

무인전투기의 자율 공중 교전 알고리즘 기술 동향 및 제어기 설계

신희민1*, 이재현1, 김현기1, 심현철1

KAIST

Research Trend and the Control System Design of Autonomous Aerial Combat for Unmanned Combat Aerial Vehicle

Heemin Shin^{1*}, Jaehyun Lee¹, Hyungi Kim¹, David Hyunchul Shim¹

Key Words : Unmanned Aerial Combat Vehicle(무인 전투기), Autonomous Aerial Combat(자율 공중 교전), Situation Recognition(상황 인식), Basic Fighter Maneuvering(기본 전투 기동)

서론

무인기는 군사적 목적으로 실제 전장에 투입되어 활발하게 운용되고 있으며, 특히 지상 타격과 감시/정찰 역할을 성공적으로 수행하고 있다. 하지만 미래 무인기는 현재의 운용 범위를 넘어 다양한 역할을 수행 할 것으로 기대된다. 특히, 유인 조종사가 생존의 위협을 받는 공중 교전 상황에서 보다 효율적인 자율 교전을 수행 할 수 있는 차세대 무인 전투기에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

1-2차 세계 대전을 통해 공중을 통한 공격과 침투의 필요성이 대두된 이후 전투기는 급격하게 발달되었다. 2세대 전투기는 중장거리 미사일을 주무기로 사용하였으나 그 효율성에 의문을 남기며 3세대이후 최신의 5세대 전투기까지 기관포를 표준 장비로 장착하여 근접 공중 교전의 수행을 필수적으로 요구하고 있다. 더욱이, 스텔스 기술과 전파 방해 기술의 발전은 차세대 무인 전투기의 기동 기반 근접 공중 교전 수행을 필수적으로 요구한다.

본 연구를 통해 차세대 무인 전투기의 자율 근접 공중 교전 수행을 가능하도록 하는 가상 전투 파일럿을 제안한다. 이를 통해 공중 교전시 생존의 위협을 받는 유인 조종사를 대체하여 효과적인 자율 공중 교전을 가능하게 한다.

공중 교전 제어계 연구 동향

무인기의 자율 공중 교전 알고리즘은 1950년대부터 미사일의 개발과 전투기 조종사의 교전 훈련을 위한 타격을 목적으로 개발되기 시작한다. 이를 위해 실제 유인 조종사를 모사하는 기동 수행을 가능하도록 하는 알고리즘의 개발을 필요로 한다. 이러한 최적의 공중 교전 수행을 위한 다양한 접근들이 시도되어왔다.

공중 교전에 대한 분석적 최적해를 기반으로 한 기동 수행을 위한 다양한 연구가 수행되었다.¹ 하지만

이러한 접근은 실제 공중 교전 상황에 대해 다양한 가정과 간략화가 포함되어 있으며, 그 실용성이 적고 계산량이 많은 한계를 가진다.

이와는 반대로, 경험적 휴리스틱 기반의 규칙 기반의 접근이 시도되었다.² 이러한 접근은 규정된 상황에 대해 효과적인 성능을 보이지만, 기존 규칙에 대한 수정이나 새로운 규칙의 추가가 어렵다는 문제를 가진다.

최근에는 미국의 주도로 유인 조종사와 버금가거나 그 이상의 성능을 보이는 자율 교전 수행이 가능한 오토파일럿이 소개되고 있다. 1980년대 중반 NASA의 Langley Research Center(LaRC)에서는 ‘Tactical Guidance Research and Evaluation System(TIGRES)’를 통해 상황 판단, 기동 선택, 비행 제어 등의 임무를 지식 기반 시스템(Knowledge-based Systems)를 통해 풀어낸 Paladin을 소개한바 있다. Paladin은 실시간성을 가지며 유인 조종사의 교전 훈련에 적용될 수준의 교전 성능을 보인다.³

또한, 2016년 3월에는 University of Cincinnati와 신시네티 대학과 Psibernetix Inc.의 공동 연구를 통해 유전적 퍼지 트리(Genetic Fuzzy Tree) 기반의 인공지능을 가지는 ‘ALPHA’를 소개한 바 있다.⁴ ALPHA는 유인 조종사의 검증된 안전 법칙과 운용 교범을 적용했을 뿐 아니라 손쉬운 변형과 수정, 보완이 가능한 장점을 가지며 일반 PC와 라즈베리파이 등의 컴퓨터에서도 실시간으로 적용이 가능하다. ALPHA는 숙련된 유인 조종사와의 모의 교전에서 단 한 번의 패배 없이 전승을 거두어 “the most aggressive, responsive, dynamic and credible AI seen to date”라는 평을 받으며 유인 조종술을 뛰어 넘는 인공 지능 제어계로 평가 받고 있다.

