

유무인 협업을 활용한 고가치 공중 자산의 호위 전술 개발과 M&S를 활용한 효과적인 전력배치 방안 연구

박명환¹⁾ · 유승훈¹⁾ · 오지현²⁾ · 설현주^{*,3)}

¹⁾ 공군사관학교 컴퓨터과학과

²⁾ 국방과학연구소 항공기술연구원

³⁾ 충남대학교 국가안보융합학부

The Development of Air Escort Tactics for High-Value Airborne Assets Using Manned-Unmanned Teaming and the Study on Effective Force Disposition Using M&S

Myunghwan Park¹⁾ · Seunghoon Yoo¹⁾ · Jihyon Oh²⁾ · Hyeonju Seol^{*,3)}

¹⁾ Department of Computer Science and Information, Korea Air Force Academy, Korea

²⁾ Aerospace Technology Research Institute, Agency for Defense Development, Korea

³⁾ School of Integrated National Security, Chungnam National University, Korea

(Received 24 February 2022 / Revised 10 May 2022 / Accepted 15 July 2022)

Abstract

As the role of high-value air assets(e.g., AWACS, JSTARS, Rivet Joint, E-2) becomes more critical in modern warfare, the air escort for these assets blocking attacks from any potential enemy fighter also becomes vital. Without the escort, the operations of the assets become restricted. However, such an escort is not always possible due to the limited flight time of the escort fighters. In this paper, we introduce an escort tactics for high-value air assets performed by the manned-unmanned teaming composed of a transport aircraft and UAVs(unmanned aerial vehicles). In this tactics, the transport aircraft plays the role of an aircraft carrier, which carries, launches, and retrieves the UAVs. The missions of UAVs in this tactics are to detect and engage enemy fighters. We also introduce the simulation result of this tactics to identify the UAVs' required capabilities and optimal maneuvering.

Key Words : Manned-Unmanned Teaming(유무인 협업), Air Escort Tactics(공중 호위 전술), Modeling and Simulation (모델링 및 시뮬레이션)

1. 서론

공군 전투기에 의한 공중 호위 작전은 공격 및 방어에 있어서 매우 중요한 역할을 차지하고 있다. 미

* Corresponding author, E-mail: hjseol@cnu.ac.kr
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

함참 교리¹⁾에 의하면, 전투기 호위(fighter escort)는 공세제공 전투기 호위와 방어제공 전투기 호위로 구분된다. 공세제공 전투기 호위는 주로 적의 영공에서 수행되며 공격 임무를 수행하는 아군의 공중자산을 보호하는 임무이고, 방어제공 전투기 호위는 아군지역이나 중립지역에서 수행되며, 고가치 항공 자산(가령, AWACS, JSTARS, Rivet Joint 등)을 보호하는 임무이다. 전투기의 호위 없는 고가치 항공자산의 임무는 엄청난 손실을 초래한다. 2차 세계대전 기간 동안 적절한 전투기의 호위 없이 폭격임무를 수행했던 연합군의 폭격기들은 독일 전투기 공격에 의해 엄청난 피해를 입었다²⁾. 당시 연합군이 보유하고 있던 전투기들의 비행거리는 독일 본토를 폭격하는 폭격기들의 임무장소까지 도달하지 못했기 때문에, 폭격기들은 전투기의 엄호없이 적진에 들어가야 했다. 이런 피해는 F-51 무스탕 전투기가 개발되어서 폭격기를 임무지역까지 호위할 수 있을 때까지 계속되었다. 하지만, 아무리 호위 전투기의 비행거리가 길어진다고 해도, 대형 고가치 공중자산들의 비행거리에 필적할 수는 없다. 따라서, 전투기의 비행거리를 획기적으로 증가시켜 호위가 필요한 항공기를 임무 시작부터 종료까지 모든 구간을 적으로부터 보호할 수 있는 방안이 필요하다.

본 논문에서는 고가치 공중자산에 대한 전투기 호위 임무를 위하여 미래 전장의 핵심으로 부상하고 있는 유무인 협업 전술을 고려한다. 유무인 협업 전술은 무인기와 유인기가 협동을 하면서 전술을 수행하는 개념으로, 무인기는 주로 적과 교전하는 위험한 임무를 수행하고, 유인기는 상대적으로 안전한 무인기 후방에 위치하면서 무인기를 지휘통제하는 임무를 수행한다. 이 전술은 인간의 융통성, 창의성, 순발력 등의 장점과 기계의 신뢰성, 신속성, 충실성 등의 장점을 합한 것으로서, 다양한 공대공 전술에서의 활용을 위한 연구가 진행되어 왔다³⁻⁷⁾. 유무인 협업 전술이 전투기 호위 임무에 적합한 이유는, 수송기가 유인기 임무를 수행할 경우, 무인기를 수송기 내부에 탑재가능하고, 필요시 무인기를 공중 발진시켜서 임무를 수행하게 하고, 다시 공중에서 회수할 수 있기 때문이다. 즉, 수송기를 공중 항모 역할을 수행하게 하는 것이다. 이렇게 되면, 탑재 무인기는 비행시간에 구애 없이 호위 임무를 수행할 수 있고, 적과의 교전이 무인기에 의해 수행되기 때문에, 조종사의 안전을 도모할 수 있다는 장점이 있다.

본 논문에서는 유무인 협업 전술을 활용하여 고가치

항공자산을 호위하는 전술을 소개하고, 이 전술에 참여하는 무인기의 요구성능과 최적의 기동방법을 시뮬레이션을 통해서 계산한 결과를 소개한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 무인기의 공중발진과 회수 방법에 대한 개념 및 사례를 소개한다. 3장에서는 유무인 협업을 활용한 공중 호위 전술을 소개하고, 4장에서는 이 전술의 적합성과 요구되는 무인기의 성능, 그리고 최적의 기동 방법을 확인하기 위한 시뮬레이션 과정을 소개한다. 그리고, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 무인기 공중발진 및 회수의 개념 및 사례

이 장에서는 본 논문에서 소개하는 유무인 협업 전술 구현을 위한 필수 조건인 무인기의 공중 발진과 회수에 대한 개념과 개발 사례에 대해 소개한다. 무인기의 공중발진은 무인기가 다른 항공기에 탑재되어 임무지역까지 이동하고, 임무지역에서 공중발진하는 개념이다. 이 개념은 무인기가 지상에서 이륙하여 임무지역까지 자체적으로 비행하는 것보다 시간과 연료 절감 차원에서 훨씬 유리한 측면이 있다. 무인기의 공중 회수는 임무 완료한 무인기를 공중에서 수거하는 것으로서, 무인기를 임무지역에서 정비 및 급유 후 다시 발진시킬 수 있다는 측면에서 전술적으로 매우 유리하다. 또한, 무인기의 지상착륙을 위한 장비가 필요하지 않기 때문에 무인기 활용에 융통성이 높아진다.

2.1 무인기의 공중발진 기술 사례

무인기의 무인기의 공중발진을 위한 모체 역할을 하는 항공기는 주로 수송기나 폭격기가 수행하며, 무인기는 수송기의 화물칸이나 폭격기의 무장적재 공간에 탑재되어 이동하고, 무인기의 임무 수행이 필요할 경우 모체에서 공중발진하는 방식으로 수행된다. 또한, 크기가 작은 무인기의 경우에는 폭격기나 전투기의 날개 아래 파일런에 부착되어 이동하고, 공중발진하는 개념도 있다. 미국의 X-61 그램린 무인기가 2021 시험비행 때 이 방식으로 공중발진하였다. 대형 수송기 내부에서 무인기를 발진시키는 개념은 현재 미국의 DARPA와 유럽의 에어버스에서 연구 중에 있다. Fig. 1은 에어버스에서 A-400M 수송기를 활용한 무인기의 공중 발진 개념도이다. 무인기 공중 발진 사례는 아니지만, 대형 비행체에 유인 우주선을 외부에 탑재하고 공중에서 발사시키는 시도는 상업 우주비행 회

사인 Virgin Galactic에 의해 2018년에 성공적으로 수행되었다.



