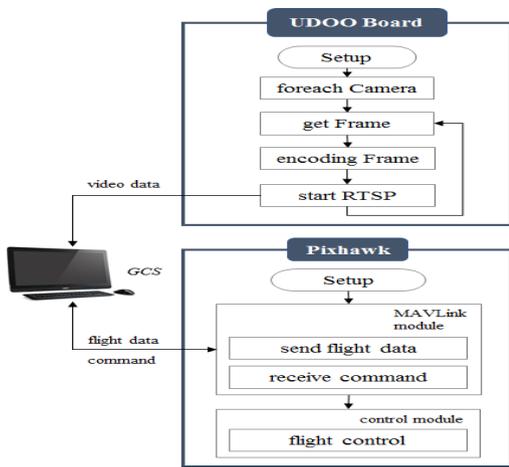


Fig. 2. System configuration of small UAV.

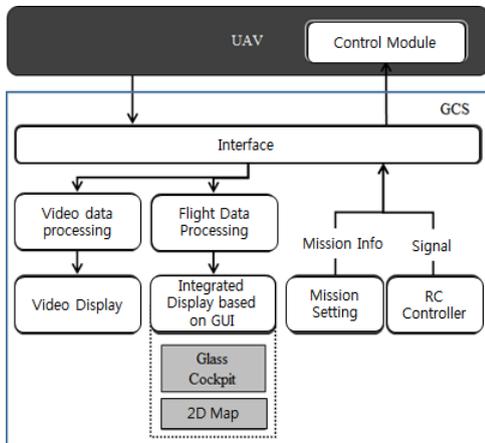
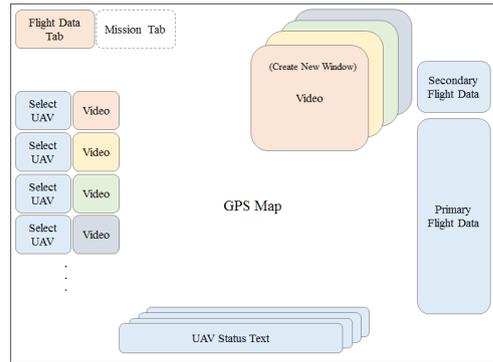


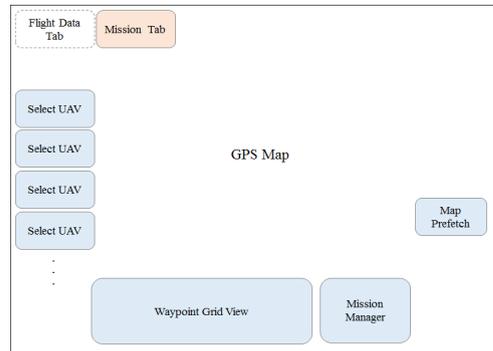
Fig. 3. Software architecture of the proposed platform

본 논문에서 제안하는 소프트웨어 플랫폼은 실시간으로 복수의 비행데이터와 영상데이터를 모니터링하는 기능과 더불어 각각의 무인비행체에 임무를 설정하는 기능을 지원한다. Fig. 4는 이러한 기능들을 제공하기 위한 소프트웨어 플랫폼의 GUI 구조를 보여준다. Fig. 4의 (a)는 복수 무인비행체의 자세, 위치 정보를 모니터링하는 데이터 패널 구조이다. 기본적으로 2대의 무인비행체를 선정하여 자세 관련 정보를 실시간으로 모니터링 할 수 있으며, 필요시 관제 요원은 스위칭 기능을 이용하여 원하는 무인비행체의 자세 관련 정보를 모니터링할 수 있다. 모든 무인비행체의 위치 정보는 전자지도상에 함께 표시되며 지상관제 시스템과 연결된 무인비행체들에서 전송되는 개별적인 영상 정보들은 새로운 창에서 각각 출력되어진다. 그리고 화면 하단에 있는 무인비행체 상태 창

은 관제 요원이 긴급 상황을 신속하게 인지, 대처하는 것을 지원하기 위하여 모든 무인비행체의 비행 상태 메시지를 보여준다. Fig. 4의 (b)는 임무 패널로서 관제 요원이 선택한 무인비행체의 임무를 설정하는 기능을 제공한다. 설정된 임무 정보들은 화면 아래 웨이포인트 그리드 뷰에서 확인 및 편집될 수 있다.



