



J. Korean Soc. Aeronaut. Space Sci. 47(9), 678-685(2019)

DOI:https://doi.org/10.5139/JKSAS.2019.47.9.678

ISSN 1225-1348(print), 2287-6871(online)

유무인기 협업 기반의 SEAD 임무 수행절차 분석

김정훈¹, 서원익², 최기영³, 유창경⁴

Analysis of SEAD Mission Procedures for Manned-Unmanned Aerial Vehicles Teaming

Jeong-Hun Kim¹, Wonik Seo², Keeyoung Choi³ and Chang-Kyung Ryoo⁴

Inha University

ABSTRACT

Due to the changes in future war environment and the technological development of the aviation weapon system, it is required to carry out on the analysis of the Manned-Unmanned aerial vehicles Teaming(MUM-T). Conventional manned-unmanned aerial vehicles operate according to the air strategy missions and vehicles' performance. In this paper, we analyze conventional aerial vehicle's mission to derive various kinds of missions of MUM-T after analyzing the unmanned aircraft systems roadmap issued by US DoD and the air strategy of US Air Force. Next, we identify the basic operations of the vehicles to carry out the missions, select the MUM-T based Suppression of Enemy Air Defense missions(SEAD), and analyze the procedure for performing the missions step by step. In this paper, we propose a procedure of the mission in the context of physical space and timeline for the realization of the concept of MUM-T.

초 록

미래 전장 환경의 변화와 항공무기체계의 기술적 발전에 따라 유인기와 무인기의 상호 보완적인 유무인기 복합 운용을 통한 임무 수행이 요구된다. 기존의 유무인기 전투체계는 항공작전임무에 따라 운용되었으며 유무인기의 성능에 따라 수행 가능한 임무가 제한된다. 본 논문에서는 유무인기 협업 기반의 임무 도출을 위해 미 국방성의 무인기 시스템 로드맵과 공군의 항공작전을 분석한 후 기존의 유무인기의 임무를 분석한다. 다음으로 임무를 수행하기 위해 필요한 유무인기의 기본 기능을 식별하고 유무인기 협업 기반의 임무를 적 방공제압 임무로 선정한 후 이 임무를 수행하기 위한 절차를 단계별로 분석한다. 본 논문은 유무인기 복합 운용 개념의 구체화를 위해 임무 단계별 절차를 물리적인 공간 및 시간 순서의 맥락으로 분석하여 제안한다.

Key Words : MUM-T Mission(유무인 복합 임무), Air Strategy(항공 작전), Derivation of Mission (임무 도출), SEAD(적 방공제압)

† Received : July 2, 2019 Revised : July 31, 2019 Accepted : August 6, 2019

¹ Graduate Student, ² Graduate Student, ³ Professor, ⁴ Professor

⁴ Corresponding author, E-mail : ckryoo@inha.ac.kr

I. 서 론

현대의 항공 기술은 이전의 두 차례의 세계대전과 국가간의 이익 대립에 의한 전쟁으로 인해 급속도로 발전하여 전장에서 항공기를 이용한 임무가 매우 다양해졌으며 임무 성공에 막중한 역할을 하게 되었다. 정찰/감시 위주로 활용되었던 무인기가 앞서 언급한 항공 기술의 발전으로 인해 유인기만의 고유한 임무들을 대체하고 있는 추세이고 미 국방성은 2030년까지 무인기의 유인기 임무 대체 계획을 발표하였다[1]. 또한 미래 전장 환경은 위협 유형이 다양해지고 매우 복잡한 임무형태로 변화하기 때문에 인명피해를 최소화하고 전투 효과를 상승시키기 위해 무인항공기 기술이 기존의 유인전투체계와 통합되어 운용될 것으로 예상된다. 따라서 미래 전장 환경을 고려하여 유무인기를 상호 보완하여 장점을 극대화할 수 있는 유무인기 협업 기반의 임무 형태 도출이 필요하다[2].