Fig. 1. Concept picture of aerial launch of UAV from A-400M^[8]

2.2 무인기의 공중회수 기술 사례

무인기의 공중회수는 여러 방식이 제안되고 있으나 실제 개발에 완료한 사례는 미국 DARPA의 X-61 그램린 무인기가 유일하다. 그램린 무인기는 DARPA의 주도로 Dynetics 회사에서 개발을 시작하여 2019년 초도 비행을 하였다. 그램린의 무게는 65.7 kg이고, 크기는 4.2 m이며, 전자광학 센서와 전자전을 수행할 수 있는 장비를 탑재하고 있다. 또한, 이 기체는 공중 발진 및 회수가 가능하게 제작되었다. 미 DARPA는 C-130 수송기에 그램린 무인기의 공중 회수 장치를 설치하고, 실제 공중회수를 위한 시험비행을 시도하였다. 몇 차례의 실패 끝에 2021년 10월에 마침내 성공하였다^[9]. Fig. 2는 C-130 항공기에서 그램린 무인기를 공중회수하는 모습을 보여주고 있다.



Fig. 2. Unmanned aerial vehicle retrieval to C-130 aircraft^[9]

3. 유무인 협업 공중호위 전술¹⁾

이 장에서는 유무인 협업 공중호위 전술에 대해서 설명한다. 먼저 참여하는 전력과 그들의 성능에 대해서 소개한다. 그리고, 이 전력들의 공중 배치와 기동 시나리오에 대해서 소개한다.

3.1 참여 전력과 무장 및 성능 소개

본 전술에 참여하는 공중전력으로는 호위의 대상이 되는 항공기(폭격기, AWACS 등의 고가치 자산), 수송기, 전자파 탐지 무인기, 그리고 전투 임무를 수행하는 무인기로 구성된다. 고가치 자산 항공기는 주로 대형 항공기이기 때문에 비행속도를 마하 0.5로 가정한다. 본 전술에서 수송기는 크게 3가지 핵심 임무를 수행한다. 첫 번째는 전자파 탐지 무인기와 전투 무인기의 수송과 공중발진 및 회수 임무이다. 두 번째는 AESA 레이더를 장착해서 전투용 무인기가 발사한 미사일을 유도하는 임무를 수행한다. AESA 레이더의 최대 탐지거리는 100 km로 가정한다. 세 번째는 유무인기 협업 전술에서 지휘통제 역할을 수행한다. 이는 무인기의 발진, 무장발사, 그리고 공중 회수 등의 최종 결심을 담당하게 된다. 수송기의 비행 속도는 고가치 자산 항공기와 동일하게 마하 0.5로 가정한다. 전자파 탐지 무인기는 RWR과 같은 전자파 탐지 장비를 장착해서 주위에 적의 위협이 존재하는지를 감시한다. 적이 근처에서 레이더를 사용하게 되면 전자파 탐지 무인기가 이를 감지하고, 지휘통제 임무를 수행하는 수송기에게 감지된 내용을 전달한다. 전자파 탐지 무인기의 속도는 4장의 시뮬레이션을 통해서 결정된다. 전투 무인기의 주 임무는 적기와 미사일로 교전을 하는 것이다. 전투 무인기가 장착하고 있는 미사일은 AIM-120(발사거리 : 80 km, 자체유도 : 20 km) 2발이다. 전투 무인기는 수송기에서 공중발진하고, 초기속도 마하 0.5에서 최종적으로 마하 0.9까지 증속한다. 그리고, 적기가 미사일의 사정거리 안에 들어올 경우에 수송기의 지시에 따라 미사일을 발사한다. 그리고, 즉시 기수를 돌려 전장을 이탈한다. 발사된 미사일의 유도는 뒤에서 따라오고 있는 수송기의 AESA 레이더가 실시한다.

1) 이 전술은 국방과학연구소 발주과제인 “유무인 협업 공대공 교전을 위한 무인기 전술 및 자율기능 도출연구” 2차 보고서(2021.12월)에서 참조하였다.

3.2 적기의 무장 및 성능 소개

본 전술에서 적기는 MIG-29급의 4세대 전투기로 가정하고 비행 속도는 마하 0.9로 가정한다. 또한, 장비나 무장 성능에 의한 전술의 유효성을 제거하기 위해서, 적기 레이더와 미사일의 성능은 아군기와 동일하다고 가정한다. 이 전술에서는 적기를 1대로 가정하지만, 적기가 증가하면 무인기의 미사일 탑재량을 증가시키거나, 더 많은 전투 무인기를 발진시키면 되기 때문에 전술에서의 변화는 거의 없을 것으로 판단된다.

3.3 참여 전력의 배치

이 전술의 초기 전력은 공중 호위가 필요한 고가치 자산과 수송기로 구성되어 있으며, 수송기는 고가치 자산의 전방 20 km에 위치한다. 수송기 안에는 전자파 탐지 무인기와 전투 무인기가 탑재되어 있다. Fig. 3은 전술의 초기 전력배치를 보여주고 있다.

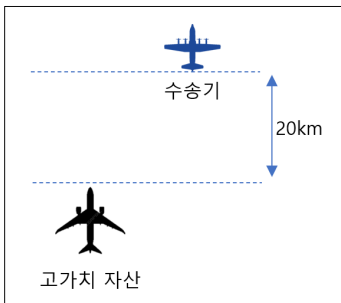


Fig. 3. Initial deployment

아군의 전력(고가치 자산, 수송기)이 적 위협 상공에 진입하면 적기의 탐지를 위해서 수송기는 전자파 탐지 무인기를 공중 발진한다. 공중 발진된 전자파 탐지 무인기는 수송기 전방에 위치해서 적의 레이더 신호를 탐지한다. 전자파 탐지 무인기와 수송기의 적정한 거리는 4장의 시뮬레이션을 통해서 결정한다. Fig. 4는 전자파 탐지 무인기 전개 후의 전력 배치를 보여주고 있다.

전자파 탐지 무인기가 적의 레이더 전자파를 탐지하게 되면 수송기에게 이것을 보고하고, 수송기는 전투 무인기를 공중 발진시킨다. 공중 발진된 전투 무인기는 속도를 마하 0.9까지 증속하면서 수송기 전방으로 비행하면서 적기와 미사일 교전을 준비한다. Fig. 5는 전투 무인기까지 배치된 최종적인 유무인 협업 공중호위 전술의 배치를 보여주고 있다.

