

전장 헬기의 다중센서 시뮬레이터를 통한 위협통합 및 구현[☆]

Threat Unification using Multi-Sensor Simulator of Battlefield Helicopter and Its Implementation

박 훈 우*
Hunwoo Park

강 신 봉**
Shinbong Kang

노 상 옥***
Sanguk Noh

정 운 섭****
Unseob Jeong

요 약

전자전 환경에서 헬기는 헬기생존체계(aircraft survivability equipment: ASE)의 다양한 센서를 통하여 수집한 데이터를 기반으로 헬기에 대한 위협을 식별한다. 헬기의 성공적인 임무 수행 및 생존을 위하여 헬기에 대한 위협을 반복적으로 확인할 수 있는 시뮬레이터의 구현은 필수적이다. 본 논문에서는 (1) 전장 헬기의 센서가 수신하는 위협요소를 정의하는 위협속성 생성기, (2) 전장환경과 유사한 위협을 정규, 균일, 지수 분포로 생성하는 위협자료 생성기 및 (3) 다양한 전장 시나리오에서 센서들이 수집한 데이터를 통합하여 위협의 방향과 정도를 사용자에게 실시간으로 보여주는 위협 분석 및 통합 표시기를 개발한다. 구현한 전장 헬기의 다중센서 위협 시뮬레이터를 이용하여 생성된 다양한 시나리오에서 다수의 위협에 대한 통합정확도를 측정하였다.

Abstract

In electronic warfare settings, battlefield helicopters identify various threats based upon threat data, which are acquired using their multi-sensors of aircraft survivability equipment (ASE). To continually function despite of potential threats and successfully execute their missions, the battlefield helicopters have to repeatedly report threats in simulated battlefield situations. Toward this ends, the paper presents threat unification using multi-sensor simulator and its implementation. The simulator consists of (1) threat attributes generator, which models threats against battlefield helicopters and defines their specific attributes, (2) threat data generator, which generates threats, being similar to real ones, using normal, uniform, and exponential distributions, and (3) graphic display for threat analysis and unification, which shows unified threat information, for example, threat angle and its level. We implement a multi-sensor threat simulator that can be repeatedly operable in various simulated battlefield settings. Further, we report experimental results that, in addition to tangibly modeling the threats to battlefield helicopters, test the capabilities of threat unification using our simulator.

□ keyword : intelligent agent, decision-making, threat unification, threat simulator, 지능형 에이전트, 의사결정, 위협통합, 위협 시뮬레이터

1. 서 론

전자기술의 발전은 C3(command, control, and communication)와 센서기술의 급격한 발전을 가져왔으며, 지상과 공중을 연결하는 네트워크 솔루션을 가능하게 할 뿐만 아니라 적군의 반응시간 또한 감소시키는 역할을 하였다. 이러한 전자화된

* 준 회 원 : 가톨릭대학교 대학원 컴퓨터공학전공 석사과정
turtle19@naver.com

** 준 회 원 : 가톨릭대학교 대학원 컴퓨터공학전공 석사과정
buena80@gmail.com

*** 종신회원 : 가톨릭대학교 컴퓨터정보공학부 교수
sunoh@catholic.ac.kr(교신저자)

**** 정 회 원 : 국방과학연구소 책임연구원
jeus@add.re.kr

[2009/02/19 투고 - 2009/02/27 심사 - 2009/05/04 심사완료]

☆ 본 연구는 2007년도 가톨릭대학교 교비연구비의 지원과

2007년도 국방과학연구소의 “자율적인 위협탐지 및 분류연구(UD070078ED)” 용역의 지원으로 이루어졌음.

전장에서 아군 헬기의 생존확률을 높이기 위하여 생존체계에 대한 위협데이터를 정의하고 분석하는 연구는 다양한 형태로 진행되어왔다 [1]. 전장 헬기의 두뇌역할을 수행하는 생존체계장비 (Aircraft Survivability Equipment: ASE)는 [2, 3] 실시간 전장환경에서 여러 개의 센서로부터 수신하는 위협데이터를 분석하고, 위협시스템을 정확하게 분류 및 통합하여야 한다. 아군 헬기의 임무를 성공적으로 수행하고 위협에 능동적으로 대처하기 위하여 위협을 체계적으로 통합하는 생존체계장비를 구축하는 것은 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 위협 데이터의 수신으로부터 위협 시스템을 확인하는 과정을 자율적으로 수행하는 위협 시뮬레이터를 설계하며, 실질적인 전장환경과 유사한 시뮬레이션 환경에서 반복적으로 생존체계장비의 성능을 검증할 수 있도록 위협 시뮬레이터를 구현한다.

선행연구를 [4] 통하여 전장상황에서 자율적으로 위협을 인식하는 에이전트를 설계하였다. 위협 인식 에이전트는 생존체계장비가 수신하는 위협 데이터의 특성과 위협간의 상호연관성을 컴파일 과정을 통하여 귀납적 모델로 정형화한다. 귀납적 모델은 자율적인 에이전트의 지식베이스로 형성되며, 상황-행동 추론방식에 의하여 특정한 전장 상황에서 위협시스템을 확인할 수 있도록 한다.

일반적으로 전장 헬기의 다중 센서 수신기는 RWR(radar warning receiver), LWR(laser warning receiver), MWR(missile warning receiver)으로 구성된다. 헬기의 다중센서는 각각 독립적으로 동작하기 때문에 헬기의 생존체계장비는 여러 개의 센서로부터 수신된 위협이 동일한 것인지에 대한 여부를 판단하여야 한다. 즉, 위협클래스가 다르고 물리적으로 동일한 위협이 아니지만 위협이 발생하는 기점이 같거나, 일정한 곳에서 동일한 순서로 위협이 계속 발생한다면 이에 대한 연관성을 결정할 필요가 있다. 예를 들어 헬기를 격추하기 위해 먼저 적이 탐색레이더로 헬기를 찾고, 추적레이더로 헬기를 추적한 후 미사일을 발사하

면 이 모든 과정이 헬기를 격추시키기 위한 한번의 위협 시퀀스가 된다. 이러한 경우 세 번의 위협발생은 물리적으로 다르고 위협 클래스도 다르지만 결과적으로 헬기를 격추시키기 위한 일련의 과정에서 발생한 위협이므로 이를 동일한 위협으로 통합하여야 한다. 본 논문에서는 이러한 위협통합 과정을 위한 알고리즘을 제안하며, 위협 시뮬레이터를 통하여 실험적으로 위협 통합 알고리즘의 성능을 평가한다.

