

## 유인회전익기에 의한 다수 무인기 운용통제기술의 통합검증환경 구현 및 검증

김형진<sup>1,†</sup> · 권상은<sup>1</sup> · 조영우<sup>1</sup> · 김봉규<sup>1</sup> · 고은경<sup>1</sup>

<sup>1</sup>국방과학연구소

### Implementation and Verification of System Integration Laboratory for Multiple Unmanned Aerial Vehicle Operation and Control Technology using Manned Rotorcraft

Hyoung Jin Kim<sup>1,†</sup>, Sang Eun Kwon<sup>1</sup>, Young Wo Jo<sup>1</sup>, Bong Gyu Kim<sup>1</sup> and Eun Kyoung Go<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agency for Defense Development

#### Abstract

This paper describes the system integration laboratory's requirement analysis, implementation, and verification for multiple-scenario unmanned aerial vehicle operation and control technology using a manned rotorcraft for Manned-Unmanned Teaming. System integration laboratory consists of manned rotorcraft flight simulation, unmanned aerial vehicle flight and mission equipment simulation, ground control system simulation for unmanned aerial vehicle control and change in the control authority between the ground control system and manned rotorcraft, and operation and control system for mission plan's writing and transmission. Each implemented simulation verified the requirements through software and hardware integration test.

#### 초 록

본 논문에서는 유무인 협업을 위한 유인회전익기에 의한 다수 무인기 운용통제기술의 요구도 검증을 위한 통합검증환경의 요구도 분석, 구현 및 검증에 대해 기술하였다. 통합검증환경은 유인회전익기 비행 모의, 무인항공기 비행 및 임무장비 모의, 무인항공기 제어 및 유인회전익기와의 통제권 변경을 위한 지상통제장비 모의, 유인회전익기 및 무인항공기 임무계획 작성 및 전송을 위한 운용통제장비 모의로 구성된다. 각각 구현된 구성품들은 소프트웨어/하드웨어 통합시험을 통해 요구도를 검증하였다.

**Key Words :** Manned-Unmanned Teaming(유무인 협업) System Integration Laboratory(시스템 통합 검증 환경), Manned Rotorcraft(유인회전익기), Unmanned Aerial Vehicle(무인기)

## 1. 서 론

미래 전쟁 방식은 단일 무기체계 전쟁에서 특정 능력(감시/정찰 능력 등)의 제공과 관련 또는 연계된 일련의 무기체계들 혹은 무기체계의 조합들로 이루어진 복합 무기체계(System of System)의 전쟁으로 전환되고 있다[1]. 최근 주목 받고 있는 복합 무기체계의 형태로는 유인기의 생존성을 증대하고 임무 수행 능력

을 극대화할 수 있는 유무인 협업(Manned-Unmanned Teaming, 이하 MUM-T) 체계이다[2]. 유무인 협업 체계에서 필요한 기술로는 무인기 체계와의 상호운용성(Level of Interoperability, 이하 LOI)에 대한 기술이 있다. 북대서양 조약 기구(North Atlantic Treaty Organization, 이하 NATO)에서는 무인기 체계와의 상호운용성 확보를 위하여 Standard Interfaces of Unmanned Aircraft(UA) Control System for NATO UA Interoperability - Interface Control Document(이하, STANAG-4586) 제정하였다[3]. 각 상호운용성(LOI)에 대한 설명은 Table 1과 같다.

Received: Oct. 20, 2023 Revised: Nov. 27, 2023 Accepted: Nov. 29, 2023

† Corresponding Author

Tel: +82-42-821-2262, E-mail: hjkim83@add.re.kr

© The Society for Aerospace System Engineering

**Table 1** Level of Interoperability

Level	Description
1	Indirect receipt and/or transmission of sensor product and associated metadata, for example KLV* Metadata elements from the UA**
2	Direct receipt of sensor product data and associated metadata from the UA
3	Control and monitoring of the UA payload unless specified as monitor only
4	Control and monitoring of the UA, unless specified as monitor only, less launch and recovery.
5	Control and monitoring of UA launch and recovery unless specified as monitor only

\*Key Length Value    \*\*Unmanned Aircraft

미국은 유무인 협업 체계에 대한 기술 확보를 위해 AH-64 Apache와 무인항공기, 무인 헬리콥터 등을 통합하여 시험을 수행하여 LOI 3 ~ 4 통제 능력을 확보하였다. 또한 AH-64 Apache와 무인항공기 Gray Eagle에 대한 유무인 협업 체계를 전력화하였다[4]. 호주는 해상작전헬기인 MH-60R과 무인항공기 Scan Eagle을 통합하여 유무인 협업 체계에 대한 시험을 수행하였다[5]. 국내에서는 소형무장헬기(Light Armed Helicopter, 이하 LAH)와 무인항공기를 통합하여 유무인 협업 수행 시 필요한 유인기의 무인기 통제 기술을 개발하고 있다. 본 논문에서는 국내에서 개발 진행 중인 유인회전익기에 의한 다수 무인기 운용통제기술 검증에 대한 통합검증환경의 요구도 분석, 구현, 검증에 대해 기술하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 통합검증환경 요구도 분석

유인회전익기의 무인기 통제 기술을 검증할 수 있는 통합검증환경 구현을 위해 유인회전익기/무인항공기/지상통제장비/운용통제장비 모의 환경이 필요하다. 본 통합검증환경은 한 대의 유인회전익기와 두 대의 무인항공기를 모의하는 것이 필요하다. 이와 같은 요구사항을 만족하기 위해 유인회전익기 및 무인항공기 통합

검증환경은 유인회전익기의 두 대의 무인기 통제 기술 검증을 위한 최적의 필요 기능만을 식별하여 구현하는 것이 요구된다.