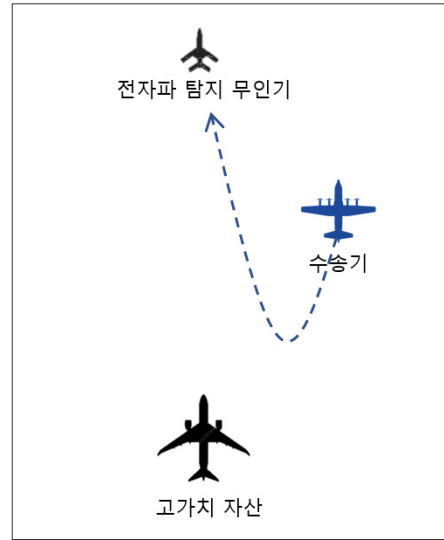


Fig. 4. Deployment after electromagnetic wave detection drone launched

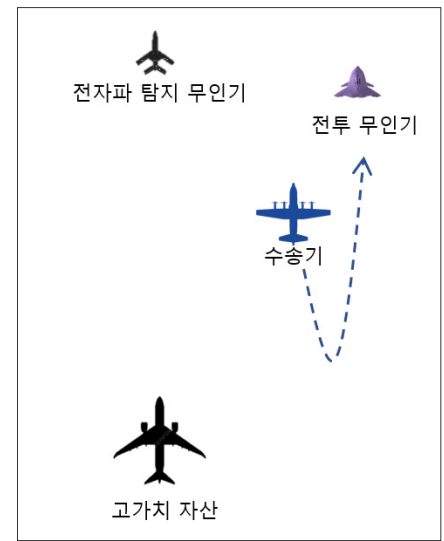


Fig. 5. Deployment after combat drone launched

3.4 전술 시나리오

이 전술을 위해서 지상의 레이더나 AWACS 등으로부터 대략적인 적의 위치나 규모에 대해서 정보를 받을 수 있다고 가정한다. 따라서 수송기는 적기의 출현이 예상되는 지점에서 전자파 탐지 무인기를 발진시킨다. 적기도 아군기의 전력 규모와 진입 방향에 대한

대략적인 정보를 가지고 있다고 가정한다. 적기는 아군기를 탐지하기 위하여 레이더를 작동할 것이다. 이 레이더 신호는 전자파 탐지 무인기가 감지할 것이고, 수송기에게 적기의 접근 사실을 전송한다. 수송기의 레이더 반사 면적(RCS)이 매우 크기 때문에, 수송기의 존재도 적기가 인지했을 것이다. 적기의 미사일 발사 가능 거리가 80 km이기 때문에 수송기를 미리 탐지하더라도 아직 미사일을 발사할 수는 없다. 수송기는 전투 무인기를 발진시키고, 전투 무인기는 속도를 마하 0.9까지 가속하면서 수송기 전방으로 진행한다. 적기는 아군 전력 중에서 가장 전방에 위치해 있는 전자파 탐지 무인기가 미사일 발사 가능 거리 안에 들어오면 전자파 탐지 무인기에게 미사일을 발사할 것이다. 그 다음으로, 전투 무인기가 미사일 발사 가능 거리 안에 들어오면 다시 미사일을 발사할 것이다. 아군 측에서는 수송기가 장착하고 있는 AESA 레이더에서 적기를 탐지(100 km 이내)하기 전까지는 취할 수 있는 조치가 없다. 왜냐하면, 전자파 탐지 무인기가 제공하는 정보는 적기가 방사하는 레이더 전파의 방향 밖에 없기 때문이다. 적기의 정확한 위치는 수송기의 AESA 레이더가 적기를 탐지했을 경우에 알 수 있다. 수송기의 AESA 레이더는 적기를 100 km 거리에서 탐지를 할 수 있다. 이 경우에 수송기는 고가치 자산과 전자파 탐지 무인기에게 방향을 반대로 틀어서 전장에서 이탈하라고 지시한다. 그리고 전투 무인기와 적기의 거리가 80 km 이내가 되면 전투 무인기에게 미사일을 발사하라고 명령한다. 미사일을 발사한 전투 무인기는 방향을 반대로 틀어서 전장을 이탈하고, 전투 무인기가 발사한 미사일은 전투 무인기 뒤에서 따라오고 있는 수송기의 AESA 레이더가 유도한다. Fig. 6은 적기까지 포함된 전체 유무인 협업 공중호위 전술의 시나리오를 보여주고 있다. 이 전술에서 아군이 적군보다 유리한 점은 전자파 탐지 무인기나 전투 무인기는 전장에서 이탈가능하기 때문에, 다가오는 적기의 미사일에 대해서 멀어지는 효과가 있다. 하지만, 적기는 발사한 미사일을 계속 유도해야 하기 때문에 전장에서 이탈할 수 없고, 전투 무인기가 발사한 미사일과 급격히 가까워질 수밖에 없다. 따라서, 이 차이로 인해서 적기는 아군의 미사일에 의해 격추되고, 적기가 발사한 미사일은 적기로부터 유도 정보를 받을 수 없기 때문에 결국 아군기를 격추시키지 못하고 표적을 상실한다. 실제로 적기 미사일에 의한 아군기의 격추여부는 4장에서 시뮬레이션을 통해서 검증한다.

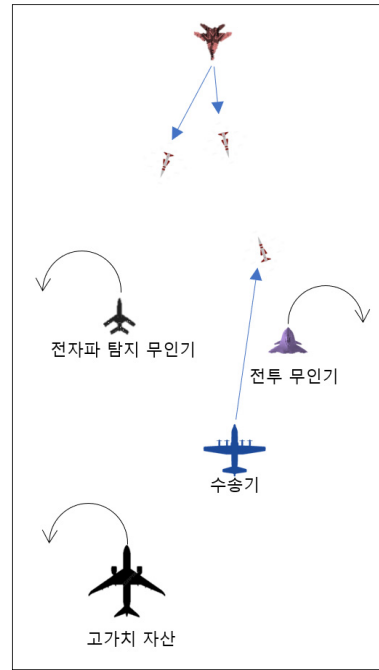


Fig. 6. Scenario of tactics

4. M&S를 활용한 전술의 적합성 검증

이 장에서는 유무인 협업 공중호위 전술의 적합성을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 검증한다. 본 시뮬레이션은 확정적 모델(definitive model)을 사용한다. 예측이 난해하고, 확률이 포함되는 전장 상황을 시뮬레이션하기 위해서는 확률적(stochastic model)이 적절하나, 본 시뮬레이션은 개념 제안이 목적이고 정확한 예측이 필요한 것이 아니라 추세적 현상을 파악하기 위한 것이기 때문에 확정적 모델도 충분할 것으로 판단하였다.

4.1 시뮬레이션 검증 요소

최적화된 전술 개발을 위해서 시뮬레이션을 통해서 확인해야 하는 전술 요소들은 크게 Fig. 7에서 보여주고 있는 네 가지 이다.

첫째, 전자파 탐지 무인기의 위치이다. 전자파 탐지 무인기가 수송기 대비 너무 전방에서 비행하게 되면 적기를 조기에 탐지할 수 있게 되고, 수송기에게 경보를 일찍 제공할 수 있다는 측면에서는 유리하지만, 전자파 탐지 무인기가 적에게 일찍 탐지되고, 적의 공격에 일찍 노출되기 때문에 격추될 가능성이 높아진다.

따라서 전자파 탐지 무인기와 수송기의 적절한 간격 유지가 전자파 탐지 무인기의 생존에 결정적인 요인이 된다.

둘째, 전자파 탐지 무인기의 전장 이탈 시기이다. 전자파 탐지 무인기의 임무는 적기의 존재 여부와 대략적인 방향을 탐지해서 수송기에게 전송하는 것이다. 이 임무를 완료한 이후에는 전자파 탐지 무인기는 전장을 이탈하여도 무방하나, 안전이 보장된다면 최대한 전장 이탈 시간을 늦추고, 수송기의 레이더가 적기를 탐지할 때까지 적기 방향으로 비행하면서 적기 정보를 수송기에게 주는 것이 유리하다. 하지만, 전장 이탈 시간이 너무 늦어지게 되면, 적기의 레이더에 가장 먼저 탐지되고, 적기의 미사일에 격추될 위험성이 증가한다.