구현한 위협 시뮬레이터는 (1) 전장 헬기의 센서가 수신하는 위협요소를 정의하는 위협속성 생성기, (2) 전장환경과 유사한 위협을 다양한 분포로 생성하는 위협자료 생성기 및 (3) 다양한 전장 시나리오에서 센서들이 수집한 데이터를 통합하여 위협의 방향과 정도를 사용자에게 실시간으로 보여주는 위협 분석 및 통합 표시기로 구성된다. 위협 시뮬레이터는 헬기생존체계의 다중센서에서 수신하는 데이터를 분석하여 위협을 확인하고, 연관성이 있는 위협을 통합하며, 위협 시스템이 정확하게 통합되었는가에 대한 반복적인 실험 및 평가를 가능하게 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 구현한 시뮬레이터와 기존의 관련연구를 비교하며, 3장에서는 전장 헬기에 대한 위협요소를 분석한다. 4장에서는 위협 시뮬레이터를 구성하는 각 요소를 설명한다. (1) 위협요소를 정의하는 위협속성 생성기, (2) 모의 위협 데이터를 생성하는 균일분포, 정규분포 및 지수분포 방식의 위협자료 생성기 및 (3) 모의 전장환경을 나타내는 위협 분석 및 통합 표시기를 구현한다. 5장에서는 모의 전장환경에 대한 시나리오와 위협통합 알고리즘을 설명한다. 6장에서는 구현한 위협 시뮬레이터를 이용하여 위협통합 알고리즘을 평가하며, 마지막으로 결론에서 실험결과와 앞으로의 연구방향을 정리한다.

2. 관련연구

본 논문은 가상전장을 구현하는 시스템 모델링

및 시뮬레이션(Modeling and Simulation: M&S)과 시뮬레이션 환경에서 상황을 분석하고 판단하는 에이전트의 구현을 핵심으로 하는 항공 시뮬레이터를 연구하는 노력과 공통점을 가진다. Ozaki 등은 [5] 미 국방성 산하 모의분석국(DMSO)의 주도하에 개발된 HLA/RTI(High Level Architecture/Run-Time Infrastructure) M&S 아키텍처를 바탕으로, MARINE이라는 전쟁 게임(war game)을 위한 병렬-분산 미들웨어 시뮬레이션 시스템의 합성환경(SE: Synthetic Environment)을 구현한다. Ma 등은 [6] 전장 시뮬레이션 상황에서 목표를 추적하고, 임무 완수 후에는 출발위치로 돌아오는 다수의 UGV(Unmanned Ground Vehicle)를 위한 멀티 에이전트 시스템을 구현하였다. Ozaki 등의 연구는 합성환경을 생성하고, 가상의 전장 환경에서 여러 종류의 전장 유닛을 배치하여 모의전투 시뮬레이션을 수행하는 것에 중점을 두고 있다. Ma 등은 주어진 전장환경에서 멀티 에이전트 시스템 모델(Multi-Agent System Model)을 이용하여 자율적인 판단으로 목표를 효율적으로 추적하는 UGV의 개발이 주요 목적이다.

대부분의 항공기 시뮬레이터들은 크게 시뮬레이션 엔진, 지형정보 DB, 렌더링 엔진으로 구성되며, 조종사의 기동훈련이나 통상적인 자동 운항을 목적으로 제작된다. 황수찬 등은 [7] 실제 항공기와 동일한 환경을 구축하는 범위를 넘어 조종사들이 실제 비행시 필요한 이착륙, 항로 비행과 같은 다양한 기본적 비행임무를 위한 시뮬레이터의 구현 및 평가방법을 제안하였다. 채상원은 [8] 이착륙과 같은 기본적인 임무를 제외하고 비행 상태에서 조종사들이 비행 전술 등을 보다 쉽게 이해하기 위한 비행 시나리오를 중심으로 한 시뮬레이터를 제안하였다. 황명신 등의 [9] Mooney 시뮬레이터는 로터리 인코더로 조종을 입력 받고 교관석을 설치하여 환경자료를 설정하여 훈련종류를 조종할 수 있는 등 PC에서 조이스틱으로 조종하는 계기비행 시뮬레이터를 좀 더 개량한 것이다.

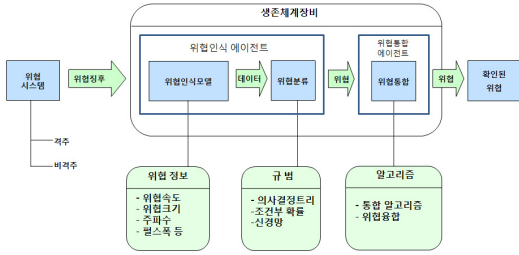
본 논문은 위의 언급한 관련연구들과 다음과 같은 유사점 및 차이점을 가진다. 합성환경을 생성하여 여러 객체들의 전쟁 게임 전체를 구현하는 Ozaki 등의 연구와 다르게 본 연구는 전장환경에서 위협을 확인하고 통합하는 헬기를 하나의 자율적인 개체로 구현하는 것에 중점을 둔다. 또한 Ma 등의 연구는 전장 시뮬레이션 상황에서 에이전트의 자율적인 판단을 요구 한다는 개념은 본 연구와 유사한 점이나, Ma 등의 연구에서는 에이전트의 목적이 목표를 효율적으로 찾아서 귀환하는 것이며, 본 연구에서의 에이전트는 전장환경에서 다양한 위협을 분류/통합하여 단일 헬기의 위협대처능력을 향상시키려는 점에서 차이점을 가진다. 조종사를 위한 대부분의 항공기 시뮬레이터는 조종사를 위한 기동훈련에 중점을 두고 있다. 반면에 본 논문에서 구현한 위협 시뮬레이터는 헬기의 생존체계장비가 수신한 데이터를 바탕으로 위협을 자율적으로 파악하여 조종사의 작업 부하를 줄이며, 결과적으로 헬기 운항에 더욱 집중할 수 있도록 할 것이다. 궁극적으로 본 논문에서 제안하는 헬기생존체계의 자율적인 의사결정을 통하여 전장상황에서 빠르게 대처할 수 있는 에이전트를 구현할 것으로 기대한다.

3. 헬기생존체계의 설계

3장에서는 전장 헬기의 생존체계장비를 설계하며, 생존체계장비의 다중 센서가 수신하는 위협요소를 분석하여 모델화하고자 한다. 위협에 대한 분석 및 모델은 각각의 위협 시스템을 전장환경에서 확인할 수 있도록 하며, 동일한 위협에 대하여 통합이 가능하도록 한다.

3.1 헬기생존체계

전장 헬기의 생존체계 구성 장비가 위협데이터를 분석하고, 각 수신기별 위협 데이터의 특성과 위협간의 상호연관성을 분석하여 통합하는 과정에 대한 시스템 체계도는 그림 1과 같다.



(그림 1) 헬기 생존체계장비의 위협데이터 통합과정에 대한 시스템 체계도

헬기의 생존체계장비는 위협인식 에이전트와 위협통합 에이전트에 의하여 기능을 수행하도록 구성되어 있다. 위협 시스템에 대한 실시간 데이터가 헬기 생존체계장비에 입력되면, 위협인식 에이전트는 위협을 확인하고 귀납학습 모델에 의하여 생성된 규범의 범주와 비교하여 위협을 분류한다 [4]. 위협인식 에이전트가 다중센서에 의하여 수신된 위협을 분류하면, 위협통합 에이전트는 각각의 위협이 동일한 것인지에 대한 판별을 수행한다. 이와 같이, 생존체계장비는 위협인식 및 위협통합 에이전트에 의하여 전장상황에서의 위협을 분류하고 지식베이스에 축적된 규범에 기반을 두어 결과적인 현재상황을 인식하며, 이에 대한 경고 및 정확한 통합을 추천하게 된다. 이러한 위협의 분석, 확인, 분류, 경고 및 위협의 통합과정은 새로운 상황이 입력될 때 마다 반복되며, 헬기 생존체계장비는 실시간적으로 위의 과정을 처리할 수 있어야 하며 동시에 잘못된 경고(false alarm)를 최소화하여야 한다.