이미 주요 선진국에서는 유무인 복합 무기체계를 활용한 작전을 수행 중이며, 특히 항공무기체계는 유무인기 복합 운용을 위한 로드맵을 수립 중이다. 미 해군에서는 유인기 F/A-18 Hornet과 무인기 X-47B를 항공모함 USS Theodore Roosevelt에 착륙한 사례가 있으며 F/A-18이 X-47B의 통제권을 이양 받아 항공모함에 착륙하는 시험을 성공하였다[3]. 미 육군에서는 Apache AH-64E와 무인기(Gray Eagle, Army ShadowDrones) 편대를 구성하여 최초의 유무인 통합 운용인 MUM-T(Manned-Unmanned Teaming) 비행대를 설립하여 운용하고 있다[4]. 독일 뮌헨 국방대학에서는 유무인기 통합 미션 운용 시뮬레이션을 개발하여 3대의 UAV와 해당 편대의 통제권을 가진 수송헬리콥터 한 대로 수송임무 시나리오를 시뮬레이션 하였으며 최근에는 인지시스템을 기반으로 조종사의 업무하중을 고려하여 유무인전투기 복합 운용을 위한 임무계획을 도출하였다[5,6]. 국내에서는 건국대학교와 국방과학연구소에서 다수 유/무인기의 협동을 통한 임무 설계 연구를 수행하였으며 공군작전 임무형태를 분석한 후 임무 수행을 위한 편조모드를 제시하였다[2]. 참고문헌 [2]에서는 유무인기 협동 임무형태인 편조만 제시하고 유무인기의 협동 임무 수행 시 각 단계별로 유무인기가 수행해야 할 활동과 단계별 절차에 대한 분석이 이루어지지 않았다. 본 논문에서는 참고문헌 [2]에서 제안한 유무인기 협업 임무 수행을 위한 편조모드를 활용하여 유무인기 협업 형태의 임무 수행 절차를 분석하여 유무인기 협업 임무 형태를 도출한다. 2.1장에서는 기존의 유무인기 임무를 항공작전 형태로 분석하고 작전에 따른 임무를 정리하였다. 2.2장에서 유무인기가 단계별 임무를 수행할 때 필요한 기본적인 비행 기능을 식별한다. 2.3장에서는 2.1, 2.2장의 내용을 바탕으로 유무인기 협업 가능한 임무로서 SEAD 임무를 선정한다.

2.4장에서는 선정한 SEAD 임무를 수행하기 위한 비행 절차를 단계별로 분석하고 무인기의 자율화 수준을 고려한 유인기의 임무 할당 및 제어 절차를 분석한다. 마지막으로 3장에서 본 논문의 결론을 다룬다.

II. 본 론

본 절에서는 유무인기 협업 임무 수행을 위한 비행 절차를 분석하고 기존의 항공작전임무와 비행 요소 및 기능을 식별하여 새로운 유무인기 협업 임무를 도출한다. 먼저 선행 연구, 기존의 유무인기 임무, 로드맵, 교리 등의 문헌 조사를 통해 현재 항공무기체계의 기술적 수준(센서, 무장 등)을 파악하고 유인기의 Dirty, Dangerous, Dull(3D) 임무 중 무인기가 대체 가능한 임무를 파악한다. 다음으로 유무인기가 단계별 임무를 수행할 때 필요한 기본 비행 기능(편대, 경로점, 정찰, 충돌회피 비행 등)을 식별한다. 이후 유무인기 복합 형태로 협업이 가능한 임무를 선정하고 유무인기의 비행 기능으로 각 단계를 구성하여 임무를 수행하기 위한 비행 절차를 분석한다. MUM-T 임무 도출을 위한 절차 분석 단계는 Fig. 1과 같다.

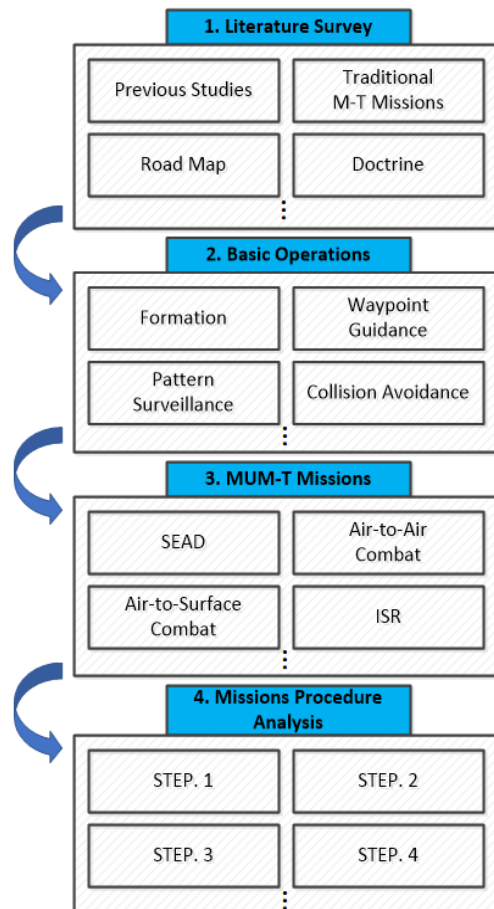


Fig. 1. Derivation of MUM-T Missions

2.1 기존 유무인기 임무 분석

미래의 유무인기 복합 운용 기반 임무 수행을 위해 기존의 유무인기의 임무에 대한 분석이 필요하다. 현재 미군에서 운용 중인 유인기와 무인기별 임무현황은 참고문헌 [7], [8]에 정리되어 있다.

기존의 유무인기의 임무는 공군의 항공작전 형태로 구분되며[2], 크게 공중전투임무(Combat Air Operations)와 공중전투지원임무(Combat Support Air Operations)로 구분되며 세부 임무는 Table 1과 같다[9].