셋째, 전자파 탐지 무인기의 속도이다. 전자파 탐지 무인기의 속도를 수송기 속도와 동일하게 마하 0.5로 가정하였지만, 무인기의 속도가 빨라질수록 적기의 미사일을 회피할 가능성이 높아진다. 따라서 이 전술에서 전자파 탐지 무인기가 생존할 수 있는 속도를 확인할 필요가 있다.

넷째, 전투 무인기의 증속(가속도) 성능을 확정할 필요가 있다. 전투 무인기는 수송기에서 공중 발진할 시 속도는 수송기 속도인 마하 0.5이다. 그리고 속도를 마하 0.9까지 증가시키면서 적기를 향해 비행한다. 마하 0.5에서 0.9까지 증속하는데 걸리는 시간이 전술에 참여하는 전력들의 생존여부에 영향을 주기 때문에, 이 시간이 전술에 미치는 영향을 분석할 필요가 있다.

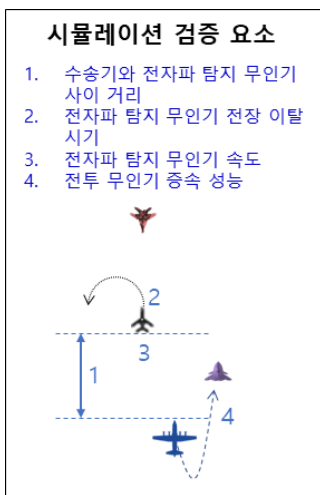


Fig. 7. Parameters of simulation

4.2 전술 모델링

전술의 컴퓨터 시뮬레이션을 위해서 전술에 참여하는 전력들에 대한 프로그램 개체로의 모델링이 필요하다. 전술에 참여하는 전력들은 크게 항공기, 레이더, 미사일로 구분이 가능하다.

객체지향 모델링 관점에서 항공기는 속도, 위치, 탑재 레이더, 탑재 미사일의 속성을 가지고 있고, 비행, 탐지 확인, 미사일 발사 등의 함수를 가지고 있는 개체로 모델링 된다.

미사일은 속도, 위치, 탑재 레이더, 레이더 유도 거리, 항공기 유도 여부를 속성으로 가지고 있고, 비행 및 격추 판정 함수를 가지는 것으로 모델링 된다. 미사일 개체의 동작은 항공기에서 발사되면 자체 속도(마하 2.4)로 항공기 개체의 유도에 따라 표적을 향해 비행하다가 자체 레이더 유도 거리(20 km)안에 표적이 도달하면 자체적으로 표적을 추적하고, 격추한다. 표적이 자체 레이더 유도 거리에 도달하기 전에 항공기 개체로부터의 유도 정보가 사라지면 미사일 개체는 표적을 상실하는 것으로 모델링 된다.

레이더는 탐지거리와 탐지각도를 속성으로 가지며, 탐지 실행 함수를 가지는 것으로 모델링 된다. 레이더의 동작은 전방 120도 범위에서 레이더 탐지거리 안에 적기 개체가 위치할 경우에, 적기를 탐지한 것으로 모델링 된다.

4.3 전술 시뮬레이션

시뮬레이션 구현은 자바 스크립트 언어를 사용하였으며, 앞서 설명한 전력들의 속성과 함수를 모두 구현하였다. Fig. 8은 구현된 시뮬레이션 화면을 보여주고 있다. 화면의 점들은 항공기와 미사일을 나타내고 있다. 그리고, 파이 형태의 도형은 각 항공기의 레이더 탐지 거리를 표시한다. 점을 둘러싼 원은 각 항공기에서 20 km되는 위치를 나타내고, 미사일이 자체 유도가 되는 지점을 의미한다. 시뮬레이션 실행을 위한 입력 파라미터는 4.1절에서 설명한 4가지 검증이 필요한 전술 요소 들이다. 즉, 전자파 탐지 무인기와 수송기의 거리, 전자파 탐지 무인기의 전장 이탈 시기, 전자파 탐지 무인기의 속도, 전투 무인기의 가속도 성능이다. Table 1은 각 파라미터들의 설정 가능한 값 범위를 보여주고 있다.

시뮬레이션 실행 절차는 다음과 같다. 먼저 4개의 파라미터들에 대한 값을 입력한 이후에 시뮬레이션을 시작한다. 시뮬레이션은 아군기와 적기가 160 km 거

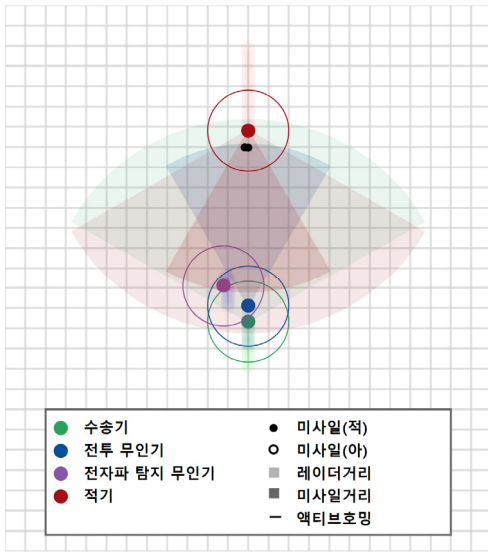


Fig. 8. Snapshot of simulation

Table 1. Range of simulation parameters

파라미터	범위
수송기와 전자파 탐지 무인기 간 거리(d)	$0 \text{ km} \leq d \leq 50 \text{ km}$, d 는 5의 배수
전자파 탐지 무인기의 전장 이탈 시기(t)	$0 \text{ km} \leq t \leq 40 \text{ km}$, t 는 5의 배수
전자파 탐지 무인기의 속도(s)	마하 $0.5 \leq s \leq$ 마하 0.9 , s 는 0.1의 배수
전투 무인기의 가속(마하 0.5에서 0.9) 성능(a)	$20 \text{ 초} \leq a \leq 40 \text{ 초}$, a 는 5의 배수

리에서 서로를 향해 접근하면서 시작한다. 항공기 탑재 레이더에 의해서 상대방 항공기를 탐지하게 되면 탐지 항공기 방향으로 비행하고, 미사일 발사 거리 내에 항공기가 들어오면 미사일을 발사한다. 적기는 미사일 유도를 위해서 지속적으로 탐지된 항공기 방향으로 비행을 하고, 새로운 항공기가 탐지되면 그 항공기 방향으로 비행을 하면서 조건이 되면 다시 미사일을 발사한다. 반면에, 아군의 공격 무인기는 미사일 발사 이후 비행 방향을 바꾸어 전장을 회피한다. 전자파 탐지 무인기는 시뮬레이션 파라미터의 설정 값에 따라 전장 이탈시기를 결정한다. 미사일은 20 km 이내에 표적이 도달하면 자체 레이더로 추적을 하고, 표

적을 격추한다. 20 km 이내에 표적이 도달한 경우에는 미사일은 표적을 놓칠 확률은 없다고 가정한다. 적이 격추될 경우, 또는 전투 무인기가 격추될 경우에 시뮬레이션은 종료되고, 그 당시에 미사일과 표적 항공기와의 거리를 기준으로 표적 항공기들의 격추 여부를 시뮬레이션 결과로 기록한다.