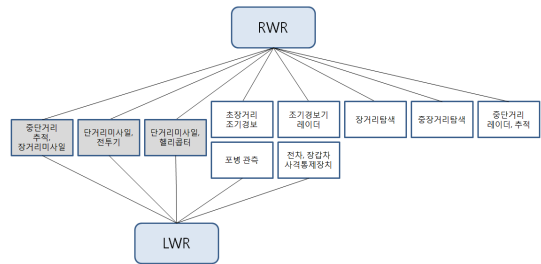
3.2 다중센서 수신기 분석

일반적인 전장 헬기의 다중센서 수신기는 RWR(Radar Warning Receiver), LWR(Laser Warning Receiver), MWR(Missile Warning Receiver)로 구성된다 [10]. RWR은 전자전 상황에서 적의 지상 및 항공기의 레이더 신호를 감지하고 관련 정보를 조종사 및 ECM(Electronic Counter Measure) 장비에 제공하여 신속하게 대응

할 수 있게 해주는 장비이다.

현재로서는 전투항공기가 레이저 거리측정장비를 장착한 경우는 일반적이지 않으나, 레이저 범 편승 방식의 유도 무기의 사용이 증가하고 있는 추세이다. 따라서, LWR은 적 항공기의 존재유무를 판별하는데 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단되며, 일례로 영국 공군의 유폴파이터/타이푼에는 LWR을 장착하고 있다. 일반적으로 LWR은 기수부의 하단에 장착되며, 쇄도해오는 적 레이저파를 탐지하고 분석/판단할 수 있는 기능을 가진다.

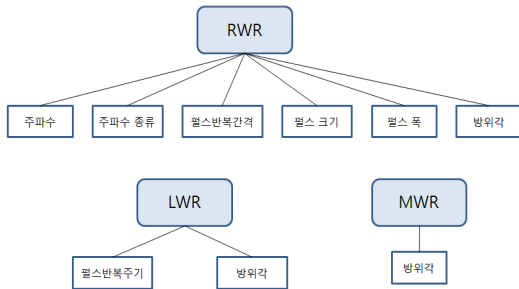
다중센서 수신기가 탐지하는 위협의 분류는 그림 2와 같으며, 각각의 수신기별 위협 속성은 그림 3과 같다.



(그림 2) 다중센서 수신기의 탐지위협 분류

그림 2에서 RWR은 8개의 위협을 분류하며, LWR은 5개의 위협을 분류한다 [4]. RWR과 LWR이 공통적으로 분류할 수 있는 위협은 중단거리 추적/장거리 미사일, 단거리 미사일/전투기 및 단거리 미사일/헬리콥터의 세가지 이다.

그림 3은 전장 헬기의 다중센서 수신기별 속성을 나타낸다. RWR이 수신하는 레이더와 관련된 속성 중 적이 방출한 레이더의 종류를 확인하는데 필요한 속성들로는 주파수(Radio Frequency), 펄스반복간격(Pulse Repetition Interval: PRI), 펄스 크기(Pulse Amplitude), 펄스 폭(Pulse Width) 등이 있고 그 위치를 확인하기 위한 속성으로는 신호 방향(Angle Of Arrival)이 있다 [11, 12, 13, 14].



(그림 3) 전장 헬기의 다중센서 수신기별 속성

- 주파수: 각 레이더 유형을 구별하는데 필요한 가장 주요한 요소이다. 레이더 유형별로 특정한 범위의 값을 갖는다.
- 주파수 종류: fixed, hopping, agile, bi-channel 등이 있다.
- 펄스반복간격: 펄스반복간격이 크면 위협과의 거리가 멀리 떨어져 있으며, 작으면 위협과의 거리가 가까운 경향이 있다. 펄스반복주기(Pulse Repetition Frequency: PRF)는 PRI의 역수이다.
- 펄스 크기: 펄스 크기는 각 레이더 모델과 운용 모드에 따라 달라진다.
- 펄스 폭: 펄스의 폭을 나타내는 데이터로써 거리가 멀어지면 펄스폭은 증가한다.
- 방위각: 수신된 신호의 방위각이다.

LWR은 레이저 빔 편송 방식의 유도무기(예를 들면, 빔 활강기 방식의 유도탄) 또는 레이저 거리측정기 등에 의하여 아군 헬기가 적 레이저의 표적이 되고 있을 경우에 이를 알려 주는 장비이다. 적기가 사용하는 파장 대역을 스펙트럼 분석화하여 탐지한다 [15,16].

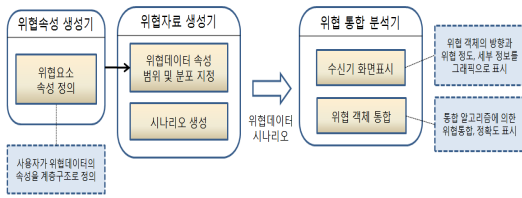
- 펄스반복주기(PRF): 레이저 펄스 반복 주기. LWR은 펄스반복주기에 의하여 레이저 위협을 빔 활강기(Beam rider), 거리측정기(Range finder), 표적지시기(Target designator)로 분류한다.
- 방위각: 레이저가 수신되는 각도

MWR은 기본적으로 펄스 도플러(Pulse Doppler), 적외선(Infra-Red :IR) 및 자외선(Ultra-Violet:UV) 등의 세가지 종류가 있으며, 각각을 조합한 방식도 존재한다. 그 중에서 자외선 방식의 경우, 미사일의 연료가 연소하면서 발생하는 불꽃의 자외선을 수신한다. 자외선 방식의 MWR은 다른 방식에 비하여 선명한 신호를 수신할 수 있기 때문에 신호 처리에 적은 비용을 소모하고, 수신기가 신호를 처리하는 부담이 적은 장점을 가진다. 자외선 방식의 MWR의 단점은 적의 미사일 연료의 연소 이후의 탐지가 불가능하고, 적군이 쉽게 생성하는 인위적인 기만 신호를 수신할 수 있다는 것이다. MWR의 수신속성은 수신된 신호의 방위각이다.

4. 위협 시뮬레이터

헬기가 모의 전장환경에서 반복적으로 위협을 확인하고, 다중 센서가 독립적으로 수신한 위협이 동일한 위협일 경우 이러한 위협을 통합할 수 있도록 다중센서 위협 시뮬레이터를 구현한다. 위협 시뮬레이터의 구현을 위하여 3장에서 정리한 위협 모델을 바탕으로 (1) 위협요소를 정의하는 위협속성 생성기, (2) 실질적인 전장환경과 유사한 모의 데이터를 생성하는 위협자료 생성기를 설계 및 구현한다. 모의 위협자료 생성기는 균일분포, 정규분포 및 지수분포 방식을 사용하여 다양한 위협자료를 생성한다. (3) 모의 전장상황을 화면에 표시하는 위협 분석 및 통합 표시기를 구현하여 위협 시뮬레이터를 완성한다.