공중전투임무는 제공작전(Counter Air Operations), 대지 작전(Anti-surface Operations), 전략적 공세(Strategic Offensive)로 구분된다. 공중전투지원임무는 공중 및 지상군을 지원하기 위한 비전투 항공작전이며 공수작전(Airlift), 공중급유(Air-to-Air Refueling), 감시 및 정찰(Surveillance and Reconnaissance), 탐색 및 구조(Search and Rescue), 전자전 작전(Electronic Warfare Operations)으로 구분된다.

제공작전은 아군의 군사 활동을 보호하고 타 작전을 자유롭게 수행하도록 공중우세를 확보하고 유지하기 위하여 적의 항공력 및 방공체계를 무력화 또는 파괴시키는 작전으로 공세제공작전(Offensive Counter

Air)과 방어제공작전(Defensive Counter Air)으로 구분된다. 제공작전은 적의 공중 및 미사일 위협을 제거하기 위해 특수전부대, 정보전 요소뿐만 아니라 공대공 및 공대지 미사일과 폭탄을 무장한 항공기와 병행하여 작전을 수행한다.

공세제공작전은 공중우세를 획득하기 위해 적의 C4I(Command, Control, Communication, Computer, Intelligence) 및 방공체계와 관련 기반시설을 계획된 시간 및 장소에서 파괴 및 무력화하는 작전이다. 유무인 항공력은 적 지역에 대해 공세적으로 운용하며 아군의 다른 중심타격 전력과의 연계 운용하여 작전의 효과를 높인다.

공세제공작전은 적의 방공체계 및 자산의 무력화에 집중하며 여러 작전 중 적방공제압(Suppression of Enemy Air Defense, SEAD) 작전의 필수적인 요소이다. 이는 적의 방공체계를 파괴 또는 무력화하거나 일시적으로 기능을 저하시켜, 아군의 군사활동에 대한 행동의 자유를 보장하는 것으로 전자전과 병행하여 실시한다.

방어제공작전은 아군을 향해 공격을 시도하거나 침투를 시도하는 적의 항공력을 원거리에서 탐지, 식별, 요격 및 파괴함으로써 적의 공중공격을 차단하고 무력화시키는 작전이다. 아군피해를 최소화하고 성공적인 방어제공작전 수행을 위해 우주, 공중, 지상의 조기경보체계를 바탕으로 전투기와 지대공무기로 구성된 이종무기 운용이 요구된다.

Table 1. Air Strategy [9]

1. Combat Air Operations		
Counter Air Operations	Offensive Counter Air	<ul style="list-style-type: none"> • Suppression of Enemy Air Defense(SEAD) • Fighter Sweep • Escort • Airfield Attack
	Defensive Counter Air	<ul style="list-style-type: none"> • Area Defense • Point Defense • High Value Airborne Asset Protection (HVAAP)
Anti-Surface Operations	<ul style="list-style-type: none"> • Air Interdiction • Battlefield Air Interdiction • Close Air Support • Maritime Air Operations 	
Strategic	<ul style="list-style-type: none"> • Nuclear • Conventional 	
2. Combat Support Air Operations		
<ul style="list-style-type: none"> • Airlift • Air-to-Air Refueling • Surveillance and Reconnaissance • Search and Rescue • Electronic Warfare Operations 		

2.2 유무인기 기본 비행기능 식별

유무인기가 협업하여 단계별 임무를 수행할 때 유인기에서 무인기로의 제어 명령이 할당되어 무인기가 임무를 수행하거나 자율적으로 상황을 판단하여 임무를 수행하게 된다. 각각의 세부 임무는 항공기의 기본 기능(Basic Operations)으로 구현되며 비행 기능과 무장을 이용한 공격 기능으로 구분된다. 따라서 임무 수행에 필요한 유무인기의 기본 기능을 식별하고 각각의 기능을 조합하여 임무를 수행할 수 있다.

유무인기의 기본 기능은 편대비행(Formation), 경로점 유도(Waypoint Guidance), 기동(Maneuver), 로이터링(Loitering), 충돌회피(Collision Avoid), 공격기능으로 구성되며 Tables 2-7은 각 기능별 유형과 그 기능을 수행하기 위한 요구항목을 나타낸다.

편대 비행은 항공기의 대수와 항공기 간의 위치 정보를 이용하여 편대를 구성한다. 편대를 구성하는 항공기의 대수에 따라 그 형태가 다르며 편대를 구성하는 대수에 따른 유형과 요구사항은 Table 2와 같다[10].

기동은 표적을 공격하는 기동과 탐지하는 기동으로 나뉘며 공격 기동에는 두 대 이상의 항공기가 협력하여 표적을 공격하는 협력 공격 기동이 있다. 기동별 유형과 요구사항은 Table 3과 같다[10].