#### 2.1.1 유인회전익기 모의 환경

유인회전익기 모의 환경은 유인회전익기의 비행모의, 탑재장비\* 모의(무장 포함) 및 조종석 콘솔 모의를 통해 유인회전익기 운용을 모의할 수 있어야 한다.(\* : 탑재장비 중 스마트 다기능 시현기(Smart Multi Functional Display, 이하 SMFD)는 실장비)

**Table 2** Simulation Requirement of Manned Rotorcraft

Item	Simulation Requirement
Flight simulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Auto &amp; manual flight simulation of Manned Rotorcraft</li> <li>· Store flight simulation</li> <li>· Flight environment simulation</li> <li>· Flight object(UAV) flight simulation</li> <li>· Ground object(Target) simulation</li> <li>· Manned Rotorcraft status information transmission</li> <li>· Ground object(Target) status information transmission</li> </ul>
Line Replaceable Unit simulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>· AFCS* model simulation</li> <li>· ADC** model simulation</li> <li>· EGI*** model simulation</li> <li>· FADEC**** model simulation</li> <li>· SMS***** model simulation</li> <li>· FQMS***** model simulation</li> <li>· ADT***** model simulation</li> <li>· SCU***** model simulation</li> <li>· IDMC***** model simulation</li> <li>· DTS***** model simulation</li> </ul>
Cockpit simulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Flight simulation display</li> <li>· Control device(HOCAS*****, control panel) for auto &amp; manual flight of Manned Rotorcraft</li> <li>· Control device(Mission Grip, SCU panel) for mission of Manned Rotorcraft</li> <li>· SMFD mounting structure</li> </ul>

\*Automatic Flight Control System,    \*\*Air Data Computer,    \*\*\*Embedded GPS&INS,    \*\*\*\*Full Authority Digital Engine Control,    \*\*\*\*\*Store Management System,

\*\*\*\*\*Fuel Quantity Measurement System,  
 \*\*\*\*\*Airborne Datalink Terminal, \*\*\*\*\*Smart  
 Control Display Unit, \*\*\*\*\*Integrated Digital Map  
 Computer, \*\*\*\*\*Data Transfer System,  
 \*\*\*\*\*Hands On Collective And Stick

### 2.1.2 무인항공기 모의 환경

무인항공기 비행모의, 탑재장비 모의를 통해 지상통제장비 모의 환경과 연동하여 무인항공기를 모의할 수 있어야 한다.

**Table 3** Simulation Requirement of Unmanned Aerial Vehicle

Item	Simulation Requirement
Flight simulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Auto flight simulation of Unmanned Aerial Vehicle</li> <li>· Flight environment simulation</li> <li>· Flight object(Manned Rotorcraft) flight simulation</li> <li>· Ground object(Target) simulation</li> <li>· Unmanned Aerial Vehicle status information transmission</li> </ul>
Line Replaceable Unit simulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>· FLCC* model simulation</li> <li>· Datalink model simulation</li> <li>· EO** model simulation</li> </ul>

\*Flight Control Computer, \*\*Electro Optic

### 2.1.3 지상통제장비 모의 환경

무인항공기 모의 환경과 연동하여 무인항공기 비행 및 임무 장비 제어를 모의할 수 있어야 한다.

**Table 4** Simulation Requirement of Ground Control System

Item	Simulation Requirement
Ground Control System simulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Communication opening simulation</li> <li>· Flight &amp; mission equipment(EO) Control simulation of Unmanned Aerial Vehicle</li> <li>· Map display</li> </ul>

### 2.1.4 운용통제장비 모의 환경

임무계획/시나리오 작성 및 전송과 가상 전장 환경 모의를 수행할 수 있어야 한다.

**Table 5** Simulation Requirement of Operation Control System

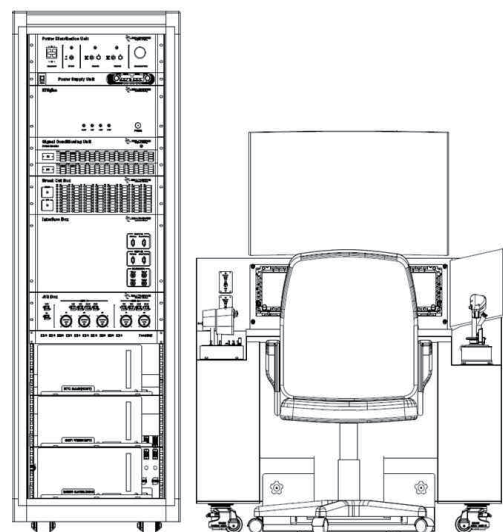
Item	Simulation Requirement
Mission plan/scenario's writing and transmitting simulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Mission plan and scenario writing simulation of Manned Rotorcraft &amp; Unmanned Aerial Vehicle</li> <li>· Transmitting simulation of Mission plan &amp; Scenario</li> </ul>
Virtual War Field simulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Flight simulation of Manned Rotorcraft &amp; Unmanned Aerial Vehicle</li> <li>· Ground object(Target) simulation</li> </ul>

## 2.2 통합검증환경 구현

### 2.2.1 하드웨어 구현

#### 2.2.1.1 유인회전익기 모의 환경

유인회전익기 모의 환경은 Fig. 1과 같이 유인회전익기 모의 장치(좌측)와 조종석(우측)으로 구성되어 있다.