4.4 시뮬레이션 결과

시뮬레이션은 Table 1에서 설명한 4개의 파라미터에 다양한 값들을 대입해서 적기와 아군의 생존여부를 조사하였다. 모든 시뮬레이션에서 적기는 항상 격추되었고, 고가치 자산과 수송기는 항상 생존하였다. 그리고 전자파 탐지 무인기와 전투 무인기는 조건에 따라서 생존과 격추의 결과가 모두 발생하였다. 적이 항상 격추되는 이유는, 적기는 미사일을 발사한 이후에도 미사일 유도를 위하여 전장 이탈이 불가능하기 때문이다. 이에 반해 수송기를 제외한 아군기(고가치 자산, 전자파 탐지 무인기, 전투 무인기)는 필요시 전장이탈이 가능하기 때문에, 적기보다 생존 가능성이 높다. 특히, 고가치 자산은 적기 탐지와 동시에 전장을 이탈하기 때문에 항상 생존할 수 있다. 그리고 수송기가 항상 생존하는 이유는 수송기에서 발진한 무인 전투기가 수송기의 전방에서 적기와 교전하기 때문이다.

Table 2는 전자파 탐지 무인기 속도를 마하 0.5로, 전투 무인기 가속도 성능을 30초로 세팅하고, 수송기와 전자파 탐지 무인기 사이의 거리(세로축)와 전자파 탐지 무인기의 전장 이탈시기(가로축)를 변수로 해서 진행한 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. 테이블안의 숫자는 적이 격추된 순간에 적이 발사한 미사일과 그 미사일 표적(전자파 탐지 무인기, 전투 무인기) 사이의 거리를 나타내고 있다. 이 거리가 20 km 이내가 되면, 적기 미사일이 자체 레이더로 추적이 가능하기 때문에 표적은 격추된다고 가정한다. 따라서, 표의 파란색 부분은 표적이 생존하는 영역이고, 연한 주황색 부분은 표적이 격추되는 영역이다. Table 2의 오른쪽 표에는 숫자가 없는 셀이 있는데, 이 부분은 적이 표적(전투 무인기)에게 미사일을 발사하지도 못하고 격추되는 것을 의미한다. Table 2의 정보를 활용하면, 전자파 탐지 무인기의 속도가 마하 0.5이고 전투 무인기의 가속도 성능이 30초일 경우, 적기를 격추하면서도 아군기가 모두 생존할 수 있는 전력 배치(수송기와 전자파 탐지 무인기의 거리)와 기동 시기(전자파 탐지 무인기의 이탈시기)를 결정할 수 있다.

Table 2. The part of simulation result

		전자파 탐지 무인기 전장 이탈 시기(초)										전자파 탐지 무인기 전장 이탈 시기(초)												
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	0	5	10	15	20	25	30	35	40					
수송기와 전자파 탐지 무인기 사이 거리(km)	0	39.07	39.07	39.07	39.07	39.07	39.07	39.07	39.07	39.07														
	5	39.10	39.10	39.10	39.10	39.10	39.10	39.10	39.10	39.10									38.55					
	10	39.08	39.08	39.08	39.08	39.08	39.08	39.08	39.08	29.63	26.47							35.54	34.07					
	15	39.12	39.12	39.12	39.12	39.12	39.12	32.60	24.12	20.96								37.92	31.18	29.71				
	20	39.10	39.10	39.10	39.10	39.10	39.10	27.02	18.54	15.38								33.44	26.70	25.23				
	25	39.08	39.08	39.08	39.08	39.08	30.08	21.44	12.97	9.80								35.87	28.96	22.22	20.75			
	30	39.12	39.12	39.12	39.12	33.28	24.57	15.93	7.45	4.29								38.46	31.51	24.60	17.86	16.39		
	35	39.10	39.10	39.10	39.10	27.70	18.99	10.30	1.96	1.97								33.99	27.03	20.07	13.33	11.92		
	40	39.08	39.08	39.08	30.83	22.12	13.41	4.72	1.95	1.97								36.47	29.51	22.55	15.59	8.86	7.45	
	45	39.12	39.12	33.96	25.26	16.55	7.90	1.99	1.95	1.97								39.01	32.05	25.09	18.19	11.23	4.50	3.09
	50	39.10	39.10	28.39	19.68	10.97	2.32	1.99	1.95	1.96								34.53	27.57	20.61	13.71	6.76	1.98	1.98
적기 미사일 1 (표적: 전자파 탐지 무인기)											적기 미사일 2 (표적: 전투 무인기)													
전자파 탐지 무인기 속도: 마하 0.5, 전투 무인기 가속도 성능: 30초																								

Table 3과 Table 4에서는 시뮬레이션 결과를 미사일과 표적까지의 거리 정보를 생략하고, 아군기(전자파 탐지 무인기와 전투 무인기)의 격추 여부를 숫자 및 색깔로 표시하였다. 숫자 0(파란색)은 적기는 격추되면서 아군기는 모두 생존하는 결과를 의미한다. 숫자 1(연한 주황색)은 적기와 전자파 탐지 무인기가 격추되는 결과를 나타내고, 숫자 2(주황색)는 적기와 전투 무인기가 격추되는 것을 의미한다. 숫자 3(붉은색)은 적기와 아군 무인기 2기가 모두 격추되는 것을 나타낸다.

Table 3은 전투 무인기의 가속도 성능을 30초로 고정된 상태에서 전자파 탐지 무인기 속도별 아군기의 격추 여부를 보여주고 있다. Table 3의 모든 도표에 나타나는 공통점은 아군기가 격추되는 영역은 도표의 오른쪽 하단에 몰려 있다는 것이다. 즉, 수송기와 전자파 탐지 무인기의 거리가 멀수록, 그리고, 무인기의 전장이탈 시간이 늦을수록 아군기들은 위험에 노출된다는 것이다. 그리고, 전자파 탐지 무인기의 속도가 빨라질수록 전장이탈 시기를 늦출 수 있다는 것을 알 수 있다. 예를 들면, 전자파 탐지 무인기의 속도가 마하 0.5일 경우(Table 3-1), 전장이탈을 적기 탐지후 10초 이내에 할 경우에 아군기의 생존이 보장되는 반면에, 마하 0.8일 경우(Table 3-4)에는 25초 이내에 해도 모든 아군기가 생존한다. Table 3에서 특이한 점은 전자파 탐지 무인기의 속도가 빨라져도 전자파 탐지 무인기의 생존가능 영역이 증가하지 않는다는 것이다. 즉, 전자파 탐지 무인기의 속도가 마하 0.5일 경우에 이 무인기가 격추되는 셀의 개수는 26개인데, 속도가

마하 0.9로 바뀌면 격추되는 셀의 개수가 27개가 되어 오히려 늘어나게 된다. 특히, 전투 무인기의 격추영역은 전자파 탐지 무인기의 속도가 마하 0.5일 경우에는 15개(Table 3-1에서 숫자 3의 개수)인데 반해 마하 0.9에서는 27개로 증가한다. 그 이유는 다음의 시나리오 때문이다. 전자파 탐지 무인기의 속도가 빨라지면, 수송기보다 훨씬 전방에 위치하게 되고, 적기를 일찍 탐지하게 된다. 이로 인해 수송기에서 조기에 발진한 전투 무인기는 수송기보다 훨씬 전방에서 적기와 조우하게 된다. 이 상태에서 적기는 전투 무인기에게 미사일을 발사할 수 있는데 반해, 전투 무인기는 적기에게 미사일을 발사할 수 없다. 이유는 후방에 처져 있는 수송기 레이더의 탐지거리에 적기가 도달하지 않았기 때문이다. 나중에 수송기 레이더에 적기가 탐지되면 전투 무인기는 미사일을 발사하고 전장이탈을 시도하지만, 적의 미사일을 회피하기에는 시기가 너무 늦어 버린 것이다. 따라서 전자파 탐지 무인기의 속도가 빠르면 것이 결코 유리하지 않다는 것을 알 수 있다.