Table 2. Formation Flight Operations [10]

Type		Requirements
Two Ship	<ul style="list-style-type: none"> Two Ship Wedge Fighting Wing Two Ship Line Abreast 	<ul style="list-style-type: none"> Own Position & Neighbor's Relative Position on Global Coordinate
Three Ship	<ul style="list-style-type: none"> Vic Three Ship Wedge Fluid Three 	
Four Ship	<ul style="list-style-type: none"> Arrowhead Offset Box Spread Four Fluid Four 	

Table 3. Maneuver Operations [10]

Type		Requirements
Target Attack	<ul style="list-style-type: none"> Terrain Masking Box Pattern 	<ul style="list-style-type: none"> Flight Altitude Flight Speed Flight Formation
	<ul style="list-style-type: none"> Pop-up Fly-up 	<ul style="list-style-type: none"> Maneuver Distance Descent Altitude & Descent Angle Weapon Launch Time
	<ul style="list-style-type: none"> Ingress/Egress 	<ul style="list-style-type: none"> Starting Time Ascent/Descent Angle
	Cooperative Attack	<ul style="list-style-type: none"> Split Echelon Pop
<ul style="list-style-type: none"> Trail 		<ul style="list-style-type: none"> Separation Distance Maneuver Duration
Target Detection		<ul style="list-style-type: none"> Bow Tie Pattern Tangent Path

Table 4. Loiter Operations [11]

Type	Requirements
<ul style="list-style-type: none"> Circle 	<ul style="list-style-type: none"> Loiter Radius Loiter Length Loiter Heading Angle Loiter Direction Loiter Altitude Loiter Speed Loiter Center Loiter & Flight Point
<ul style="list-style-type: none"> Race Track 	
<ul style="list-style-type: none"> Figure 8 	

Table 5. Waypoint Guidance Operations [13]

Type	Requirements
<ul style="list-style-type: none"> Fly-Over Fly-by 	<ul style="list-style-type: none"> Waypoint Position Waypoint Number Guidance Type Leg Type

로이터링은 정해진 비행 경로를 반복하여 비행하는 기능으로 정찰/감시 임무에 필수적인 기능이다. 비행 경로의 모양에 따라 필요한 로이터링 요소들은 Table 4와 같다[11].

경로점 유도는 항공기를 정해진 경로를 따라 이동시키면서 특정 지점인 경로점을 통과하도록 하며 항공기의 임무를 완수하도록 하는데 중요한 역할을 하는 기능이다[12]. 경로점 유도는 비행 지점을 경로점으로 선택하여 로이터링을 수행할 때도 사용되며 경로점을 통과하거나 통과하지 않고 선회를 하는 방식이 있으며 Table 5의 요소에 따라 형태가 다르다[13].

충돌 회피는 항공기 간 또는 장애물과의 거리가 가까워 충돌 임박 시 센서가 감지하여 충돌을 방지하는 기능이며 Table 6과 같이 항공기와 장애물의 정보를 이용하여 충돌 감지를 수행한 후 충돌 회피 기동을 수행한다. 일반적으로 항공기에 장착된 충돌 회피 시스템은 ACAS(Automatic Air Collision Avoidance System)와 TCAS(Traffic Collision Avoidance System)가 있다[14,15].

공격 기능은 항공기에 탑재된 무장의 종류에 따라

Table 6. Collision Avoidance Operations [14,15]

Type		Requirements
Detection	<ul style="list-style-type: none"> Trajectory Calculation & Distance Estimation Probabilistic Estimation Act as Seen 	<ul style="list-style-type: none"> Aircraft Position, Speed, Direction Obstacle Position, Speed, Direction Distance Between Aircraft-Obstacle Angle Between Aircraft-Target Visual Sensor Information
Avoidance	<ul style="list-style-type: none"> Geometric Approach Optimized Trajectory Approach Bearing Angle Based Approach Force Field Approach 	

Table 7. Attack Operations

Type	Requirements
Air to Air	<ul style="list-style-type: none"> AIM-9X Sidewinder AIM-120 AMRAAM
	<ul style="list-style-type: none"> Target Position Target Range
Air to Surface	<ul style="list-style-type: none"> AGM-84 SLAM-ER AGM-88 HDAM AGM-84 Harpoon
	<ul style="list-style-type: none"> Guidance Type Launch Platform
	<ul style="list-style-type: none"> Position, Speed, Heading Angle
Bomb	<ul style="list-style-type: none"> CBU-87 GBU-10 JDAM
	<ul style="list-style-type: none"> Target Position Target Range
Jamming	<ul style="list-style-type: none"> ALQ-88K ALQ-200
	<ul style="list-style-type: none"> Frequency Range Jamming Range Jamming Time Jamming Type
Decoy	<ul style="list-style-type: none"> Flare ADM-160 MALD
	<ul style="list-style-type: none"> Target Position Target Range Decoy Type

다른 임무를 수행하도록 하며 유도탄 및 폭탄은 적 항공기나 미사일을 직접 요격 및 타격하거나 적 지역의 방공체계나 기반 시설을 파괴하는데 사용된다. 디코이는 적 방공체계를 교란하는 반레이더 유도탄을 사용하거나 플레어를 사용하여 적의 미사일을 교란하는 기능을 수행한다. 전자전에 해당하는 제밍은 직접 파괴가 아닌 적의 레이더 또는 센서 시스템을 무력화시키는 기능을 수행한다. 공격 방식에 따른 무장의 종류 및 운용 시 요구사항은 Table 7과 같다.