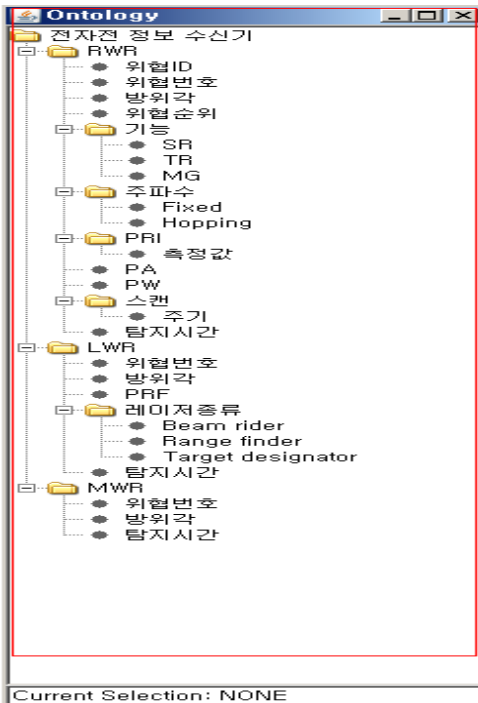
위협 생성 및 분석, 통합을 수행하는 위협 시뮬레이터 모듈의 구성은 그림 4와 같다. 그림 4에 나타난 위협 시뮬레이터의 각 구성 모듈을 아래의 절에서 구체적으로 설명한다.



(그림 4) 위협 시뮬레이터 모듈 구성도

4.1 위협속성 생성기

위협속성 생성기는 헬기의 다중 센서가 수신하는 위협요소들을 사용자가 정의하고, 위협요소들의 구간을 사용자가 지정할 수 있게 한다. 위협속성 생성기를 통한 위협요소들의 정의는 위협데이터를 각 속성의 범위 내에서 소프트웨어적으로 생성할 수 있도록 한다. 그림 5는 수신기 유형별, 즉, RWR, LWR, MWR이 수신하는 위협요소를 속성에 대한 계층구조로 정의하고 유지하는 위협속성 생성기를 나타낸다.

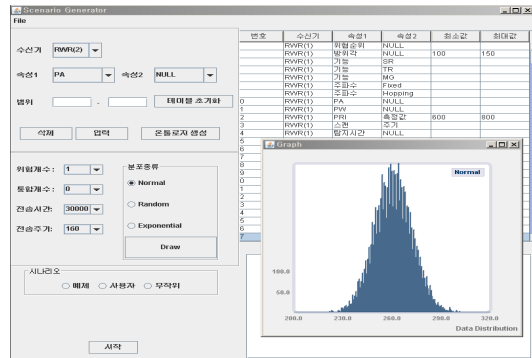


(그림 5) 위협속성 생성기

4.2 위협자료 생성기

위협 시뮬레이터는 모의 전장환경에서 헬기의 생존에 필요한 의사결정을 수행하는 시스템으로써 위협을 조기에 분석하여 위협에 적절한 조치를 취할 수 있도록 해준다. 이러한 위협 시뮬레이터를 통하여 헬기생존체계의 정확성을 반복적으로 시험 및 평가해 보기 위해서는 많은 양의 모의 자료를 필요로 하며, 또한 방대한 분량의 모의 데이터를 실질적인 전장환경과 유사하게 생성하는 것이 매우 중요하다. 전장 헬기의 위협 분석 및 통합 시스템이 정상적인 작동을 하고 있는지 판단하기 위해서는 가능한 많은 현실적인 위협 데이터가 필요하게 되는데, 이러한 데이터를 만들어 내기 위해서 위협자료 생성기를 이용한다.

그림 4의 위협 시뮬레이터의 모듈 구성도에 나타난 바와 같이 위협 시뮬레이터는 위협속성 생성기를 이용하여 위협요소를 정의하며, 위협자료 생성기를 이용하여 다양한 분포로 모의 위협 자료를 생성한다. 모의 위협자료 생성기의 역할은 다음과 같다. (1) 사용자가 위협속성 생성기를 통하여 수신기별 위협 속성에 대한 속성값을 정의하며, (2) 정의된 속성 값을 바탕으로 균일분포, 정규분포, 지수분포 중 한 가지의 분포로 모의 위협 데이터를 생성하며, (3) 생성한 모의 위협 데이터 분포를 그래프로 나타내며, (4) 생성된 위협 데이터를 지능형 위협인식 및 통합 에이전트로 전달한다.



(그림 6) 위협자료 생성기

그림 6은 위협속성 생성기와 위협자료 생성기의 구현 화면을 나타낸다. 위협속성 생성기 부분은 그림 6의 좌측 상단에 나타나 있다. 각 수신기별 속성을 정의하고 범위를 입력한 후, ‘온톨로지 생성’ 버튼을 누르면 그림 5와 같은 위협속성 화면이 보이게 된다. 이때, 사용자의 편리성을 위하여 기본적인 속성 및 범위 값은 ‘테이블 초기화’ 버튼을 누르면 자동적으로 생성되도록 하였다. 테이블 초기화에 의하여 기본적인 값이 입력된 화면의 예는 그림 6의 우측부분에 테이블 형태로 나타나 있다.

위협자료 생성기에 대한 구현 화면은 그림 6의 좌측 하단부에 나타나 있다. 전장 시나리오 생성을 위하여 (1) 임의의 전장상황에서 나타나는 위협의 개수와 (2) 전체 위협 중에서 통합되는 위협의 개수, (3) 데이터 전송 시간, (4) 데이터 전송 주기 등을 사용자가 지정할 수 있다. 또한, 사용자가 임의의 위협 속성을 지정하고 이에 대한 분포종류를 선택하고 난 뒤, ‘draw’ 버튼을 누르면 그림 6의 우측에 팝업으로 나타난 바와 같이 분포 그래프가 보인다. 전장상황 시나리오는 그림 6의 좌측 하단부에서 볼 수 있듯이 예제, 사용자, 무작위의 세가지 유형으로 생성될 수 있다. 예제 시나리오는 전형적인 전장상황을 미리 정의한 것이며, 사용자 시나리오는 사용자가 미리 정의한 시나리오를 의미하며, 무작위 시나리오는 위협개수, 통합개수, 전송시간, 전송주기에 맞게 임의로 생성되는 시나리오를 의미한다. 화면 좌측 아래의 ‘시작’ 버튼을 누르면 통신이 시작되어 위협자료가 클라이언트로 전송되기 시작한다.

다양한 다중센서 위협 데이터 모델에 대한 에이전트의 성능을 확인하기 위하여 정규분포, 균일분포, 지수분포 [17]의 세 가지 분포를 사용하여 모의실험 데이터를 생성한다. 모의 위협데이터 생성기의 분포방법 선택에 따라 수신기들의 위협분류 정확도가 각각 다르게 나타난다.

$$n(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad \text{for } -\infty < x < \infty \quad (1)$$

where $\sigma > 0$

수식 (1)과 같이 표현된 정규분포(normal distribution)는 각 속성 값의 범위 내에서 정규 분포를 따르는 데이터를 생성한다. μ 는 평균, σ 는 표준편차를 의미하며, x 는 새로운 모의 데이터를 의미한다.

$$f(x) = \frac{1}{k} \quad \text{for } x = x_1, x_2 \dots x_k \quad (2)$$

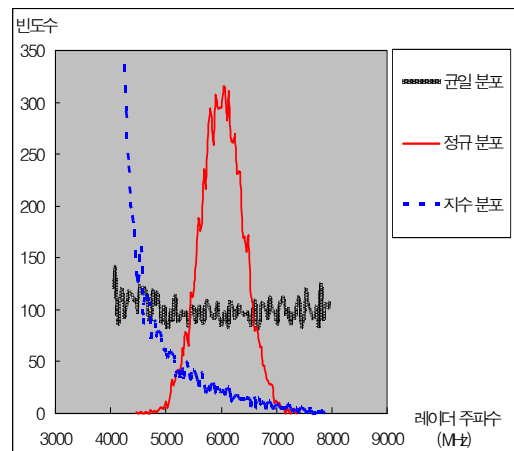
where $x_i \neq x_j$ when $i \neq j$.