Table 4는 전자파 탐지 무인기의 속도를 마하 0.5로 고정했을 경우, 전투 무인기의 가속도 성능에 따른 아군기의 격추여부를 보여주고 있다. 테이블에서 보는 것처럼 전투 무인기의 가속성능을 20초부터 40초까지 변경시켰을 때, 아군기의 격추영역은 크게 변화를 보이지 않는다. 즉, 전투 무인기 가속성능이 30초보다 떨어졌을 경우(Table 4-3, 4-4, 4-5), 전자파 탐지 무인기가 격추되는 영역(셀)이 한 개 늘어나는 것이 유일한 변화다.

Table 3. Simulation results by the speed change of the electromagnetic wave detection drone

<p>전자파 탐지 무기 전장이탈 시기(초)</p> <table border="1"> <thead> <tr><th></th><th>0</th><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th></tr> </thead> <tbody> <tr><th>0</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>5</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>10</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>15</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>20</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><th>25</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><th>30</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>35</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>40</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>45</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>50</th><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> </tbody> </table> <p>수송기와 전자파 탐지 무기기 사이 거리(km)</p> <p>[Table 3-1] 전자파 탐지 무기기 속도 : 마하 0.5</p>		0	5	10	15	20	25	30	35	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	1	1	25	0	0	0	0	0	0	0	1	1	30	0	0	0	0	0	0	1	3	3	35	0	0	0	0	0	1	3	3	3	40	0	0	0	0	1	3	3	3	3	45	0	0	0	1	3	3	3	3	3	50	0	0	1	1	3	3	3	3	3	<p>전자파 탐지 무기 전장이탈 시기(초)</p> <table border="1"> <thead> <tr><th></th><th>0</th><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th></tr> </thead> <tbody> <tr><th>0</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>5</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>10</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>15</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><th>20</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><th>25</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>30</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>35</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>40</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>45</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>50</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> </tbody> </table> <p>수송기와 전자파 탐지 무기기 사이 거리(km)</p> <p>[Table 3-2] 전자파 탐지 무기기 속도 : 마하 0.6</p>		0	5	10	15	20	25	30	35	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	1	1	20	0	0	0	0	0	0	0	1	1	25	0	0	0	0	0	0	1	3	3	30	0	0	0	0	0	0	3	3	3	35	0	0	0	0	0	0	3	3	3	40	0	0	0	0	1	3	3	3	3	45	0	0	0	0	3	3	3	3	3	50	0	0	0	0	3	3	3	3	3	<p>전자파 탐지 무기 전장이탈 시기(초)</p> <table border="1"> <thead> <tr><th></th><th>0</th><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th></tr> </thead> <tbody> <tr><th>0</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>5</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>10</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><th>15</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><th>20</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>25</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>30</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>35</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>40</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>45</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>50</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> </tbody> </table> <p>수송기와 전자파 탐지 무기기 사이 거리(km)</p> <p>[Table 3-3] 전자파 탐지 무기기 속도 : 마하 0.7</p>		0	5	10	15	20	25	30	35	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	15	0	0	0	0	0	0	0	1	1	20	0	0	0	0	0	0	1	3	3	25	0	0	0	0	0	0	3	3	3	30	0	0	0	0	0	0	3	3	3	35	0	0	0	0	0	0	3	3	3	40	0	0	0	0	0	0	3	3	3	45	0	0	0	0	1	3	3	3	3	50	0	0	0	0	3	3	3	3	3
	0	5	10	15	20	25	30	35	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
20	0	0	0	0	0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
25	0	0	0	0	0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
30	0	0	0	0	0	0	1	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
35	0	0	0	0	0	1	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
40	0	0	0	0	1	3	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
45	0	0	0	1	3	3	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
50	0	0	1	1	3	3	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	0	5	10	15	20	25	30	35	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
15	0	0	0	0	0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
20	0	0	0	0	0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
25	0	0	0	0	0	0	1	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
30	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
35	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
40	0	0	0	0	1	3	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
45	0	0	0	0	3	3	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
50	0	0	0	0	3	3	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	0	5	10	15	20	25	30	35	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
15	0	0	0	0	0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
20	0	0	0	0	0	0	1	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
25	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
30	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
35	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
40	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
45	0	0	0	0	1	3	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
50	0	0	0	0	3	3	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<p>전자파 탐지 무기 전장이탈 시기(초)</p> <table border="1"> <thead> <tr><th></th><th>0</th><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th></tr> </thead> <tbody> <tr><th>0</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>5</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>10</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><th>15</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>20</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>25</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>30</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>35</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>40</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>45</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>50</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> </tbody> </table> <p>수송기와 전자파 탐지 무기기 사이 거리(km)</p> <p>[Table 3-4] 전자파 탐지 무기기 속도 : 마하 0.8</p>		0	5	10	15	20	25	30	35	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	1	1	15	0	0	0	0	0	0	3	3	3	20	0	0	0	0	0	0	3	3	3	25	0	0	0	0	0	0	3	3	3	30	0	0	0	0	0	0	3	3	3	35	0	0	0	0	0	0	3	3	3	40	0	0	0	0	0	0	3	3	3	45	0	0	0	0	0	0	3	3	3	50	0	0	0	0	0	0	3	3	3	<p>전자파 탐지 무기 전장이탈 시기(초)</p> <table border="1"> <thead> <tr><th></th><th>0</th><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th></tr> </thead> <tbody> <tr><th>0</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>5</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><th>10</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>15</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>20</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>25</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>30</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>35</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>40</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>45</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>50</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> </tbody> </table> <p>수송기와 전자파 탐지 무기기 사이 거리(km)</p> <p>[Table 3-5] 전자파 탐지 무기기 속도 : 마하 0.9</p>		0	5	10	15	20	25	30	35	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	0	0	0	0	0	0	2	3	3	15	0	0	0	0	0	0	3	3	3	20	0	0	0	0	0	0	3	3	3	25	0	0	0	0	0	0	3	3	3	30	0	0	0	0	0	0	3	3	3	35	0	0	0	0	0	0	3	3	3	40	0	0	0	0	0	0	3	3	3	45	0	0	0	0	0	0	3	3	3	50	0	0	0	0	0	0	3	3	3	<table border="1"> <tr><td>아군기 모두 생존</td><td>0</td></tr> <tr><td>전자파 탐지 무기기 격추</td><td>1</td></tr> <tr><td>전투 무기기 격추</td><td>2</td></tr> <tr><td>전자파 탐지 무기기 및 전투 무기기 모두 격추</td><td>3</td></tr> </table>	아군기 모두 생존	0	전자파 탐지 무기기 격추	1	전투 무기기 격추	2	전자파 탐지 무기기 및 전투 무기기 모두 격추	3																																																																																																																
	0	5	10	15	20	25	30	35	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
10	0	0	0	0	0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
15	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
20	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
25	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
30	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
35	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
40	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
45	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
50	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	0	5	10	15	20	25	30	35	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
10	0	0	0	0	0	0	2	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
15	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
20	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
25	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
30	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
35	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
40	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
45	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
50	0	0	0	0	0	0	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
아군기 모두 생존	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
전자파 탐지 무기기 격추	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
전투 무기기 격추	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
전자파 탐지 무기기 및 전투 무기기 모두 격추	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