2.3 유무인기 협업 임무 선정

항공작전임무에 따라 필요한 항공기의 종류가 다르고 유무인기의 운용 개념이 달라진다. 유무인기를 복합하여 운용할 경우 양자의 장점을 활용할 수 있고 단점을 보완하여 기존의 임무 수행에 어려운 점(인명 및 기체 손실 등)을 극복하고 성공적인 임무를 수행할 수 있다. 유인기의 임무를 무인기로 대체 시 임무 성공률 향상이 기대되는 분야는 타격임무, 전자 정보 수집(ELINT collection), SEAD, CAS(Close Air Support) 임무로, 스텔스 기능에 의한 피탐지율 감소 및 접근 거리 증가, 인명 손실 방지 등의 장점이 기대된다[16]. 본 연구에서는 3D 임무에 포함되는 SEAD 임무를 유무인기 협업 임무로 선정하였으며 기존의 SEAD 임무를 분석한 후 유무인기 협업 기반의 SEAD 임무를 도출한다.

항공작전임무 중 공세제공작전의 SEAD 임무는 적의 방공체계를 무력화시키는 작전으로 작전의 성격상 아군의 항공기가 적 지역에 침투해야 하는 상황

이 발생할 수 있으며 적의 대공망의 위협에 노출되는 위험한 작전으로 베트남 전쟁 당시에는 미공군의 F-4C 팬텀이 SA-2 지대공 미사일에 의해 격추되었다. 이로 인해 미공군은 적 레이더 기지를 찾는 임무를 수행하는 헌터(Hunter) 전투기와 발견된 레이더 기지와 주변 시설을 파괴하는 킬러(Killer) 전투기로 구성된 와일드위즐(Wild Weasel)이라는 부대를 창설하였으며, 이것이 SEAD 임무의 초기 형태였다[17].

SEAD 임무는 기능적으로 크게 계획(Planning), 실행(Execution), 평가(Evaluation)로 세분화할 수 있다. 계획은 적의 방공체계와 잠재적 표적에 대한 사전 정보와 전자 정찰을 통해 획득한 정보(Electronic Intelligence, ELINT, Electronic Support Measures, ESM)를 기반으로 임무를 설계하는 단계로 복잡한 임무를 성공하는데 있어 매우 중요하다. 실행은 사전 계획된 임무를 수행하는 단계로 항공기의 비행제어 시스템이 탑재된 센서와 무장을 사용하여 임무를 수행한다. Fig. 2와 같이 실행단계에서 명령 및 제어(Command & Control)는 항법, 비행제어, 무장 운용, 전자전(Electronic Counter Measures, ECM) 수행을 위한 핵심 기능이다. 평가는 임무 수행 후 전장상황을 판단하고 전투피해평가(Battle Damage Assessment, BDA)를 하는 단계로 제거된 표적과 남은 표적을 확인하고 다음 무장은 어느 표적을 타격할지 결정한다. 평가 단계에서 임무가 완료되었다고 판단이 되면 항공기는 아군기지로 귀환하여 임무를 종료한다[18].

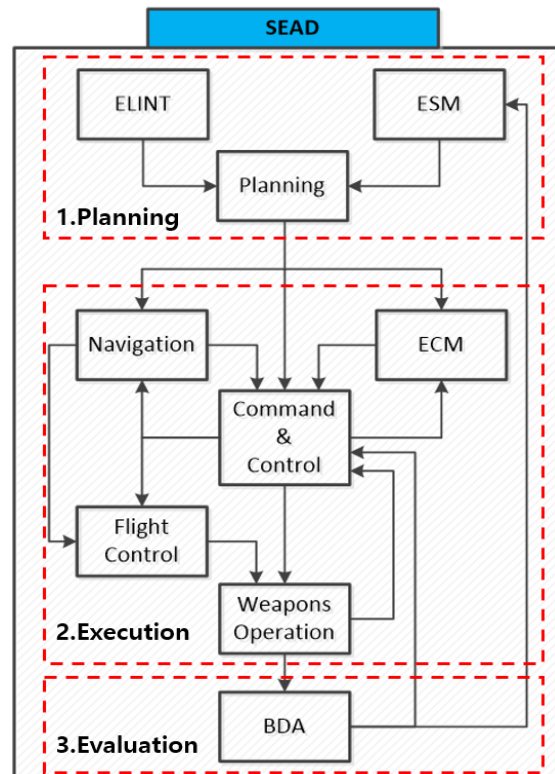


Fig. 2. Decomposition of SEAD Mission [18]

2.4 유무인기 협업 임무 절차 분석

유무인기 협업 기반의 SEAD 임무 수행 절차는 Fig. 2를 기반으로 하며 MUM-T 운용을 위한 무인기의 자율성 단계를 가정할 필요가 있다. 인공지능 기술의 발달에 따라 무인로봇의 자율화 수준이 높아지고 있지만 무인기가 완벽하게 자율적으로 전략과 전술을 운용하는 것은 현재 기술수준에서는 불가능하다. 본 논문에서 무인기의 자율성 단계는 참고문헌 [19]에서 제시한 Level 5~7로 가정한다. Level 5~7은 무인기가 유인 조종사의 통제 하에 임무를 수행하며 무인기 간에 협업이 가능하다는 것을 의미한다. 따라서 무인기의 비행기능 및 무장운용은 유인 조종사가 판단하게 된다.