(a) Data panel



(b) Mission panel

Fig. 4. GUI architecture

### 3.3 소프트웨어 플랫폼 구현

본 논문에서 제안하는 지상관제 소프트웨어 플랫폼은 Window 10(64bit), 2.5GHz Intel i7-6500U, 8G RAM 환경에서 Visual Studio 2015에 기반하여 C#으로 구현되었다. 일반적으로 목표로 하는 소프트웨어를 싱글 스레드로 구현할 경우 CPU의 사용 권한이 단일 스레드에 의하여 점유되어 소프트웨어가 실행되지 된다. 그런데 제안하는 소프트웨어 플랫폼은 다수의 소형무인비행체들로부터 전송되는 데이터들을 동시에 처리, 디스플레이하여야 한다. 이러한 기본적인 요구조건을 고려할 때 제안하

는 소프트웨어 플랫폼을 싱글 스레드로 구현하는 것은 시스템 동작에 많은 문제를 초래할 것이라는 사실을 쉽게 알 수 있다. 이와 같은 이유로 본 논문에서는 Fig. 5와 같이 멀티 스레드를 할당하여 소프트웨어 플랫폼을 구현하였다. Fig. 5에서 ADI(Attitude Directional Indicator)와 HSI (Horizontal Situation Indicator)는 소형무인비행체의 자세 변화에 따라 생성되는 pitch, roll 데이터와 heading 데이터를 각각 나타낸다.

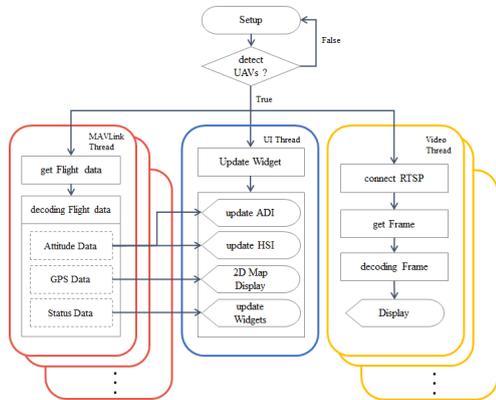


Fig 5. Flowchart of the proposed platform

Fig. 5에서 알 수 있듯이 제안하는 플랫폼은 소형무인비행체내 Pixhawk로부터 비행데이터를 수신하는 MAVLink 스레드, 전송받은 비행데이터들을 화면에 출력하는 UI 스레드, 소형무인비행체내의 UDOO 보드로부터 압축된 영상데이터를 수신, 처리하는 Video 스레드로 구성된다. 여러 대의 소형무인비행체가 연결될수록 비행데이터들을 처리하는 MAVLink 스레드와 영상데이터들을 처리하는 Video 스레드가 추가로 생성된다. UI 스레드에서는 MAVLink 메시지 ID를 이용하여 비행데이터를 구분하고 화면내 대응되는 위치에 정보를 출력한다. Video 스레드에서는 연결된 소형무인비행체의 네트워크 IP 주소를 통해 수신되는 영상데이터를 식별하여 영상복원을 수행한 후 지정된 위치에 영상을 출력한다.

본 논문에서 제안하는 소프트웨어 플랫폼은 Fig. 6의 ADI 패널과 HSI 패널을 이용하여 소형무인비행체에서 전송되는 비행 자세 정보를 표시한다. ADI 패널과 HSI 패널은 소형무인비행체의 Pitch, Roll 데이터와 Heading 데이터를 각각 표시함으로써 소형무인비행체의 자세 정보를 제공한다. 데이터 패널에서는 소형무인비행체에서 전송되는 GPS 정보를 바탕으로 비행경로를 표시함으로

써 소형무인비행체의 위치 정보를 제공한다. 그리고 임무 패널에서는 관제 요원이 웨이포인트를 설정하거나, 소형무인비행체나 파일에 저장된 임무 정보를 불러와 전자지도에 표시한다. 여러 대의 소형무인비행체의 임무 정보는 제각기 다르므로 전자지도에 구분되어 출력된다.