**Fig. 1** Simulation Environment of manned Rotorcraft

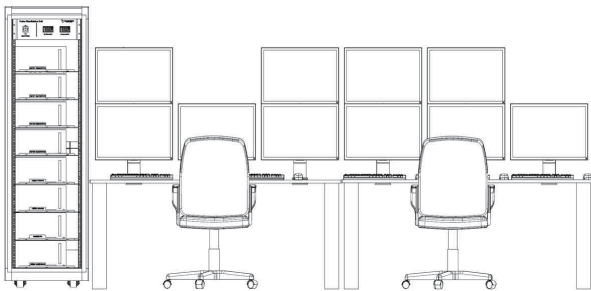
유인회전익기 모의 환경은 구성품의 전원 공급 제어

(On/Off) 및 비상 전원차단을 위한 스위치 패널, SMFD 실장비 전원 공급을 위한 전원공급기, 구성품 간 Ethernet 통신을 위한 Ethernet 스위치, 유인회전익기 탑재장비 모의를 위한 실시간처리 컴퓨터, 실시간처리 컴퓨터 제어를 위한 호스트 컴퓨터, 유인회전익기 비행모의를 위한 비행모의 컴퓨터, 전술상황영상 정보 모의를 위한 통합 전자지도 모의 컴퓨터, 통합전자지도 모의 컴퓨터 및 무인항공기 EO 모델에서 생성된 영상 출력 변환(HDMI → ARINC-818)을 위한 영상 변환기, 실시간 처리컴퓨터의 외부 입출력 신호 점검 및 단선 모의 기능을 위한 점검 단자대가 포함되도록 구현하였다.

유인회전익기 조종석은 SMFD 2대를 장착할 수 있는 장착대, 유인회전익기 비행모의 전시를 위한 모니터, 유인회전익기 자동/수동 비행 및 임무 수행을 위한 조종 장치(HOCAS, Control Panel, Mission Grip, SCU Panel), 조종 장치 Panel 정보 전시를 위한 모니터가 포함되도록 제작하였다.

### 2.2.1.2 무인항공기/지상통제장비/운용통제장비 모의 환경

무인항공기/지상통제장비/운용통제장비 모의 환경은 Fig. 2와 같이 무인항공기 모의 장치(지상 및 운용통제장비 제어컴퓨터 포함)와 모니터, 임무장비(EO) 조종을 위한 조종 장치로 구성되어 있다.



**Fig. 2** Simulation environment of unmanned Aerial Vehicle/Ground Control Station/Operation Control Console

무인항공기 모의 장치는 구성품의 전원 공급 제어 (On/Off)를 위한 스위치 패널, 무인항공기 #1/2 비행 모의를 위한 비행모의 컴퓨터 #1/2, 무인항공기 #1/2

임무장비(EO) 영상모의를 위한 영상모의 컴퓨터 #1/2, 무인항공기 #1/2의 지상통제장비 모의를 위한 지상 제어컴퓨터#1/2, 그리고 임무계획 작성 및 전송 모의와 가상 전장환경 모의를 위한 운용통제컴퓨터가 포함되어 구현하였다.

모니터는 무인항공기 모의 장치와 연동되어 비행모의, 임무장비 영상 모의, 지상통제장비 그래픽 사용자 인터페이스(Graphic User Interface, 이하 GUI), 운용통제장비 GUI를 전시할 수 있도록 하였다.

임무장비(EO) 조종 장치는 임무장비(EO) 수동 추적 모드 운용 시 임무장비(EO)의 방위각 및 고각 제어를 위해 무인항공기 #1 / #2 임무장비(EO) 영상모의 컴퓨터와 연동되도록 구현하였다.

## 2.2.2 소프트웨어 구현

### 2.2.2.1 유인회전익기 모의 환경

유인회전익기에 의한 다수 운용제어기술 중 조종사 상위 명령(조종사 임무 자동화) 검증을 위해 필요한 유인회전익기 비행 상태정보 및 비행을 모의하도록 소프트웨어를 구현하였다.

Figure 3은 유인회전익기 탑재장비와 SMFD 간 연동 구조를 나타낸 것이다. AFCS 모델은 자동 비행조종 방식의 경우 SMFD로부터 수신한 항로점을 기반으로, 수동 비행조종 방식의 경우 HOCAS로부터 수신한 조종 장치(Cyclic, Collective) 정보를 기반으로 상용 비행 시뮬레이터를 제어하여 유인회전익기 비행을 모의하고, 비행모의를 통해 획득한 비행 상태정보 (AFCS 모드(자동비행조종, 수동비행조종, 호버링)와 항로점 정보는 ARINC-429로 인터페이스 변환하여 SMFD로 전송하도록 구현하였다.