유무인기 협업 기반 SEAD 임무는 계획 단계에서 정찰로 획득한 사전정보인 적 Surface-to-Air Missile (SAM) 사이트 위치와 표적의 위치를 바탕으로 최적 비행경로를 설정한다. 유무인기 편대는 Fig. 3과 같이 유인전투기, 기만형 무인기, 공격형 무인전투기, 정찰용 무인전투기로 구성된 four-ship formation 형태로 구성하였으며, 유무인전투기는 스텔스 기능을 보유하고 있다고 가정한다. 여기서 무인기의 자율성 단계를 고려하여 유인전투기는 각각의 무인기에 임무를 할당하고, 각각의 무인기들은 유인전투기의 명령을 승인하여 임무를 수행하는 방식을 가진다. 비행 경로는 Fig. 4와 같이 SAM 사이트 2, 3, 4의 사이에 위치한 매복에 의한 위협에 대비하기 위해 제 2의 비행경로를 계획하여 위협이 존재할 시 기존 경로가 아닌 제 2의 경로로 비행하도록 한다.

실행 단계에서는 Fig. 4와 같이 (1)유무인기 편대가 기지에서 이륙하여 (2)경로점 비행을 통해 편대가 비행을 한다. (3)기존의 경로로 비행하는 경우 유인 조종사는 먼저 기만기를 매복 위협이 존재할 수 있는 SAM 사이트 2, 3과 4사이로 비행시키고 위협

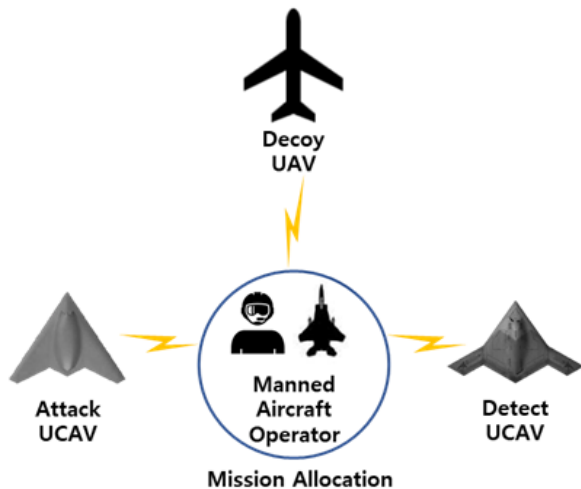


Fig. 3. Formation of MUM-T

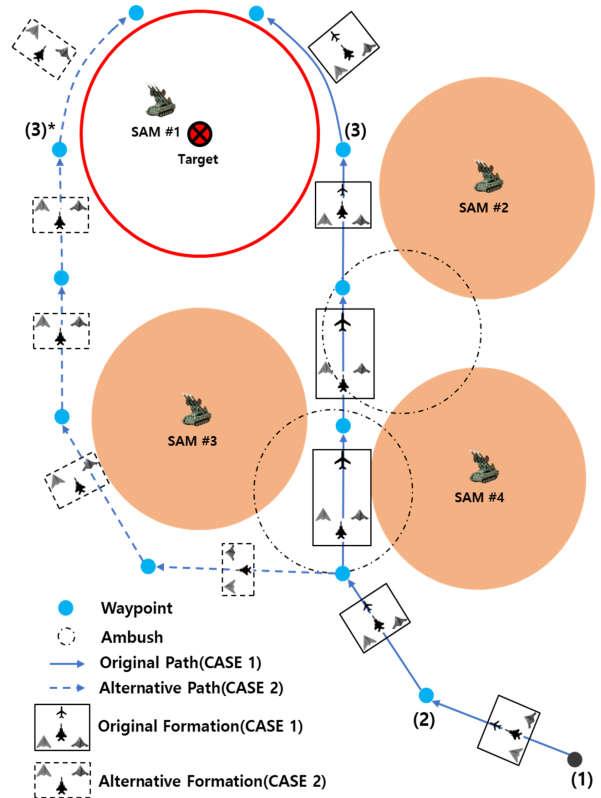


Fig. 4. Spatial Map for MUM-T SEAD (1)