그리고 Fig. 7은 소형무인비행체의 연결을 제어하기 위하여 고안된 패널로서 소형무인비행체 연결 버튼, 영상 플레이 버튼, 비행모드, 배터리 정보를 포함하고 있다. 제안하는 소프트웨어 플랫폼에서는 연결된 각각의 소형무인비행체에게 MAV Link 프로토콜을 통해 명령 및 정보를 전송한다.



Fig. 6. Flight data panel

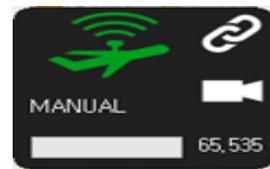


Fig. 7. UAV control panel

소형무인비행체에서 획득된 영상데이터를 지연없이 지상관제 시스템으로 전달하기 위해서는 영상데이터가 실시간으로 압축, 전송되어야 한다. 이를 위해서는 실시간 미디어 스트리밍이 필수적이다. 소형무인비행체의 카메라 센서와 UDOO보드에서는 획득된 영상데이터를 GStreamer 프레임워크를 이용하여 H.264 코덱으로 압축한 후 RTSP를 통해 지상관제 시스템으로 전송한다 [12,13]. 그리고 지상관제 시스템의 소프트웨어 플랫폼에서는 FFmpeg library를 이용하여 수신된 비트스트림으로부터 영상데이터를 복원한 후 화면에 실시간으로 출력한다[14]. 다수의 소형무인비행체들이 활용되는 경우, 지상관제 시스템에서는 IP주소를 이용하여 수신되는 비트스트림을 식별한 후 각각의 영상데이터들을 동시에 복원한다.

Fig. 8은 지상관제 시스템에서 개별 소형무인비행체로 임무를 전송하는 과정을 도시한 것이다. 지상관제 시스

템에서 전송할 총 웨이포인트 수를 전송하면 소형무인비행체에서는 지상관제 시스템으로 웨이포인트 전송을 요청하여 하나의 웨이포인트를 수신한다. 그리고 모든 웨이포인트들을 수신할 때까지 이러한 과정을 반복한다. 한편 Fig. 9는 지상관제 시스템이 소형무인비행체에 저장된 임무 정보를 불러오는 방식을 나타낸 것이다. 지상관제 시스템에서 소형무인비행체로 웨이포인트 정보를 요청하면 무인비행체에서는 총 웨이포인트 수를 전송한다. 그리고 Fig. 8의 전송 방식과 동일한 원리에 의하여 웨이포인트 정보들이 지상관제 시스템으로 전달된다.

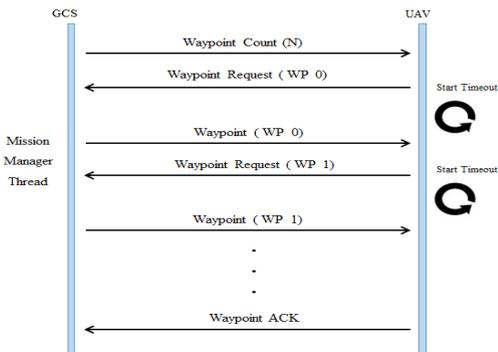


Fig. 8. Mission upload sequence

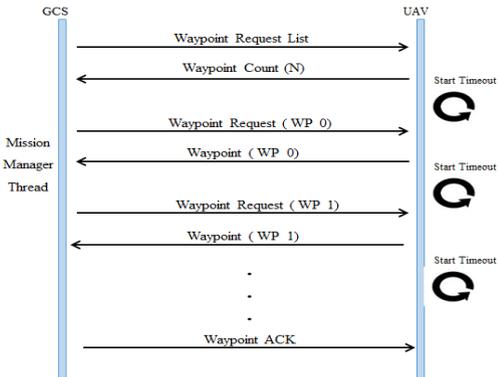


Fig. 9. Mission request sequence

#### 4. 실험 및 결과

본 논문에서는 항공기 설계 및 해석, 시뮬레이션, 모의 검증 등에 널리 사용되고 있는 X-Plane 시뮬레이터를 이용하여 제안하는 지상관제 소프트웨어 플랫폼에서의 비행데이터 시현을 검증하였다. X-Plane 시뮬레이터의 환