ADC, EGI, FADEC FQMS 모델은 비행모의를 통해 획득한 비행 상태정보(대기 정보, 엔진제어기 정보/연료량 정보, 항법 정보)를 ARINC-429와 MIL-STD-1553B로 인터페이스 변환하여 SMFD로 전송하도록 구현하였다.

SMS 모델은 SMFD로부터 수신한 표적 좌표, 조종 장치로부터 수신한 ARM 인가 명령, HOCAS로부터 수신한 무장 발사 명령을 기반으로 상용 비행 시뮬레이터를 제어하여 무장의 비행을 모의하고 무장 목록 및 상태 정보를 관리하도록 구현하였다.

SCDU 모델은 유인회전익기 및 무인항공기 비행에 필요한 정보(비행경로, 항로점, 고도, 속도, heading/코스 등) 선택 또는 생성을 위한 데이터를 입력받아 이를 처리하여 SCDU GUI 화면에 시현 및 SMFD로 송/수신하는 기능을 수행하도록 구현하였다.

ADT 모델은 유인회전익기와 무인항공기 간 연동을 위해 데이터링크 기능을 모의한 것으로, STANAG-4586를 준용하여 무인항공기 통제 명령과 상태 정보를 송/수신하도록 구현하였다.

IDMC 모델은 전술상황 영상과 무인항공기 #1, #2로부터 수신한 임무장비(EO) 영상을 ARINC-818 인터페이스로 변환하여 SMFD로 전송하도록 구현하였다.

DTS 모델은 운용통제장비 모의 환경에서 작성한 비행계획 및 무인기 형상 정보를 SCDU의 통제하에 SMFD로 송신하도록 구현하였다.

모의하도록 소프트웨어를 구현하였다.

Figure. 4는 무인항공기 탑재장비와 유인회전익기 탑재장비(ADT) 간 연동 구조를 나타낸 것이다.

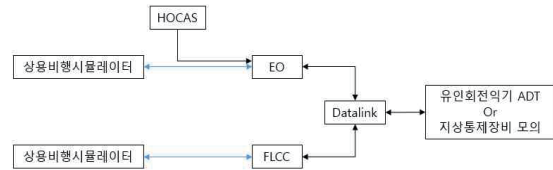


Fig. 4 Interface Configuration between Unmanned Aerial Vehicle and Manned Rotorcraft

FLCC 모델은 데이터링크 모델로부터 수신한 체계 모드(대기 모드, 지상 모드, 이륙 모드, 임무 모드, 착륙 모드) 및 비행조종방식(노브, 점항법, 자동항법, 카메라유도, 자동이륙, 자동착륙)에 따라 임무계획 장입을 통해 획득한 항로점과 해당 정보를 기반으로 생성된 내부 항로점을 상용비행시물레이터로 전송하여 무인항공기 비행을 모의하도록 구현하였다.

Figure. 5은 “Fly-by” 속성의 항로점 유도를 나타낸 것이다. 상용비행시물레이터의 제어 특성 및 항로점 명령을 사용하기 위해, 임무계획 장입을 통해 획득한 항로점과 무인항공기 속도/고도 정보를 기반으로 DTA를 산출하여 내부 항로점을 생성한다. FLCC 모델은 내부 항로점에 도달되었다고 판단(판단 기준 : 무인항공기와 항로점 간 거리 및 방향)될 경우 WP#3을 추종하도록 구현하여 Fly-by를 모의하였다.

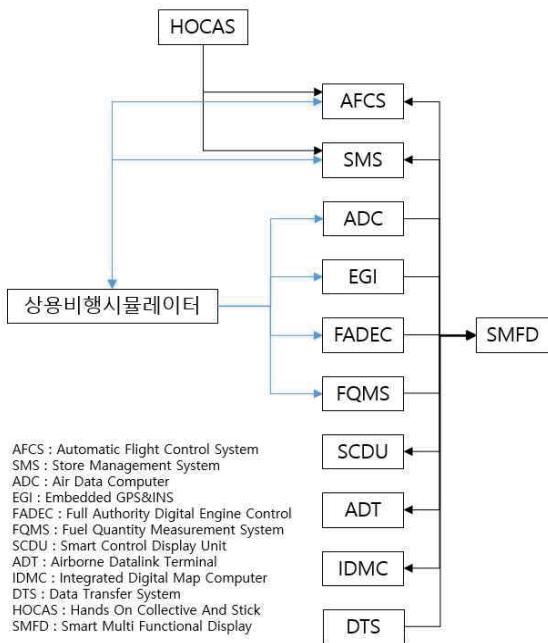


Fig 3 Interface Configuration of Manned Aerial Vehicle

### 2.2.2.2 무인항공기 모의 환경

유인회전익기에 의한 다수 무인기 운용제어기술 중 LOI 별 무인항공기 비행 및 임무장비 제어에 대한 검증을 위해 필요한 무인항공기 비행 상태정보 및 비행 모의 그리고 무인항공기 임무장비 상태정보 및 영상을