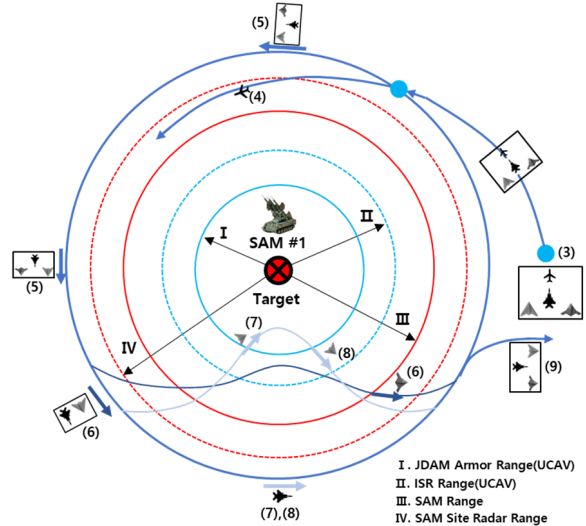


Fig. 5. Spatial Map for MUM-T SEAD (2)

이 탐지되지 않을 시 편대를 이루면서 표적이 존재하는 SAM 사이트 1로 경로점 비행을 하면서 접근한다. Fig. 5와 같이 (4)기만기를 적 레이더의 탐지 거리 이내로 침투시켜 적 레이더를 교란시키거나 유인 전투기의 Stand-off HARM으로 파괴하고 (5)기만기를 제외한 나머지 3대가 편대를 이루어 로이터링을 하다가 (6)정찰용 UCAV이 보유한 탐지센서(Electro-Optics, EO, Infrared, IR)로 적 기지를 탐지하기 위

Table 8. Manned Aircraft's Command & Control

Step	UAV	Command & Control from Manned Aircraft
(1)	Decoy UAV	▪ Take-off
	Attack UCAV	
	Reconna. UCAV	
(2)	Decoy UAV	▪ Waypoint Guidance with Four ship Formation
	Attack UCAV	
	Reconna. UCAV	
(3)	Decoy UAV	▪ Approach to SAM Site 1
	Attack UCAV	▪ Transmit the Threat Information to Manned Aircraft
	Reconna. UCAV	▪ Reduce Speed ▪ Waypoint Guidance with Three ship Formation
(4)	Decoy UAV	▪ Penetrate to Range of SAM Site Radar
	Attack UCAV	▪ Jamming & Decoy
	Reconna. UCAV	▪ Waypoint Guidance with Three ship Formation
(5)	Attack UCAV	▪ Loiter with Three ship Formation
	Reconna. UCAV	
(6)	Attack UCAV	▪ Loiter with Two ship Formation
	Reconna. UCAV	▪ Penetrate to Range of ISR ▪ Detection ▪ Tangent Path ▪ Collision Avoidance
(7)	Attack UCAV	▪ Penetrate to Range of JDAM's Destruction
	Reconna. UCAV	▪ Attack the Target Using JDAM ▪ Egress from the SAM Site 1
(8)	Attack UCAV	▪ BDA ▪ Re-Attack the Target Using Air-to-Surface Missile ▪ Egress from the SAM Site 1
	Reconna. UCAV	▪ Egress from the SAM Site 1
(9)	Attack UCAV	▪ Waypoint Guidance with Three ship Formation
	Reconna. UCAV	▪ Return to Base

해 센서의 탐지거리(ISR Range) 이내로 침투하여 적 기지 정보를 유무인기에 데이터링크로 전송한다. (7) 적 기지 정보를 이용하여 공격형 UCAV이 표적을 파괴하기 위해 JDAM의 파괴영역 이내에 표적이 존재하도록 표적 가까이 침투하여 JDAM을 투하한다. 제 2의 경로로 비행하여 임무를 수행하는 경우 단계 (4)의 디코이 임무를 제외한 나머지 임무 수행 절차는 동일하다.

평가 단계에서는 (8)표적의 파괴여부를 무인전투기의 영상으로 촬영한 후 유인기에 데이터링크로 전송하여 전투피해평가를 수행한다. 이 때 표적이 파괴되지 않았을 경우 공격형 UCAV이 보유한 다른 무장을 사용하여 재공격을 수행한다. (9)표적이 성공적으로 파괴되었으면 다시 유무인전투기가 편대를 이루어 경로점 비행을 하며 기지로 귀환한 후 임무를 종료한다. 단계별 무인기로의 임무 할당 내용과 임무 수행 내용은 Tables 8, 9와 같다.

Table 9. Step of MUM-T Mission

Step	Sub-Missions
(1)	▪ Take-off
(2)	▪ Waypoint Guidance with Formation
(3)	▪ Approach to SAM Site 1
	▪ Waypoint Guidance with Formation
(4)	▪ Decoy
	▪ Neutralization
(5)	▪ Circle Loiter
(6)	▪ Detection
	▪ Reconnaissance
	▪ Surveillance
(7)	▪ Attack
(8)	▪ BDA
	▪ Re-Attack
(9)	▪ Return to Base