경 설정을 통하여 Pitch, Roll, Heading 데이터와 Latitude, Longitude 데이터를 생성하고 이를 지상관제 시스템에 UDP 통신 방식으로 전송하였다. 그리고 X-plane 시뮬레이터의 출력 화면과 제안하는 소프트웨어 플랫폼의 출력 화면이 동일한 지 비교하였다. Fig. 10은 이 같은 비교 과정의 일부를 보여준다. Fig. 10에서 (a)부분은 X-Plane 시뮬레이터의 화면이고 (b)부분은 제안하는 플랫폼의 출력 화면이다. Fig. 10에서 점선으로 표시된 사각부분이 서로 동일함을 알 수 있다. 또한 (b)에 표시된 일직선 점선은 수신된 Latitude, Longitude 데이터를 이용하여 소형무인비행체의 위치를 표시한 것이다. 이러한 검증을 통하여 제안하는 소프트웨어 플랫폼이 올바르게 동작함을 확인할 수 있다.



Fig. 10. Verification of flight data display using X-plane simulator

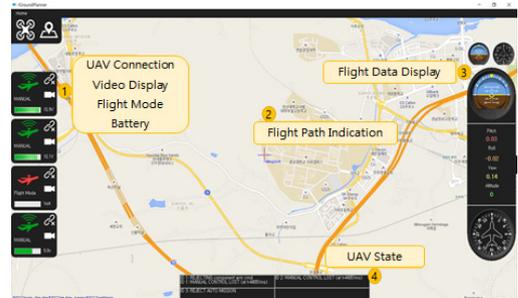


Fig. 11. Data panel view of the proposed platform

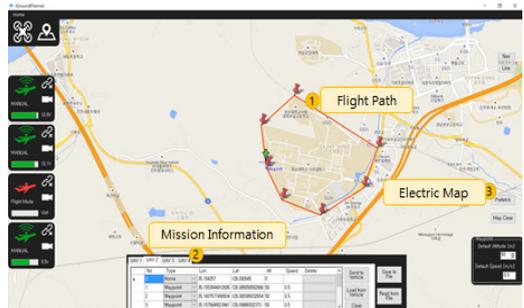


Fig. 12. Mission panel view of the proposed platform

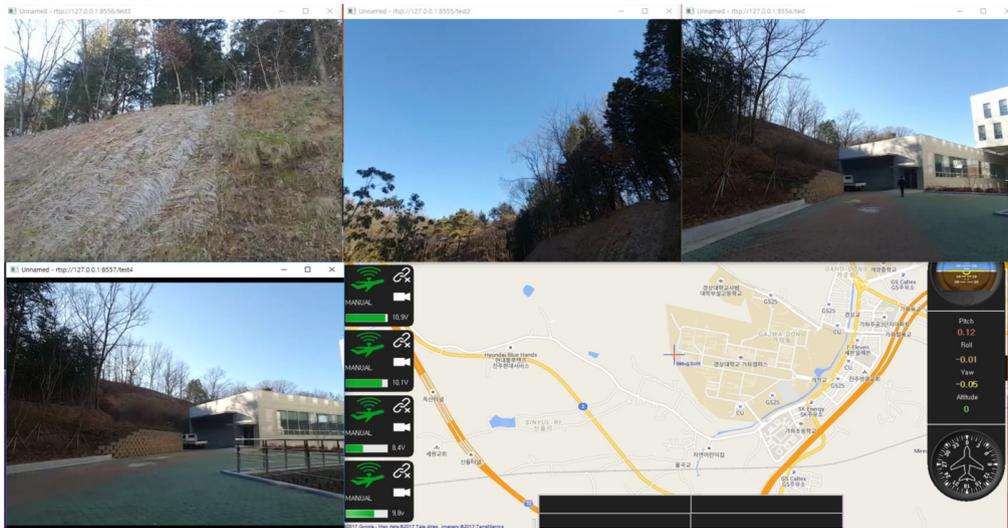


Fig. 13. Multiple video display in the proposed platform

Fig. 10의 결과를 토대로 데이터 패널의 동작 확인을 수행하였다. Fig. 11은 3대의 소형무인비행체가 연결된 상태와 선택된 소형무인비행체들의 자세 정보가 효과적으로 화면에 출력됨을 보여준다. 주 자세 계와 부 자세 계가 스위칭 기능에 의하여 상호 교환되어 자세 정보가 표시되고 임무 수행 중인 소형무인비행체들의 경로가 전자지도에 실시간으로 나타남으로써 모니터링이 손쉽게 이루어짐을 알 수 있었다. 또한 Fig. 12의 임무 패널로부터 설정된 비행경로가 전자지도상에 표시되는 동시에 화면 하단 표를 통하여 비행경로를 손쉽게 확인, 수정할 수 있음을 알 수 있다.