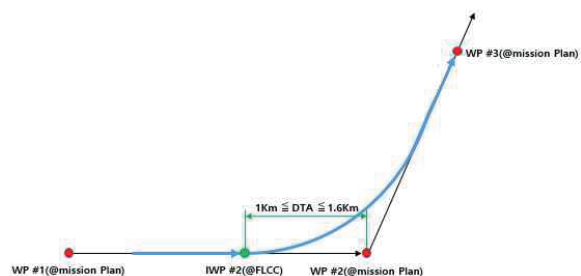


Fig. 5 “Fly-by” Waypoint guidance

DTA가 길거나 짧을 경우, Fly-by를 정상적으로 수행하지 못하는 경향이 있어 DTA 최소/최대 제한값을 설정하여 해당 범위 내에서 Fly-by를 수행하도록 하

였다. 해당 Fly-by 항로점 유도는 무인항공기 선회를 모의할 때도 적용하였다.

데이터링크 모델은 유인회전익기와 무인항공기 간 연동을 위해 데이터링크 기능을 모의한 것으로, STANAG-4586을 준용하여 무인항공기 통제 명령과 상태 정보를 송/수신하도록 구현하였다.

EO 모델은 데이터링크 모델부터 수신받은 제어 명령(전원 On/Off, 운용 모드, 시계, LRF, 전방 모드 고각, 좌표 정보, 조종간 신호)에 따라 임무장비(EO) 운용과 영상을 모의하도록 구현하였다. Fig. 6, 7, 8은 EO 운용 모드(전방, 수동, 자동, 좌표지향) 별 순서도를 나타낸 것이다. 각 운용 모드에서는 입력받은 제어 명령과 상용비행시플래이더로부터 수신받은 EO Heading/Pitch 정보와 무인항공기 위치 및 자세 정보를 기반으로 EO 시선방향 제어 값을 생성하여 상용비행시플래이더로 전송하여 각 운용 모드에 맞는 영상을 모의할 수 있도록 구현하였다.

좌표 지향 모드 / 자동 추적 모드

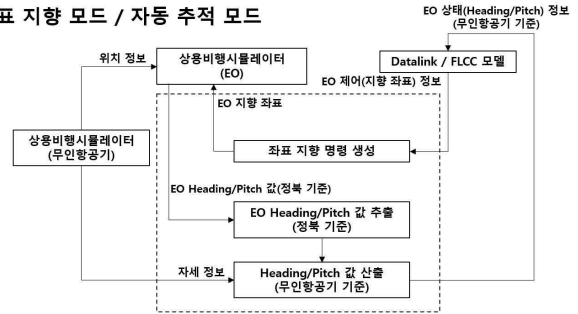


Fig 8 Flowchart of EO's Geo-Pointing & Automatic Tracking mode

2.2.2.3 지상통제장비 모의 환경

STANAG-4586을 준용하여, 유인회전익기에 의한 다수 무인기 운용제어기술 개발 전 LOI 별 무인항공기 비행 및 임무장비 제어에 대한 선 검증(상위 명령 부분 제외)과 기술 개발 후 LOI 별 통제권 변경(유인회전익기↔지상통제장비) 검증을 위해 필요한 지상통제장비 기능을 모의하도록 소프트웨어를 구현하였다. 지상통제장비 모의 환경은 무인항공기 및 임무장비 운용을 위한 화면과 무인항공기 전술 상황 정보 전시를 위한 지도 화면으로 구성된다.

Figure. 9는 무인항공기 운용을 위한 GUI 화면으로, 데이터링크 설정, 임무계획 장입, 무인항공기와 지상통제장비 간 통제권 획득 및 무인항공기에 대한 통제권 변경(지상통제장비 to 유인회전익기), 무인기 비행 및 임무장비(EO) 제어, 무인항공기 및 임무장비(EO) 상태 정보 전시, 무인항공기 임무장비(EO) 영상 전시 기능을 수행하도록 구현하였다.