Table 4. Simulation results by combat drone acceleration performance

<p>전자파 탐지 무기 전장이탈 시기(초)</p> <table border="1"> <thead> <tr><th></th><th>0</th><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th></tr> </thead> <tbody> <tr><th>0</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>5</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>10</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>15</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>20</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><th>25</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><th>30</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>35</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>40</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>45</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>50</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> </tbody> </table> <p>수송기와 전자파 탐지 무기기 사이 거리(km)</p> <p>[Table 4-1] 전투 무기기 가속도 성능 : 20초</p>		0	5	10	15	20	25	30	35	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	1	1	25	0	0	0	0	0	0	0	1	1	30	0	0	0	0	0	0	1	3	3	35	0	0	0	0	0	1	3	3	3	40	0	0	0	0	0	1	3	3	3	45	0	0	0	0	1	3	3	3	3	50	0	0	0	0	1	3	3	3	3	<p>전자파 탐지 무기 전장이탈 시기(초)</p> <table border="1"> <thead> <tr><th></th><th>0</th><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th></tr> </thead> <tbody> <tr><th>0</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>5</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>10</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>15</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>20</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><th>25</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><th>30</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>35</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>40</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>45</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>50</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> </tbody> </table> <p>수송기와 전자파 탐지 무기기 사이 거리(km)</p> <p>[Table 4-2] 전투 무기기 가속도 성능 : 25초</p>		0	5	10	15	20	25	30	35	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	1	1	25	0	0	0	0	0	0	0	1	1	30	0	0	0	0	0	0	1	3	3	35	0	0	0	0	0	1	3	3	3	40	0	0	0	0	0	1	3	3	3	45	0	0	0	0	1	3	3	3	3	50	0	0	0	0	1	3	3	3	3	<p>전자파 탐지 무기 전장이탈 시기(초)</p> <table border="1"> <thead> <tr><th></th><th>0</th><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th></tr> </thead> <tbody> <tr><th>0</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>5</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>10</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>15</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>20</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><th>25</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><th>30</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>35</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>40</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>45</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>50</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> </tbody> </table> <p>수송기와 전자파 탐지 무기기 사이 거리(km)</p> <p>[Table 4-3] 전투 무기기 가속도 성능 : 30초</p>		0	5	10	15	20	25	30	35	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	1	1	25	0	0	0	0	0	0	0	1	1	30	0	0	0	0	0	0	1	3	3	35	0	0	0	0	0	1	3	3	3	40	0	0	0	0	0	1	3	3	3	45	0	0	0	0	1	3	3	3	3	50	0	0	0	1	1	3	3	3	3
	0	5	10	15	20	25	30	35	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
20	0	0	0	0	0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
25	0	0	0	0	0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
30	0	0	0	0	0	0	1	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
35	0	0	0	0	0	1	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
40	0	0	0	0	0	1	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
45	0	0	0	0	1	3	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
50	0	0	0	0	1	3	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	0	5	10	15	20	25	30	35	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
20	0	0	0	0	0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
25	0	0	0	0	0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
30	0	0	0	0	0	0	1	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
35	0	0	0	0	0	1	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
40	0	0	0	0	0	1	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
45	0	0	0	0	1	3	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
50	0	0	0	0	1	3	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	0	5	10	15	20	25	30	35	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
20	0	0	0	0	0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
25	0	0	0	0	0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
30	0	0	0	0	0	0	1	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
35	0	0	0	0	0	1	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
40	0	0	0	0	0	1	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
45	0	0	0	0	1	3	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
50	0	0	0	1	1	3	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<p>전자파 탐지 무기 전장이탈 시기(초)</p> <table border="1"> <thead> <tr><th></th><th>0</th><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th></tr> </thead> <tbody> <tr><th>0</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>5</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>10</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>15</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>20</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><th>25</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><th>30</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>35</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>40</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>45</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>50</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> </tbody> </table> <p>수송기와 전자파 탐지 무기기 사이 거리(km)</p> <p>[Table 4-4] 전투 무기기 가속도 성능 : 35초</p>		0	5	10	15	20	25	30	35	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	1	1	25	0	0	0	0	0	0	0	1	1	30	0	0	0	0	0	0	1	3	3	35	0	0	0	0	0	1	3	3	3	40	0	0	0	0	0	1	3	3	3	45	0	0	0	0	1	3	3	3	3	50	0	0	0	1	1	3	3	3	3	<p>전자파 탐지 무기 전장이탈 시기(초)</p> <table border="1"> <thead> <tr><th></th><th>0</th><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th></tr> </thead> <tbody> <tr><th>0</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>5</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>10</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>15</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>20</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><th>25</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><th>30</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>35</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>40</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>45</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><th>50</th><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> </tbody> </table> <p>수송기와 전자파 탐지 무기기 사이 거리(km)</p> <p>[Table 4-5] 전투 무기기 가속도 성능 : 40초</p>		0	5	10	15	20	25	30	35	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	1	1	25	0	0	0	0	0	0	0	1	1	30	0	0	0	0	0	0	1	3	3	35	0	0	0	0	0	1	3	3	3	40	0	0	0	0	0	1	3	3	3	45	0	0	0	0	1	3	3	3	3	50	0	0	0	1	1	3	3	3	3	<table border="1"> <tr><td>아군기 모두 생존</td><td>0</td></tr> <tr><td>전자파 탐지 무기기 격추</td><td>1</td></tr> <tr><td>전투 무기기 격추</td><td>2</td></tr> <tr><td>전자파 탐지 무기기 및 전투 무기기 모두 격추</td><td>3</td></tr> </table>	아군기 모두 생존	0	전자파 탐지 무기기 격추	1	전투 무기기 격추	2	전자파 탐지 무기기 및 전투 무기기 모두 격추	3																																																																																																																
	0	5	10	15	20	25	30	35	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
20	0	0	0	0	0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
25	0	0	0	0	0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
30	0	0	0	0	0	0	1	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
35	0	0	0	0	0	1	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
40	0	0	0	0	0	1	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
45	0	0	0	0	1	3	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
50	0	0	0	1	1	3	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	0	5	10	15	20	25	30	35	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
20	0	0	0	0	0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
25	0	0	0	0	0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
30	0	0	0	0	0	0	1	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
35	0	0	0	0	0	1	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
40	0	0	0	0	0	1	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
45	0	0	0	0	1	3	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
50	0	0	0	1	1	3	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
아군기 모두 생존	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
전자파 탐지 무기기 격추	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
전투 무기기 격추	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
전자파 탐지 무기기 및 전투 무기기 모두 격추	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

Table 5. Summary of Simulation results

40초	73	10	0	16	73	7	0	19	73	4	0	22	72	3	0	24	71	1	1	26	<table border="1"> <tr> <td>아군기 모두 생존</td> <td></td> </tr> <tr> <td>전자파 탐지 무인기 격추</td> <td></td> </tr> <tr> <td>전투 무인기 격추</td> <td></td> </tr> <tr> <td>전자파 탐지 무인기 및 전투 무인기 모두 격추</td> <td></td> </tr> </table>	아군기 모두 생존		전자파 탐지 무인기 격추		전투 무인기 격추		전자파 탐지 무인기 및 전투 무인기 모두 격추	
아군기 모두 생존																													
전자파 탐지 무인기 격추																													
전투 무인기 격추																													
전자파 탐지 무인기 및 전투 무인기 모두 격추																													
35초	73	10	0	16	74	6	0	19	73	5	0	21	73	2	0	24	71	1	1	26									
30초	73	11	0	15	74	6	0	19	73	5	0	21	73	2	0	24	71	1	1	26									
25초	74	10	0	15	74	7	0	18	73	5	0	21	73	2	0	24	71	1	1	26									
20초	74	10	0	15	75	6	0	18	73	5	0	21	74	1	0	24	71	1	1	26									
	마하 0.5				마하 0.6				마하 0.7				마하 0.8				마하 0.9												

4.5 시뮬레이션 결과 분석

종합적인 시뮬레이션 분석 결과는 Table 5와 같다. 전자파 탐지 무인기와 전투 무인기의 성능별로 아군기의 생존 및 격추(피격) 횟수를 보여주고 있다.