미국에서는 공중 교전의 페러다임을 바꿀 지향성 에너지 무기(Directed Energy Weapon)의 개발을 2020년까지 완료하고 실제 전투기 및 비행체에 탑재 할 계획을 발표한 바 있다. 이는 전자기파나 입자빔을

한곳에 집중시켜 고출력 에너지를 발사해 표적을 제거하는 최신 기술이다. 이는 기존의 기관포나 미사일에 비해 운용 비용이 경제적이며, 적 전투기뿐 아니라 조준된 미사일, 지상 레이더나 위협 목표물을 타격하여 제거 가능한 장점을 갖는다. 또한 빛과 같은 속도로 발사되기 때문에 적의 대응을 불가능하게 만든다. 현재까지는 약한 출력으로 인한 짧은 사거리, 큰 크기로 인한 탑재와 운용의 어려움이 있으나 지속적인 연구 수행을 통해 5년 이내에 비행체에 탑재하여 실용화를 목표로 하고 있다. 이 기술은 현재뿐 아니라 앞으로 개발될 차세대 무인 전투기의 운용 및 교전에도 많은 영향을 줄 것으로 기대된다.

가상 전투 파일럿 구조 설계

본 연구를 통해 유인 조종사를 대체하여 무인 전투기가 효과적인 공중 교전 수행을 가능하게 하는 가상 전투 파일럿을 제안한다. 아래 Fig.1은 설계된 가상 전투 파일럿의 구조를 보여준다.

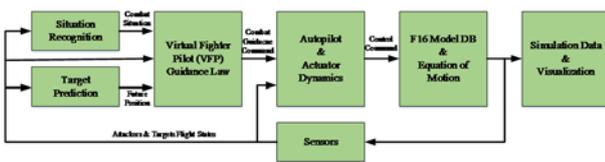


Fig 1. 가상 전투 파일럿의 모듈화 구조

본 논문에서 기술하는 가상 전투 파일럿은 유인 조종사의 의식과 판단의 흐름을 묘사하여 구성되었으며, 각 구성 요소들은 모듈화되어 부분적인 수정과 개선, 검증이 가능하도록 한다. 상황인식은 현재 교전에 가담중인 전투기의 교전 기하 관계로부터 유/불리 상황과 기동의 목적을 판단한다. 적기 예측은 교전 상황에서 보다 유리한 고지를 선정하기 위해 적기의 가까운 미래 상태를 예측하는 모듈로, 적기의 과거 비행 정보를 바탕으로 수초후의 위치 정보를 속도 추정 기법 기반으로 예측한다. 교전 유도 법칙 모듈은 실질적인 교전 수행을 위한 기동 생성을 위한 명령을 생성한다. 본 연구에서는 기본 전투 기동을 바탕으로 준최적성을 갖는 교전 유도 법칙을 설계한다. 또한 극한 기동 수행을 위해 모델의 속도-하중계수 다이어그램과 에너지-기동 차트 분석 결과를 유도 법칙에 반영한다.

모의 공중 교전 수행 결과

가상 전투 파일럿은 MATLAB/Simulink 기반의 모듈화 구조로 구현하고, Free Falcon 10의 공개된 F-

16모델에 대한 모의 교전을 수행하였다. 특히, 교전의 복잡성이 높은 2:2의 다대다 교전 상황의 헤드온 초기 조건에 대한 모의 교전을 수행하였으며 그 결과는 Fig.2와 같다.

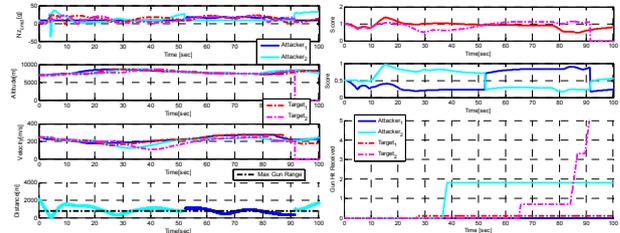


Fig 2. 2:2 헤드온 조건에 대한 모의 교전 결과

동등한 초기 조건에서 가상 전투 파일럿은 Defensive Split을 수행하며 적기의 기동을 확인하며 전략 기동을 수행한다. 20초부터 타겟에 대한 합산 스코어를 기반으로 타겟을 선정하며, 공격기는 자유 공격기와 미끼의 역할을 나누어 전략 기동을 수행한다. 그 결과 85초부터 타겟2는 지속적인 공격을 받아 제거되며, 이후 타겟 1에 대한 수적 유리한 상황의 공중 교전 상황을 가짐을 확인할 수 있다. 이를 통해 설계된 가상 전투 파일럿은 복잡한 다대다 상황에서 아군의 손실 없이 성공적이고 효과적으로 적기를 제압함을 확인할 수 있다.

후 기

본 연구는 국방과학연구소의 국방 특화연구실의 일환으로 수행하였음. [계약번호:UD150047JD, 지능 기반 무인기 제어]

참고문헌

- 1) Jarmark B., Hillberg C., "Pursuit-Evasion between Two Realistic Aircraft," Journal of Guidance, Control, and Dynamics, Vol. 7, No. 6, 1984, pp. 690-694.
- 2) Burgin G. H., Sidor L. B., "Rule-based Air Combat Simulation," NASA-CR-4160, 1988.
- 3) Alan A. C., John W. C., Kenneth H. G., "Trial Maneuver Generation and Selection in the Paladin Tactical Decision Generation System," NASA Technical Memorandum 107722, 1993.
- 4) Ernest, N., Carroll, D., Schumacher, C., Clark, M., Cohen, K, "Genetic Fuzzy based Artificial Intelligence for Unmanned Combat Aerial Vehicle Control in Simulated Air Combat Missions." Journal of Defense Manage, Jun. 2016.