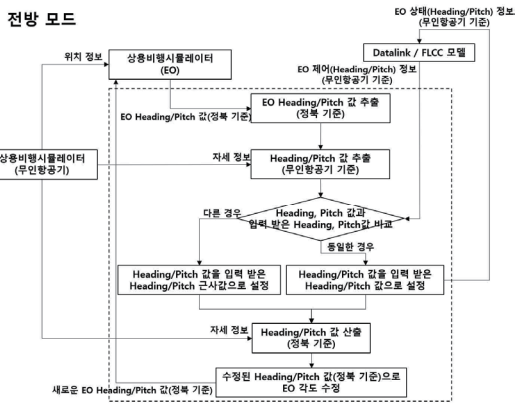


Fig 6 Flowchart of EO's Ahead mode

수동 추적 모드

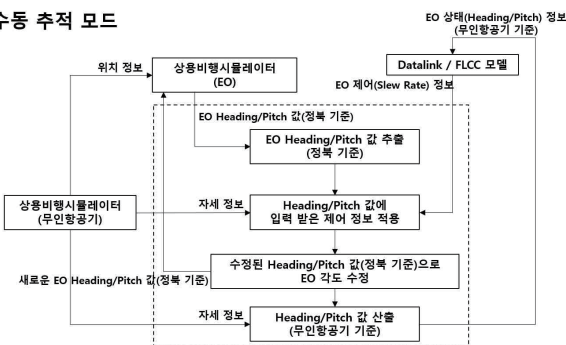


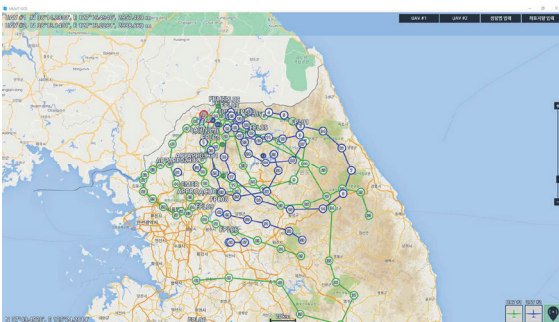
Fig 7 Flowchart of EO's Manual Tracking mode



Fig 9 Ground Control Station's GUI for UAV's Operation

Figure. 10은 무인항공기 전술 상황 정보 전시를 위

한 지도(구글 지도 활용)로, 무인항공기 #1과 #2의 현재 위치 전시, 비행경로 전시, 항적 전시, 표적 위치 전시, 지도 화면 제어(축척 변경, 지도 이동, 비행경로 전시 설정), 무인항공기 비행조종 방식 중 점항법에 대한 정보 입력, 무인항공기 임무장비(EO) 운용 모드 중 좌표지향 모드에 대한 정보 입력 기능을 수행하도록 구현하였다.

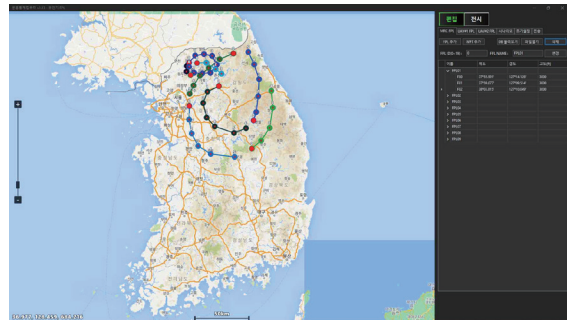


**Fig. 10** Ground Control System's MAP for Tactical Situation

**2.2.2.4 운용통제장비 모의 환경**

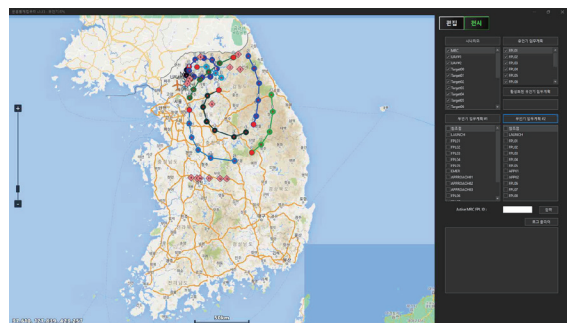
유인회전익기에 의한 다수 무인기 운용제어기술 검증을 위한 다양한 임무계획 및 시나리오 작성 기능을 모의하도록 소프트웨어를 구현하였다. 운용통제장비 모의 환경은 임무계획 및 시나리오를 작성하고, 전시할 수 있는 화면과 가상전장 환경 모의 화면으로 구성된다.

Figure. 11은 임무계획 및 시나리오 작성/전송을 위한 편집 탭 화면이다. 임무계획은 운용자가 임무계획 상의 항로점 정보를 직접 입력하는 방식과 지도 클릭을 통한 임무계획 상의 항로점을 추가하는 방식을 통해 작성할 수 있으며, 시나리오도 동일한 방식을 통해 시나리오 정보(유인회전익기/무인항공기/표적 위치 정보)를 입력할 수 있도록 구현하였다. 또한 작성 중인 또는 작성된 임무계획 및 시나리오 정보는 지도(구글 지도 활용) 화면에 전시되도록 구현하였다.



**Fig. 11** Edit Tab for Mission Planning and Scenario

Figure. 12는 작성된 임무계획 및 시나리오 정보 전시를 위한 전시 탭 화면이다. 전시 탭 화면은 운용자의 선택을 통해 시나리오, 유인회전익기 임무계획, 무인기 임무계획을 선택적으로 전시할 수 있고 유인회전익기와 무인항공기를 운용자가 원하는 임무계획 상의 항로점으로 즉시 이동시킬 수 있는 점프 기능을 수행할 수 있도록 구현하였다.



**Fig. 12** Display Tab for Mission and EO Photographic Planning

Figure. 13은 가상전장 환경의 화면이다. 가상전장 환경은 기술 검증 간 운용자가 전장 상황을 인식할 수 있도록 운용통제장비 모의 환경의 상용 비행 시뮬레이터를 이용하여 유인회전익기 및 무인항공기 모의 환경으로부터 수신한 정보(비행상태 정보, 표적 정보 등)를 기반으로 전장 환경을 모의하도록 구현하였다. 가상전장 환경은 시험 진행 간 유인회전익기, 무인항공기(2대), 표적, 무장 영상을 동시에 볼 수 있는 메인 화면(상단 큰 화면), 메인/서브 1/서브 2 화면의 시점을 제어할 수 있는 시점 제어 화면, 유인회전익기, 무인항공기, 표적을 별도 화면으로 선택하여 전시하는 서브 화

면 1과 2로 구성된다.