수식 (2)에 나타난 균일분포(uniform distribution)는 각 속성 값의 범위 내에서 모든 값이 같은 확률로 발생하게 하여 데이터를 생성한다.

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\theta} e^{-\frac{x}{\theta}} & \text{for } x > 0 \\ 0 & \text{elsewhere} \end{cases} \quad (3)$$

where $\theta > 0$.

지수분포(exponential distribution)(수식 (3) 참조)는 각 속성 값의 범위 내에서 지수 분포를 따르는 데이터를 생성한다.

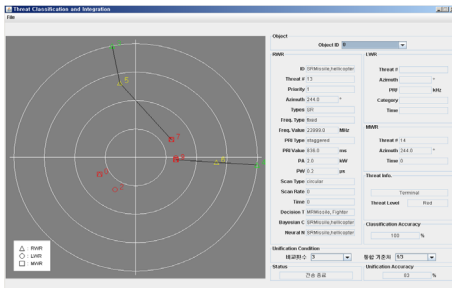


(그림 7) 모의 위협데이터의 생성

모의 위협자료 생성기를 사용하여 세가지 분포를 따르는 모의 데이터를 생성한 예제는 그림 7과 같다. 이때, 결과적으로 생성한 데이터의 레이더 주파수 범위는 4~8GHz이며, 각 분포에 대하여 10,000개씩의 모의자료를 생성한 것이다.

4.3 모의전장상황에 대한 위협 분석 및 통합 표시기

다양한 전장 시나리오에서 센서들이 수집한 데이터를 통합하여 위협의 방향과 정도를 사용자에게 실시간으로 보여주는 위협 시뮬레이터의 위협 분석 및 통합 표시기(그림 4의 위협 시뮬레이터 모듈 구성도 참고)를 설계 및 구현한다. 지능형 위협 통합 에이전트는 수신된 모의 위협데이터를 통합하여 인식된 위협의 종류와 변화과정을 그래픽으로 표현하여 사용자에게 보여주는 기능을 한다. 이 과정에서 모의 위협 데이터간의 통합이 이루어지며, 이러한 통합은 RWR, LWR, MWR로부터 수신된 자료를 기반으로 이루어진다. 모의 위협자료에 대한 그래픽 표시를 위하여 위협에 대한 실질적인 분류 및 위협수준에 대한 결정은 자율적인 위협인식 에이전트에 의하여 수행된다 [4]. 본 논문에서는 분류된 위협을 통합하는 과정과 위협 시뮬레이터의 구현에 중점을 둔다. 개별 센서 간의 위협 데이터를 통합하는 과정은 지능형 위협통합 에이전트가 보유한 규범 클래스에 대하여 통합 알고리즘을 적용하여 수행되며, 통합된 위협은 그림8과 같은 위협 분석 및 통합 표시기의 가상 레이더에 그 결과를 보여준다.



(그림 8) 위협 분석 및 통합 표시기의 화면

그림 8은 위협 분석 및 통합 표시기의 예제 화면을 나타낸다. 그림 8의 좌측 부분은 레이더 창을 보여 주며, 모의 위협에 대한 방향과 위협 정도를 표시한다. 위협 정도는 빨간색, 노란색, 초록색의 세 단계로 표시되며, 빨간색의 위협 정도가 가장 높다. 또한, 각 수신기별로 수신한 위협을 구분하기 위하여 세모는 RWR, 원은 LWR, 네모는 MWR에 의하여 수신된 위협을 나타낸다. 그림 8에서 위협에 대한 통합 결과의 예로 3-5-7에 대한 위협의 연결은 다음과 같이 해석된다. 레이더 탐지 사이트(3번 위협, 초록색으로 표시, RWR에 의하여 탐지)에서 추적(5번 위협, 노란색으로 표시, RWR에 의하여 추적)을 개시하여 미사일(7번 위협, 빨간색으로 표시, RWR과 MWR에 의하여 위협 수신)을 발사한 경우 이러한 일련의 위협을 하나로 통합한 예이다.

그림 8의 우측 부분은 위협속성 생성기에 의하여 정의된 각 속성에 대한 정보를 표시한다. 각 위협에 대하여 수신기별 속성 정보 뿐만 아니라 위협 분류, 위협 정도, 통합 정확도에 대한 결과값도 표시하고 있다. 또한, 그림 8의 우측 아래 부분에서 위협 통합 알고리즘의 비교횟수 및 통합기준치를 입력할 수 있도록 하였으며, 이러한 입력은 위협 통합에 대한 다양한 실험을 가능하게 한다.

5. 위협의 통합

위협의 통합은 서로 다른 센서를 통하여 탐지 및 식별된 위협 정보를 통합하여 아군 헬기에 대한 위협을 총괄적으로 나타내는 과정이다. 다중스펙트럼 위협에 대하여 두 개 이상의 센서에서 데이터를 수신하면, 데이터 통합과정을 거쳐 전체적인 위협을 표시하게 된다.

5.1 위협에 대한 통합 시나리오

위협클래스가 다르고 물리적으로 동일한 위협이 아니지만 위협이 발생하는 기점이 같거나, 일정한 곳에서 동일한 순서로 위협이 계속 발생하

다면 이를 연관 지을 필요가 있다. 예를 들어, 헬기를 격추하기 위하여 먼저 적이 탐색레이더로 헬기를 찾고, 추적레이더로 헬기를 추적한 후 미사일을 발사하면 이 모든 과정이 헬기를 격추시키기 위한 한 번의 위협 시퀀스가 된다. 이렇게 위협간의 연관성을 찾아내기 위하여 수신된 위협을 모두 비교하여 방위각의 차이가 특정한 각도 이하인 위협을 발생 순서에 따라 검색하고 검색된 위협 중 통합 가능한 시퀀스를 가진 위협이 존재하고, 그 위협이 발생한 시간의 차이가 특정시간 이하인 경우 그러한 위협간의 연관성을 부여한다. 이 때 가능한 시퀀스의 예는 다음과 같다.

- RWR (탐지) → RWR (추적) → LWR (격추위협) → MWR (격추위협)
- RWR (탐지) → RWR (추적) → RWR (격추위협) → MWR (격추위협)
- RWR (탐지) → RWR (추적) → LWR (격추위협)

위에 나타난 각 시퀀스는 3개 또는 4개의 위협으로 인식이 되지만 연관성을 같이 표시하면 결과적으로 1개의 위협으로 볼 수 있다.