복수의 소형무인비행체에서 전송되는 영상데이터들이 동시에 화면에 출력되는지를 확인하기 위하여 다수의 소형무인비행체들을 동시에 연결하고 수신되는 영상들의 시현을 확인하였다. Fig. 13은 각자 다른 위치에 있는 4대의 소형무인비행체에서 전송되는 비트스트림을 지상관제 시스템에서 수신, 복원한 후 지정된 위치에서 실시간으로 디스플레이하고 있는 상황을 보여준다. 4개의 영상들이 끈김없이 원활하게 화면에 출력됨을 확인할 수 있었다. 연결된 복수 무인비행체의 영상 데이터는 선택에 따라 모두 시현되거나 혹은 특정 영상데이터만 시현되어야 하기에 영상데이터별로 독립적인 디스플레이 창을 할당하였다.

## 5. 결론

최근 무인비행체의 활용 분야와 역할이 다양해짐에 따라 복수 소형무인비행체 기반 응용 시스템 구현이 연구되고 있다. 이러한 응용 시스템 구축에 있어서 지상관제 시스템의 소프트웨어 플랫폼은 관제 요원의 업무량 감소와 관제 효율 증가에 중요한 역할을 담당한다. 본 논문에서는 복수의 소형무인비행체를 이용한 응용 시스템에 효과적인 지상관제 소프트웨어 플랫폼을 제안하였다. 효율적인 관제를 위해 요구되는 사항들을 선정한 후 소프트웨어 플랫폼을 설계하고 멀티 쓰레드 기법에 기반하여 소프트웨어 구현을 수행하였다. 그리고 X-Plane 시뮬레이터를 연동하여 제안한 지상관제 소프트웨어 플랫폼의 동작을 확인하였다. 제안하는 소프트웨어 플랫폼에서는 GUI를 기반으로 소형무인비행체들의 임무 설정이 가능하며 다수의 소형무인비행체에서 전송되는 영상데이터 및 비행데이터가 실시간으로 통합 시현된다. 제안하는 소프트웨어 플랫폼은 단일 소형무인비행체기반 응용서비스의 한계를 극복하고 다양한 산업분야에 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

## ACKNOWLEDGMENTS

본 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.(No.2014R1A1A2056434).

REFERENCES

[1] W. I. Hyen, J. B. Kim & J. Y. Hwang. (2014). Domestic policy ready for a coming of age for civil UAV. *Proceedings of Conference on the Korea Society for Aeronautical and Space Science* (pp. 948-951). Seoul : The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences.