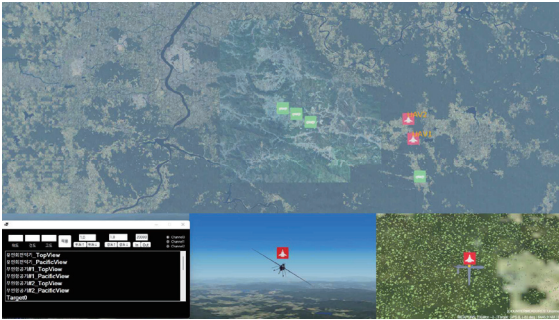


Fig. 13 Virtual War Field

### 2.3 통합검증환경 검증

통합검증환경 검증은 소프트웨어/하드웨어 통합시험을 통해 검증하였다. 1차 소프트웨어/하드웨어 통합시험 수행 전 하드웨어 검증시험을 통해 통합검증환경 하드웨어 요구도에 대한 검증을 수행하였다. Table. 6은 하드웨어 검증시험 목록을 나타낸 것으로, 각각의 시험 항목들은 검사와 시연을 통해 하드웨어 요구사항 명세서에 기술된 요구사항들(구성품 수량, 구성품 전원 공급 제어, 구성품 연동 검사, 구성품 사양 등)을 모두 충족함을 확인하였다.

Table 6 List of Test Item for Hardware Verification Test

Test Method	Test Description
Inspection	Rack (Manned Rotorcraft simulation device)
Inspection	Rack (UAV simulation device)
Inspection	SMFD mounting structure
Inspection	Cable
Inspection & Demonstration	Inspection terminal structure
Inspection & Demonstration	Data monitoring device
Demonstration	Switch panel
Demonstration	Power supply

Demonstration	Ethernet switch
Demonstration	Real-time computer
Demonstration	Host computer
Demonstration	Flight simulation computer
Demonstration	Integrated electronic map simulation computer
Demonstration	Image converter
Demonstration	Power (Manned Rotorcraft simulation device)
Demonstration	Display
Demonstration	HOCAS
Demonstration	Mission Grip
Demonstration	Tail rotor pedal
Demonstration	UAV#1 flight simulation computer
Demonstration	UAV#1 video simulation computer
Demonstration	UAV#2 flight simulation computer
Demonstration	UAV#2 video simulation computer
Demonstration	Power (UAV simulation device)
Demonstration	GCS* computer#1
Demonstration	GCS computer#2
Demonstration	EO Control Device
Demonstration	Operation Control Computer
Demonstration	Line Replaceable Unit simulation control computer

\*Ground Control System

1차 소프트웨어/하드웨어 통합시험에서는 지상통제 장비 모의 환경을 이용한 통합검증환경 소프트웨어 요구도 검증에 중점을 두었으며, 요구도 검증 시험에 더불어 유무인 협업을 위한 유인회전익기의 무인기 운용 제어기술이 탑재되지 않는 SMFD를 이용하여 체계 및 비행체 연동통제문서(Interface Control Document, 이하 ICD) 검증 시험을 병행하였다. Table. 7은 1차 소프트웨어/하드웨어 통합시험 목록을 나타낸 것으로,



유인회전익기 운용 시험, 연동 시험(유인회전익기/무인 항공기-운용통제), 무인항공기 운용시험, 운용통제 운용시험을 통해 소프트웨어 요구사항 명세서에 기술된 요구사항들을 모두 충족함을 확인하였다.

**Table 7** List of Test Item for First Software and Hardware Verification Test

Test Case	Test Description
Operation Test of Manned Rotorcraft	Manned Rotorcraft flight simulation
	Test ADT model Datalink TC*/TM**
	Test ADT model UAV #1/#2 TC/TM
	AFCS model
	ADC model simulation
	FADEC model simulation
	EGI model simulation
	FQMS model simulation
	SCDU Input/Output
	SCDU model
	SMS model simulation
	HOCAS
	Mission Grip
	Control Panel
	Integrated electronic map simulation
	Display AFCS, ADC, FADEC, EGI, FQMS, SMS panel date
Check Manned Rotorcraft and store model	
Build topography and landmark	
Interface Test	Operation and control, mission plan

Operation Test of Unmanned Aerial Vehicle	Operate UAV
	Mission equipment(EO) video
	Display object control and status information
	Transmit flight information
	Build topography and landmark
	Check UAV model
Operation Test of Operation Control System	Ethernet interface
	Write mission plan
	Manage scenario, Display target location
	Write UAV initial data
	Apply scenario setting
	View of virtual war field

\*Telecommand \*\* Telemetry

2차 소프트웨어/하드웨어 통합시험에서는 유무인 협업을 위한 유인회전익기의 무인기 운용제어기술이 탑재된 SMFD를 이용한 통합검증환경 소프트웨어 요구도 검증에 중점을 두었다. Table. 8은 2차 소프트웨어/하드웨어 통합시험 목록을 나타낸 것으로, 운용 단계별 시험을 통해 소프트웨어 요구사항 명세서에 기술된 요구사항들을 모두 충족함을 확인하였다.