(표 1) 위협데이터 수신 시나리오

시나리오	센서 종류		
	RWR	LWR	MWR
1	○		
2		○	
3			○
4	○	○	
5	○		○
6		○	○
7	○	○	○

표 1은 수신기별 위협 데이터의 수신 시나리오를 나타낸 것이다. 시나리오 1~3은 단일 센서에서만 위협 데이터를 수신했을 때의 시나리오로써 이때는 센서 간의 위협의 통합을 고려할 필요가 없다. 시나리오 4~7은 다중 센서가 위협을 수신했을 때의 시나리오로써 각 센서에서 수신한 데이

터의 방위각이 다르면 서로 독립된 위협으로 탐지한다. 그러나 위협의 방위각이 동일하거나 유사하면 동일한 위협일 가능성이 존재한다. 시나리오 4의 경우, LWR은 미사일의 레이저 유도를 수신한 것이므로 RWR이 수신한 위협이 ‘미사일유도레이더’라면 같은 위협으로 판단하고 통합할 수 있다. RWR이 수신한 위협이 ‘탐색레이더’라면 수신된 방위각이 동일할지라도 위협의 객체가 다르므로 이때는 독립된 위협으로 인식해야 한다. 헬기와 위협자체가 이동을 하게 되어 시간에 따라 수신된 데이터의 방위각이 계속적으로 변화하게 되는데, 각 센서의 방위각 변화가 동일하면 같은 위협으로 볼 수 있다.

위협 시뮬레이터는 이러한 통합 시나리오를 자동으로 생성하여, 다양한 데이터로 사용자가 통합 알고리즘의 정확도를 측정해 볼 수 있게 해준다.

5.2 통합 알고리즘

통합 알고리즘의 목적은 동일한 위협개체에 대하여 세 개 또는 두 개의 센서에서 데이터를 수신하였을 때, 이를 3개의 위협이 아닌 1개의 위협으로 통합하는 것이다. 위협을 통합할 때 필요한 속성은 위협번호, 위협클래스(위협ID), 수신된 위협의 방위각, 수신기 유형으로 구성되어 있다. 위협번호는 각 수신기에서 위협에 대해 자체적으로 부여한 번호이고, 위협클래스(위협ID)는 수신기에서 확인한 위협을 의미한다. 위협번호와 수신기 유형은 위협을 통합할 때 각 센서에 대한 중복을 피하기 위한 자료로써 사용된다. 동일한 위협이라면 위협분류 에이전트가 각 센서에서 분류한 위협클래스(위협ID)가 같아야 하며, 위협을 통합하기 위해서는 우선 통합할 위협의 위협클래스(위협ID)가 같아야 한다. 그리고 동일한 위협이라면 발생한 위협의 위치가 같은 방향이므로, 각 수신기에서 수신된 위협의 방위각이 수신기의 수신방위각 오차보다 작은 범위에서 일치해야 한다. 이러한 통합근거를 바탕으로 위협 통합 에이전트의 통합 알고리즘을 설계하였다.

```

function 위협 통합 알고리즘
return unification, a Boolean value of Unification
inputs  $\alpha$ (위협에 대한 비교횟수),  $\beta$ (통합 기준치),  $n$ (총 비교횟수),  $m$ (두 위협이 일치한 횟수)
begin
   $n, m \leftarrow 0$ 
  unification  $\leftarrow$  false
  while  $n < \alpha$  do
    if 위협[i].id = 위협[j].id
      위협[i].angle  $\cong$  위협[j].angle then
         $m \leftarrow m+1$ 
      end if
       $n \leftarrow n+1$ 
      if  $n = \alpha$  and  $m/n > \beta$  then
        unification  $\leftarrow$  true
      end if
    end while
  return unification
end function

```

위협 통합 에이전트에 탑재된 통합 알고리즘은 다음과 같다. 우선 수신된 두 위협의 위협클래스가 같고, 각 위협의 방위각이 수신기의 수신 방위각 오차범위 내에서 일치하면 그 이후 두 위협에 대해 α 번의 비교를 시행하게 된다. α 번의 비교를 수행하였을 때, 두 위협에 대하여 방위각이 오차범위 내에서 일치한 비율이 β 이상이면 두 위협을 통합하게 된다. α 가 100이고 β 가 90%인 때의 예를 들면 다음과 같다. RWR에서 수신한 위협1과 MWR에서 수신한 위협3의 방위각이 오차범위 내에서 일치하고 위협클래스가 같으면 이후에 100번의 비교를 수행하게 된다. 100번의 비교를 수행한 후 그때까지 방위각이 오차범위 내에서 일치한 비율이 90% 이상이라면 두 위협을 통합하게 된다. 이 통합 알고리즘에서 α 와 β 가 커질수록 정확한 통합이 가능하나 통합이 되어야 할 위협이 알고리즘의 조건을 충족시키지 못하여 통합되지 않는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 환경과 상황

에 따른 적절한 α 와 β 값을 설정하는 것이 중요하다. 위협 통합 실험에서는 적절한 α 와 β 값을 찾아서 제시하고자 한다.

6. 실험 및 결과

위협 데이터 통합실험은 통합알고리즘에서 비교횟수(α)와 통합기준치(β)를 변경하였을 때 통합 정확도의 변화를 측정하고 이를 통해 적절한 비교횟수와 통합기준치를 찾기 위하여 실시하였다. 실험은 시나리오 생성기를 통하여 다양한 시나리오를 생성하고, 각각의 시나리오에 통합알고리즘을 적용하며, 이때 동일한 시나리오에서 비교횟수와 통합기준치를 변경하여 각 시나리오에 대한 통합정확도를 측정하는 과정으로 수행하였다.

6.1 실험환경

통합정확도는 위협 통합 에이전트가 전체 위협 중에서 동일한 위협으로 판단하여 통합한 위협의 비율로 정의하였다.

$$\text{통합정확도} = \frac{\text{구분된 위협}}{\text{전체위협개수}} \times 100 (\%)$$

실험에 사용된 각각의 시나리오는 통합 알고리즘의 비교횟수와 통합기준치에 따라 통합 정확도가 다르게 나타날 수 있는 상황을 가정하여 생성하였다. 방위각과 위협아이디가 동일하다면 사실상 같은 위협으로 볼 수 있어 대부분의 경우에 통합정확도는 100%로 나올 것이다. 따라서 노이즈(통합정확도를 낮추는 원인)를 추가시켜 통합정확도가 항상 100%가 나오지 않게 하였다. 노이즈는 통합되지 않는 독립 위협이면서 이동하는 미사일로 설정하였다. 통합이 되는 위협은 같은 시간대에 여러 개의 센서에서 수신한 방위각이 거의 동일하다. 이때 노이즈가 되는 미사일이 있으면 어느 시간대에는 다른 위협에 영향을 미쳐 통합알고리즘이 노이즈가 되는 미사일과 다른 위협을 통합할 것이다. 그러나 비교횟수가 많아지고 통합기준치가 높아진다면 시간이 지남에 따라 노이즈가 되는 미사일이 이동하면서 방위각에 차이가 나게 된다. 따라서 이런 경우에는 통합기준치 이하로 방위각이 일치하게 되어 통합알고리즘이 통합을 하지 않을 것이다. 이때 노이즈가 되는 미사일의 단위시간당 이동속도가 빠르거나 수가 많으면 통합정확도가 낮아질 것이다. 따라서 노이즈가 되는 미사일의 수와 그 이동속도를 다르게 하여 여러 개의 시나리오를 생성하였다. 시나리오를 생성한 후 각 시나리오에 대해 비교횟수와 통합기준치를 다르게 하였을 때 통합정확도를 측정하였다. 실험 시 전송주기는 320ms와 이의 절반인 160ms로 설정하였다. 비교횟수는 서버에서 클라이언트로 데이터가 넘어가는 전송주기를 160ms로