Table 5의 가로축은 전자파 탐지 무인기의 속도를, 세로축은 전투 무인기의 가속도 성능을 나타낸다. 그리고, 테이블의 숫자는 무인기들이 해당 성능에서 전자파 탐지 무인기의 전장이탈 시기와 수송기와 전자파 탐지 무인기 사이의 거리에 따른 아군 무인기들의 생존 및 격추 횟수를 나타낸다. 파란색은 모든 아군 무인기들의 생존을 나타내고, 진한 붉은 색은 아군 무인기가 모두 격추되는 결과를 나타낸다.

전자파 탐지 무인기의 성능을 중심으로 시뮬레이션 결과를 분석하면, 아군 무인기들이 모두 생존하는 결과의 평균은 전자파 탐지 무인기의 속도가 마하 0.5일 때 73.4, 마하 0.6일 때 74, 마하 0.7일 때 73, 마하 0.8일 때 73, 마하 0.9일 때 71회이다. 아군 무인기들이 모두 격추되는 결과의 평균은 마하 0.5일 때 15.4, 마하 0.6일 때 18.6, 마하 0.7일 때 21.2, 마하 0.8일 때 24, 마하 0.9일 때 26회이다. 즉, 전자파 탐지 무인기의 속도는 빠를수록 아군의 생존 회수는 전반적으로 줄어들고, 격추 횟수는 늘어나는 결과를 보여주고 있다. 따라서, 전자파 탐지 무인기의 속도는 수송기의 속도(마하 0.5)와 비슷할 경우 가장 생존에 유리하다는 것을 알 수 있다.

테이블 5에서 전투 무인기의 성능을 중심으로 시뮬레이션 결과를 분석하면, 가속 성능이 빠를수록 아군 무인기들이 모두 생존하는 횟수가 증가하고, 아군 무인기들이 모두 격추되는 횟수가 감소하기는 하나, 그 증가나 감소 폭이 매우 적다. 즉, 전투 무인기의 가속 성능은 아군기의 생존율 증대에 거의 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있다.

무인기들의 배치와 기동 방법 측면에서 시뮬레이션 결과를 분석하면, 수송기와 전자파 탐지 무인기의 거

리가 멀수록, 그리고, 전자파 탐지 무인기의 전장이탈 시간이 늦을수록 아군기들은 위험에 노출된다. 따라서 가능하면 수송기와 전자파 탐지 무인기와의 거리를 가깝게 유지하고, 전자파 탐지 무인기의 전장이탈을 일찍하는 전술을 고려할 필요가 있다.

5. 결론

현대 항공전에서 항공전략 자산의 역할이 급증함에 따라, 이런 고가치 자산 보호를 위한 공중 호위 전술의 역할이 주목받고 있다. 고가치 자산의 공중 호위는 전투기에 의해서 수행되지만, 전투기는 항공전략 자산에 비해 체공시간이 짧은 문제가 있다. 공중 급유를 통한 체공시간 연장을 고려할 수 있지만 공중 급유기 또한 전략자산의 일종이기 때문에, 이를 보호하기 위한 새로운 전력이 요구되는 문제점이 발생한다. 본 논문에서는 수송기가 공중의 항공모함 역할을 수행하면서, 무인 전투기를 발진시키고, 또 회수하는 유무인 협업 전술을 소개하였다. 이 전술에서는 무인 전투기의 체공 능력이 수송기의 체공능력과 동일해지기 때문에, 항공전략 자산의 전 임무시간 동안 호위가 가능하다. 또한, 수송기의 탑재 능력이 허락하면 다수의 무인기 운용이 가능하기 때문에 수행 가능한 전술의 융통성이 많아진다. 본 논문에서 소개한 전술의 시뮬레이션 결과는 향후 유무인 협업 전술 구사를 위한 무인기의 개발 요구 성능 도출에 활용될 수 있을 것이다.

본 논문에서는 적 전투기 한 대의 위협에 대한 유무인 협업 공중호위 전술을 제시했는데, 이는 매우 제한적인 상황을 가정한 것이다. 다양한 규모의 적기 위협에 대한 공중 호위 전술의 추가적인 개발이 필요하다. 또한, 스텔스 적기나 전자전 상황에서의 유무인 협업 공중호위 전술에 대해서도 향후 연구에서 고려되어야 할 것이다.

후 기

본 연구는 국방과학연구소의 지원(UD200021JD)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- [1] Chairman of the Joint Chiefs of Staff, Joint Publication 3-01, "Countering Air and Missile Threats," 2017.
- [2] D. L. Haulman, "Fighter Escorts for Bombers," *The Air Power History*, Vol. 66, No. 1, pp. 39-44, 2019.
- [3] S. I. Hwang, K. J. Yang, J. H. Oh and H. J. Seol, "Development of Air to Air Mission Tactics for Manned-Unmanned Aerial Vehicles Teaming," *Journal of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences*, Vol. 50(1), pp. 47-57, 2022.
- [4] S. H. Yoo, M. H. Park, S. I. Hwang and H. J. Seol, "Manned-Unmanned Teaming Air-to-Air Combat Tactic Development Using Longshot Unmanned Aerial Vehicle," *Journal of Society of Korea Industrial and System Engineering*, Vol. 44(3), pp. 64-72, 2021.
- [5] W. I. Seo, H. M. Lee, J. H. Kim, K. Y. Choi and C. K. Jee, "A Methodology for Evaluation Mission Suitability of Manned-Unmanned Aircraft Teaming for SEAD Missions," *Journal of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences*, Vol. 48, No. 11, pp. 935-943, 2020.
- [6] J. K. Kim, Y. J. Byun and B. J. Jo, "The Study of Operation Concept and Development Direction of Air-to-Air Unmanned Fighter Using COBRA Model," *KIDA Defense Analysis(Korean Edition)*, Vol. 1625, 2016.
- [7] C. J. Yi, "Manned-Unmanned Teaming - An Analysis of UAVs and Their Interoperability with Manned Aircraft," *Journal of the Singapore Armed Forces*, Vol. 42, No. 1, 2016.
- [8] Airbus Defence and Space, "Airbus Launches Its Future Air Power Vision," Youtube, 8 Nov. 2017, militaryleak.com/2017/12/02/airbus-launches-future-air-power-vision/, accessed 10 Feb 2020.
- [9] G. Reim, "DARPA Catches Airborne X-61 Gremlins Drone from C-130 Cargo Ramp," *FlightGlobal*, 6 Nov. 2021, www.flightglobal.com/military-uavs/darpa-catches-airborne-x-61-gremlins-drone-from-c-130-cargo-ramp/146268.article, accessed 10 Feb 2020.