**Table 8** List of Test Item for Second Software and Hardware Verification Test

Test Case	Test Description
Operation Test (Phase 1)	Write mission plan
	Write scenario
	Set UAV initial data
	Transmit Manned Rotorcraft & UAV FPL, scenario, initial setting data
	Display Manned Rotorcraft & UAV FPL, scenario, initial setting data

Operation Test (Phase II)	Operate UAV #1 I
	Operate UAV #2 I
Operation Test (Phase III)	Operate Manned Rotorcraft(SMFD)-PFD* mode
	Operate Manned Rotorcraft(SMFD)-MUMT mode
	Operate Manned Rotorcraft(SMFD)-MAIN** mode
	Operate Manned Rotorcraft(SMFD)-WPN*** mode
Operation Test (Phase IV)	Change of UAV #1 control authority (LOI4)
	Change of UAV #1 control authority (LOI3)
	Change of UAV #1 control authority (LOI2)
	Change of UAV #2 control authority (LOI4)
	Change of UAV #2 control authority (LOI3)
	Change of UAV #2 control authority (LOI2)
Operation Test (Phase V)	Operate UAV #1, #2 concurrently (LOI4)
	Operate UAV #1, #2 concurrently (LOI3)
	Operate UAV #1, #2 concurrently (LOI2)
Operation Test (Phase VI)	Change of UAV #1 control authority (LOI5)
	Change of UAV #2 control authority (LOI5)

\*Primary flight Display \*\*Maintenance \*\*\*Weapon

운용 1단계는 임무계획 작성, 2단계는 지상통제장비를 통한 무인항공기 운용(이륙), 3단계는 유인회전익기 운용, 4단계는 지상통제장비와 유인회전익기 간 무인항공기 통제권 변경 절차 수행, 5단계는 유인회전익기를 통한 무인항공기 2대 운용, 6단계는 유인회전익기와 지상통제장비 간 통제권 변경 절차 및 지상통제장비를 통한 무인항공기 운용(착륙)을 수행한다.

### 3. 결 론

유무인 협업체계는 유인회전익기와 무인항공기 간 상호 연동하면서 각각의 장점을 최대한 이용하여 다양한 임무를 효과적으로 수행하고 유인회전익기의 생존

성을 증대할 수 있는 복합 무기체계이다. 해당 복합 무기체계를 실전에 적용하기 위해서는 통합검증환경을 이용한 기능(특히 무인항공기에 대한 지상통제장비와 유인회전익기 간 통제권 변경 기능 및 유인회전익기에 의한 무인항공기 및 무인항공기 임무장비(EO) 통제 기능) 검증이 필수적으로 요구된다. 그러나 유인회전익기 또는 무인항공기 기능 검증을 위한 개별 통합검증환경들을 다수 개발되었으나, 유인회전익기와 무인항공기 기능을 함께 검증할 수 있는 통합검증환경은 국내에서 개발된 사례가 없다.

본 논문에서는 국내에서 개발 진행 중인 유무인 협업을 위한 유인회전익기의 의한 다수 무인기 운용통제 기술을 검증할 수 있는 통합검증환경에 대한 요구도 분석, 구현, 검증에 대하여 기술하였다.

유무인 협업을 위한 유인회전익기에 의한 다수 무인기 운용통제기술은 응용연구 단계로 개발 진행되고 있어 통합검증환경 구축 시, 무인기 운용제어기술 검증을 위한 최적의 필요 기능만을 식별하여 구현하는 것이 요구되었다. 이를 충족하기 위해 상용 비행 시뮬레이터를 적용하였으며, 유인회전익기 및 무인항공기 탑재장비 중 기술 검증에 필요한 탑재 장비의 기능만을 모의하였다. 구현/제작된 통합검증환경은 소프트웨어 및 하드웨어 통합시험을 통해 검증 완료하였으며, 유무인 협업을 위한 유인회전익기에 의한 다수 무인기 운용통제기술에 대한 시스템 통합 시험과 시나리오 검증 시험에 활용될 예정이다.

### 후 기

이 논문은 2023년 정부(방위사업청)의 재원으로 수행된 연구 결과입니다.

### References

- [1] H. J. Kim, S. E. Kwon, Y. W. Jo, and Y. M. Jeoun, "Verification Environment Design Method of Manned Aerial Vehicle's UAV Operational Control Technology for Manned-Unmanned Teaming," KSAS 2022 Spring Conference, Goseong, Korea, pp. 442-443, April 2022.

- 
- [2] J. M. Kim, “Recent Trend in MUM-T(Manned-Unmanned Teaming) Technology Development for Military Helicopter Survivability Enhancement,” KSAS 2019 Spring Conference, Buan, Korea, April 2019.
  - [3] NATO, “Standard Interfaces of Unmanned Aircraft(UA) Control Systems for NATO UA Interoperability-Interface Control Document“, Edition 4, NATO Standardization Agency, 2017.
  - [4] <https://www.ausa.org/sites/default/files/apache-manned-unmanned-teaming.pdf>.
  - [5] Ridzwan Rabmat “Australian frigate conducts first MUM-T operations with MH-60R helicopter, Scan Eagle UAS“, Jane’s Navy International, 2017.