했을 때와 320ms로 했을 때에 따라 6과 12(160ms), 3과 6(320ms)으로 설정하였다. 따라서 전송주기가 160ms일 때, 6회 비교하면 1초 동안 비교를 하게 되고 12회를 비교하면 2초 동안 비교를 하게 된다. 전송주기가 320ms일 때, 3회 비교를 하면 1초 동안 비교한 것이 되며 6회 비교를 하면 2초 동안 비교하게 된다. 통합기준치는 각 비교횟수 n에 따라 1/n, 2/n, ..., n/n 으로 변경되고 동일한 시나리오에 따라 비교횟수와 통합기준치의 모든 조합을 실험하게 된다.

6.2 실험결과

실험에 사용되는 입력 데이터는 전체 생성되는 위협의 개수와 통합되는 위협의 수, 통합 알고리즘을 시험하기 위한 노이즈 미사일의 개수, 전송 시간, 전송주기이다. 미리 입력된 데이터를 바탕으로 총 5개의 시나리오를 생성하였다. 각 표 2와 3은 전송주기 320ms 일 때, 표 4와 5는 전송주기 160ms일 때 각 시나리오의 비교횟수와 통합기준치를 변경하며 측정한 결과값을 나타낸 것이다. 그림 9와 그림 10은 5개의 시나리오에서 전송주기와 통합기준치를 변경하여 얻은 통합정확도에 대한 평균값을 나타낸 그래프이다.

(표 2) 전송주기 320ms일 때 3회 비교시의 통합정확도 (%)

시나리오	비교횟수		
	1회 일치	2회 일치	3회 일치
시나리오1	50%	50%	50%
시나리오2	58%	58%	58%
시나리오3	69%	69%	69%
시나리오4	60%	60%	60%
시나리오5	50%	50%	50%

(표 3) 전송주기 320ms일 때 6회 비교시의 통합정확도 (%)

비교횟수 시나리오	1회 일치	2회 일치	3회 일치	4회 일치	5회 일치	6회 일치
시나리오1	50%	50%	50%	70%	70%	70%
시나리오2	58%	58%	58%	91%	91%	91%
시나리오3	69%	69%	69%	85%	100%	100%
시나리오4	60%	60%	60%	80%	80%	80%
시나리오5	50%	50%	50%	50%	80%	80%

(표 4) 전송주기 160ms일 때 6회 비교시의 통합정확도 (%)

비교횟수 시나리오	1회 일치	2회 일치	3회 일치	4회 일치	5회 일치	6회 일치
시나리오1	50%	50%	50%	70%	70%	100%
시나리오2	58%	71%	91%	91%	91%	91%
시나리오3	69%	69%	69%	85%	100%	100%
시나리오4	60%	60%	80%	80%	80%	80%
시나리오5	60%	60%	60%	60%	90%	90%

(표 5) 전송주기 160ms일 때 12회 비교시의 통합정확도 (%)

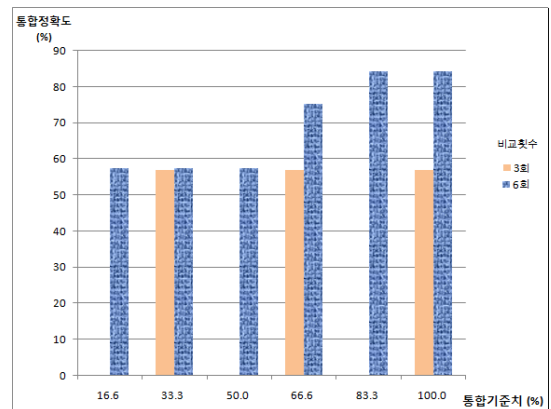
비교 횟수 시나 리오	1회 일치	2회 일치	3회 일치	4회 일치	5회 일치	6회 일치	7회 일치	8회 일치	9회 일치	10회 일치	11회 일치	12회 일치
시나 리오1	50%	70%	70%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
시나 리오2	58%	58%	75%	91%	91%	91%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
시나 리오3	69%	69%	69%	85%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
시나 리오4	60%	60%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	100%	100%	100%	100%
시나 리오5	60%	60%	60%	60%	90%	90%	90%	100%	100%	100%	100%	100%

표 2와 같이 측정된 통합정확도의 경우, 위협을 통합해야 하는 상황에서 3번 비교 중 한번만 방위각이 일치해도 3번 모두 일치했을 때와 통합정확

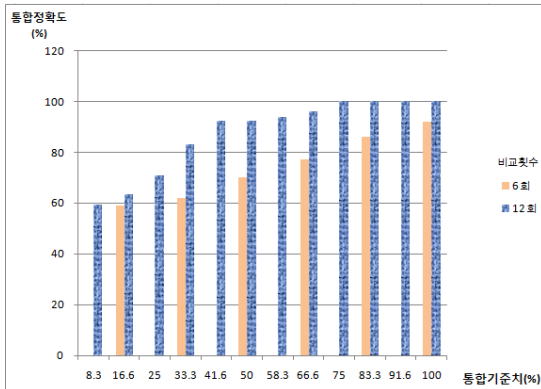
도가 57%로 같으므로, 전송주기 320ms일 때 비교 횟수가 3회이면 통합기준치는 1/3(1회 일치)이면 충분함을 알 수 있다. 전송주기 320ms일 때 6회를 비교하는 표 3의 경우에는 6번 비교 중 5번 방위각이 일치하면 84%의 정확도로 위협을 통합할 수 있음을 알 수 있다. 전송주기 160ms일 때 6회를 비교하는 표 4의 경우에는 일치하는 횟수가 높을 수록 정확도가 높게 나타났다. 따라서 이러한 경우 충분한 통합기준치는 6/6(6회 일치)으로 통합 정확도는 92%이다. 전송주기 160ms일 때 12회를 비교하는 표 5의 경우에는 9/12(9회 일치)이상일 때부터 100%의 통합정확도를 나타내었다.

실험결과 전송주기가 320ms일 때와 160ms인 경우 모두 α (비교횟수)값과 β (통합기준치) 값이 커질수록 통합정확도가 높게 나타났다. 따라서 위협을 정확하게 통합하기 위한 가장 적절한 α (비교횟수)값과 β (통합기준치) 값은 전송주기가 320ms일 때 6과 5/6(5번 일치)으로 통합정확도는 84%이며, 160ms에서는 12와 9/12(9번 일치)로, 통합정확도는 100%이다.

그림 9와 그림 10은 위의 표 2, 3, 4, 5와 같이 측정된 통합정확도의 평균값을 전송주기와 통합기준치를 중심으로 정리한 그래프이다.