III. 결 론

본 논문에서는 기존의 유무인기 임무를 항공작전 단위로 분석한 후 유무인기의 기본 비행 기능을 결합하여 유무인기 협업 기반 임무의 절차를 분석하였다. 다양한 항공작전에서 공세제공작전 중 3D 임무에 포함되는 SEAD 임무를 유무인기 협업 임무로 선정하였으며 기존의 SEAD 임무를 분석한 후 유무인기 협업 기반의 SEAD 임무 절차를 도출하였다. SEAD 임무는 계획, 실행, 평가 단계로 구성되며 계획단계에서 유무인기의 편대를 구성하고 사전정찰 정보를 이용하여 SEAD 임무 수행을 위한 최적의 비행경로를 계획한다. 실행단계에서는 요구되는 비행기능을 접목하여 세부임무를 수행할 수 있으며 각각의 세부임무는 유인전투기 조종사의 임무 할당 및 명령에 의해 수행된다. 평가단계에서 전투피해평가는 표적의 파괴여부를 확인해야 하기 때문에 격추의 위험이 있어 무인전투기가 수행하며 전투피해평가 정보를 데이터링크로 유인기로 전송하여 확인 후 임무를 다시 수행할지 종료 후 기지로 복귀할지 결정한다. 유무인기 협업 기반 임무는 임무를 구상하는 방법이나 절차 또는 조직이나 사람에 따라 다양해질 수 있으며 여러 방법 중에서도 본 논문에서는 임무의 구체화를 위해 단계별 절차를 물리적인 공간 및 시간 순서의 맥락으로 분석하여 제안하였다.

후 기

본 논문은 국방과학연구소의 지원으로 수행된 '원격공중통제 운용개념 연구' 위탁과제 결과의 일부로서, 지원에 감사드립니다.

References

- 1) Office of the Secretary of Defense, *Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005-2030*, U.S. Department of Defense, 2005.
- 2) Shin, B. H., Lee, S. H., Lee, H. K., and Lim, S. H., "Cooperative Missions for a Number of Manned & Unmanned Aerial Vehicles," *Proceeding of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences Fall Conference*, November 2014, pp.805~808.
- 3) UST: <http://www.unmannedsystemstechnology.com/2014/08/x-47b-unmanned-air-system-and-fa-18-conduct-cooperative-flights/>
- 4) Sputnik: <https://sputniknews.com/military/201702141050647218-apache-helicopters-can-control-drones/>
- 5) Strenzke, R., Uhrmann, J., Benzler, A., Maiwald, F., Rauschert, A., and Schulte, A., "Managing cockpit crew excess task load in military manned-unmanned teaming missions by

dual-mode cognitive automation approaches," *AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference*, August 2011, pp. 1~24.

6) Heilemann, F., Schmitt, F., and Schulte, A., "Mixed-Initiative Mission Planning of Multiple UCAVs from Abroad a Single Seat Fighter Aircraft," *AIAA Scitech 2019 Forum*, January 2019, pp. 1~12.

7) *Unmanned Systems Integrated Roadmap*, FY2013~2038, January 2014.

8) THE UNITED STATES NAVAL WAR COLLEGE, *Joint Military Operations Reference Guide*, July 2011.

9) U.S. Air Force, *COUNTERAIR OPERATIONS*, Air Force Doctrine Document 3-01, 2011.

10) ACC, AETC, NGB, PACAF, and USAFE, *MULTI-COMMAND HANDBOOK 11-F16*, Vol. 5, 1996.

11) NATO STANAG 4586, *Standard Interfaces of UAVControl System(UCS) for NATO UAV Interoperability*, Ed. A, Version 1, Apr 2017.

12) Cho, S. B., and Hur, G. B., "3-Dimensional Waypoint Guidance Using Proportional Navigation Guidance," *Proceeding of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences Spring Conference*, April 2010, pp.716~719.

13) ICAO: <https://www.icao.int/safety/pbn/Seminar%20Material/Montreal,%20Canada%2013-15%20June%202007/D.3.pdf>

14) Pham, H., Smolka, S. A., Stoller, S. D., Phan, D., and Yang, J., "A Survey on Unmanned Aerial Vehicle Collision Avoidance Systems," 2015.

15) Turner, R., Lehmann, R., Wadley, J., Kidd, D., Swihart, D., Bier, J., and Hobbs, K., "Automatic Aircraft Collision Avoidance Algorithm Design for Fighter Aircraft", *2012 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology*, November 2012, pp. 13~15.

16) RAND MG957, *Applications for Navy Unmanned Aircraft Systems*, 2010.

17) Lee, C. H., Moon, G. H., Yoo, D. W., Tahk, M. J., and Lee, I. S., "Distributed Task Assignment Algorithm for SEAD Mission of Heterogeneous UAVs Based on CBBA Algorithm," *Journal of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol.40, No.11, 2012, pp. 988~996.

18) Flach, J. M., Eggleston, R., Kuperman, G. G., and Dominguez, C. O., *SEAD and the UCAV: A Preliminary Cognitive Systems Analysis*, Technical Report, February 1998.

19) Bruce, T. C., "Metrics Schmatics! How the Heck Do You Determine A UAV's Autonomy Anyway?," *Air Force Research Laboratory Wright-Patterson AFB, OH*, Technical Report, August 2002.