[2] J. W. Kim, S. W. Ha & Y. H. Moon. (2017). A study on automatic precision landing for small UAV's industrial application. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(3), 27-36.  
DOI : 10.22156/cs4smb.2017.7.3.027

[3] I. S. Kim, J. D. Yoo & B. H. Kim. (2008). A monitoring way and installation of monitoring system using intelligent CCTV under the u-City Environment. *Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, 3(4), 295-303.

[4] Y. M. Lee, I. S. Hwang, B. H. Lim & Y. H. Moon. (2016). Development of an integrated display software platform for small UAV with parallel processing Technique. *Institute of Embedded Engineering of Korea*, 11(1), 21-27.  
DOI : 10.14372/iemek.2016.11.1.21

[5] R. Garcia & L. Barnes. (2010). Multi-UAV simulator utilizing X-plane. *Journal of intelligent and Robotic Systems*, 57(1), 393 - 406.  
DOI : 10.1007/s10846-009-9372-4

[6] S. H. Kim, S. O. Cho, S. S. Kim, C. K. Ryoo & K. Y. Choi. (2011). Development of operation system for network of multiple UAVs. *The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, 39(11), 1042-1051.  
DOI : 10.5139/jksas.2011.39.11.1042

[7] Wikipedia. (2017). *X-plane*. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/X-Plane\\_\(simulator\)](https://en.wikipedia.org/wiki/X-Plane_(simulator))

[8] QGroundControl. (2017). *Overview-QGroundControl*. QGroundControl. <http://qgroundcontrol.com>

[9] Ardupilot. (2017). *Mission Planner Overview*. Ardupilot. <http://ardupilot.org/planner/docs/mission-planner-overview.html>

[10] Y. H. Shin, S. W. Cho, S. B. Jo, S. H. Kim, C. K. Lyu & K. Y. Choi. (2012). Development of Ground Control Software for Operation of Multiple Unmanned Aerial Vehicles. *The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, 40(6), 542-547.  
DOI : 10.5139/jksas.2012.40.6.542

[11] Qgroundcontrol. (2017). *MAVLink micro air vehicle protocol*. Qgroundcontrol. <http://qgroundcontrol.org/mavlink/start>

[12] W. Taymans, B. Steve, W. Andy, S. B. Ronald & K.

Stefan. (2017). *Gsteamer 1.10 application development manual*. Samurai Media Limited 2017.

[13] J. H. Jung. (2017). *RTSP VOD stream sever*. BookLab 2017.

[14] O. Jan. (2017). *Learn to produce videos with FFmpeg*. West Galax : Doceo Publishing.

저 자 소 개

임 배 현(Bae-Hyeon Lim) [정회원]



- 1995년 2월 : 부산대학교 대학원 전자공학과 박사 졸업
- 2002년 1월 ~ 2003년 2월 : 미국 캘리포니아대학교(UCR) 방문 교수
- 2016년 8월 ~ 현재 : (주)샘코 연구원

<관심분야> : 임베디드 시스템 구현, 항공 소프트웨어, 영상처리, 그래픽스

하 석 운(Seok-Wun Ha) [정회원]



- 1995년 2월 : 부산대학교 대학원 전자공학과 박사 졸업
- 2002년 1월 ~ 2003년 2월 : 미국 캘리포니아대학교(UCR) 방문 교수
- 1993년 3월 ~ 현재 : 경상대학교 항공우주및소프트웨어전공 교수

<관심분야> : 신호처리, 패턴인식, 그래픽스, 임베디드 및 항공 시스템 구현

문 용 호(Yong-Ho Moon) [정회원]



- 1998년 8월 : 부산대학교 대학원 전자공학과 박사 졸업
- 1998년 9월 ~ 2001년 8월 : 삼성전자 DM연구소 책임연구원
- 2012년 2월 ~ 2013년 1월 : 미국 캘리포니아대학교(UCSB) 방문 교수
- 2007년 3월 ~ 현재 : 경상대학교 항공우주및소프트웨어전공 교수

<관심분야> : 영상처리, 병렬처리, 항공전자, 임베디드 시스템, SoC