(그림 9) 전송주기 320ms일 때 평균통합정확도



(그림 10) 전송주기 160ms일 때 평균통합정확도

7. 결론

전장 헬기의 다중센서 수신기가 받아들이는 위협 데이터를 분류하고 통합하는 모델을 제시하기 위하여 본 논문은 수신된 위협데이터의 특성을 파악하였고, 이를 바탕으로 위협 데이터 통합 시나리오를 작성하였다. 또한, 헬기의 다중센서가 수신하는 위협데이터의 통합 방안을 제시하였다. 제안한 위협 데이터 통합 모델 및 위협 통합 기법은 전장상황에서 자율적으로 위협을 인식하고 통합할 수 있도록 하며, 이러한 위협을 반복적으로 확인하고 통합할 수 있는 다중센서 위협 시뮬레이터를 설계 및 구현하였다. 구현한 다중센서 위협 시뮬레이터를 이용하여 다양한 분포의 모의 위협자료를 생성하였으며, 각각의 전장상황 시나리오에서 전송주기와 통합기준치를 변경하여 위협의 통합정확도를 측정하였다. 이러한 통합정확도에 대한 실험은 실질적인 전장상황에서 동일한 위협을 식별하기 위한 경험적인 통합기준치를 제공할 수 있다는 점에서 의의가 있다.

위협 데이터 통합 알고리즘은 (1) 적의 탐색 레이다가 아군을 탐지한 후 (2) 추적 레이다로 추적하여 (3) 격추 위협을 발사한 경우, 연관된 위협으로 통합할 수 있도록 하였다. 위협데이터 통합방안에 대한 기초적인 연구는 헬기생존체계가 실시간 전장환경에서 실질적이며 유연한 의사결정을

수행하도록 할 것이다. 구현한 다중센서 위협데이터의 통합 시스템은 헬기생존체계장비의 반복적인 성능평가를 가능하게 할 것으로 기대한다.

헬기의 개발이 완료되어 실제 전장환경에서 헬기가 동작하는 실질적인 위협 자료를 획득할 수 있게 되면, 이를 활용하여 제안한 위협 인식 및 통합 에이전트의 성능을 평가할 것이다. 이러한 지속적인 연구를 통하여 궁극적으로 헬기 운영자를 대체할 수 있는 자율적인 위협인식 및 통합 에이전트를 완성하도록 할 것이다.

참고 문헌

- [1] J. Heikell, "Electronic warfare self-protection of battlefield helicopters: A holistic view", Helsinki University of Technology, doctoral dissertation, 2005.
- [2] J. Patrick and N. James, "A Task-Oriented Perspective of Situation Awareness", In S. Banbury and S. Tremblay (Eds), A cognitive approach to situation awareness: theory and application. Chapter 4, Burlington, VT: Ashgate Publishing Company, 2004.
- [3] Aircraft survivability equipment (ASE): Ensuring lethality and dominance of Army aviation over tomorrow's battlefield, Association of the United States Army, 2002.
- [4] 정용웅, 노상욱, 고은경, 정운섭, "다중센서 위협데이터의 귀납적분류", 정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용, 제35권 제3호, pp. 189~195, 2008.
- [5] A. Ozaki, M. Furuichi, K. Takahashi, H. Matsukawa, "Design and Implementation of Parallel and Distributed War Game Simulation System and Its Evaluation", IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, Vol.E84-D, No.10, pp. 1376-1384, 2001.
- [6] Z. Ma, F. Hu, "Multi-agent Systems Formal Model

- for Unmanned Ground Vehicles”, Computational Intelligence and Security, 2006 International Conference on Volume 1, pp492 - 497, Nov.2006.
- [7] 황수찬, 백중환, “계기비행 시뮬레이터에서 비행 임무의 평가 및 구현”, 한국항공학회 논문지 제4권 제1호, pp 11-18, 2000.
- [8] 채상원, “교육 훈련용 3차원 항공기 시뮬레이터의 구현”, 성균관대학교 석사학위논문, 2002.
- [9] 황명신, 김철영, 백중환, 황수찬, “계기비행 훈련용 Mooney 시뮬레이터 개발”, 제13차 한국자동제어학술대회 논문집, 제2권, pp 1637-1640, 1998.
- [10] Integrated Defense Systems, Available: <http://www.boeing.com/ids>.
- [11] Koxinga, A Brief History of Chinese Naval Radar and EW developments, Available: http://www.china-defense.com/naval/plan_radar_ew/plan_radar_ew.html.
- [12] EW Tutorial, Available: <http://ourworld.compu-serve.com/homepages/edperry/ewtutor1.htm>.
- [13] L. Kennedy, F/A-18 electronic warfare suite cost and operational effectiveness analysis methodology: Phase 1 - radio-frequency countermeasures, Johns Hopkins APL Technical Digest, Vol.18, No.1, pp.59-68, 1997.
- [14] SIGNAL SORTING METHODS and DIRECTION FINDING, University of Hawaii’ at Manoa. Available: <http://www.phys.hawaii.edu/~anita/new/papers/militaryHandbook/sig-sort.pdf>.
- [15] 홍경희, 조길호, 박명진, 신내호, 정관, “레이저의 군사적이용”, 육군사관학교 화랑대연구소, 2001.
- [16] Laser Beam-rider Missile Countermeasures, Available: <http://www.multidimensionalimaging.com/TechElectro-Beamrider.html>.
- [17] J. Freund, “Mathematical Statistics”, Prentice Hall, Chapters 5-6, 1992.

● 저 자 소 개 ●



박 현 우

2008년 가톨릭대학교 컴퓨터정보공학부 컴퓨터공학전공 졸업(학사)
2008~현재 가톨릭대학교 대학원 컴퓨터공학전공 석사과정
관심분야 : 지식관리, 실시간 분산 시스템, 지능형 에이전트 시스템, 인공지능, 데이터마이닝 등
E-mail : turtle19@naver.com



강 신 봉

2008년 가톨릭대학교 컴퓨터정보공학부 컴퓨터공학전공 졸업(학사)
2008~현재 가톨릭대학교 대학원 컴퓨터공학전공 석사과정
관심분야 : 지식관리, 실시간 분산 시스템, 지능형 에이전트 시스템, 인공지능, 데이터마이닝 등
E-mail : buena80@gmail.com



노 상 옥

1987년 서강대학교 생명과학과 졸업(학사)
1989년 서강대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(석사)
1999년 텍사스주립대학교(Arlington) 대학원 컴퓨터공학과 졸업(박사)
2000~2002 미조리주립대학교(Rolla) 컴퓨터학과 교수
2002~현재 가톨릭대학교 컴퓨터정보공학부 교수
관심분야 : 지식관리, 기계학습, 실시간 분산 시스템, 지능형 에이전트 시스템, 인공지능, 등
E-mail : sunoh@catholic.ac.kr



정 운 섭

1988년 충남대학교 전자공학과 졸업(학사)
1990년 충남대학교 전자공학과 졸업(석사)
2007년 충남대학교 전자공학과 졸업(박사)
1990 - 현재 국방과학연구소 책임연구원
관심분야 : 통합 전자전시스템, 다중센서 데이터 통합, 레이더 및 무선통신 재밍신호 처리 등
E-mail : jeus@add.re.kr