
생존체계 위협조우 상황인지를 위한 복합/다중 위협 상황 Emulation 연구

이문석* · 이정원**

A Study on Complex Threat Emulation for Situation Awareness of ASE System

Moon-Seok Lee* · Jung-Won Lee**

요 약

무기체계의 현대화 및 복잡화에 따라 현대전 상황에서의 플랫폼 및 운용자에 대한 생존성 확보를 필요로 하게 되었다. 현대 전장의 복합 및 다중 위협상황 무기체계에 대응하기 위하여 다수의 무기체계 플랫폼에서 생존체계를 함께 탑재하게 된다. 생존체계는 무기체계 플랫폼을 위협하는 위협들을 탐지/식별하며 효율적인 대응을 통하여 운용자로 하여금 정확한 상황인지를 가능하게 하고 플랫폼의 생존 능력을 향상시킨다. 생존체계가 보유하여야 할 중요 성능 인자는 복합 및 다중 위협에 대한 처리를 통하여 생존성을 확보하는 것이다. 이에 본 논문에서는 레이더, 레이저, 미사일 단일 위협상황을 조합한 복합 위협상황을 다룸으로 하여 생존체계가 보유하여야 하는 위협통합 알고리즘을 제시하고, 복합 위협상황을 Emulation 하는 시스템을 실험실 환경에서 구현하여 위협통합 알고리즘에 대한 성능을 검증하였다. 이를 통해 생존체계가 플랫폼 탑재 이전에 성능 및 신뢰성을 확보할 수 있는 방안에 대하여 제시한다.

ABSTRACT

As the substantial increase in battlefield density, multiple and complex weapon systems, Ensuring the Survivability of the platform has been emphasized. Most of platforms have equipped with ASE (Aircraft Survivability Equipment) system in order to protect the platform and operator against at modernized hostile weapon. ASE system enhance the survivability of the platform through providing accurate situation awareness information by detecting and countermeasuring hostile threats. One of Key factor of the AE system performance is handling multiple and complex threats. In this study, it describes the fact that the performance of ASE system with proposed threat integration algorithm is verified in the developed threat emulation system and also, suggests system verification method before deployment by dealing with complex threat situation

키워드

생존체계, SIL, 복합/다중 위협 Emulation, 위협통합

Key word

ASE, SIL, Multiple-threat emulation, Threat information integration

* LIG넥스원 (주저자, lemoonlee@lignex1.com)

** 아주대학교 전자공학과 교수(교신저자)

접수일자 : 2010. 05. 25

심사완료일자 : 2010. 08. 06

I. 서 론

최근 무기체계의 현대화 및 복잡화에 따라 위협 상황으로부터 아군의 플랫폼을 보호하는 생존체계들이 탑재되고 있다. 생존체계는 탑재되는 플랫폼에 따라 그 구성 장비들이 차이를 보이고 있으나, 일반적으로 생존체계 시스템이 탑재되는 플랫폼의 위협 군은 레이더 기반의 위협, 레이저 기반의 위협 및 미사일로 분류지어 질 수 있다[1-2]. 생존 장비는 대상 위협을 실시간으로 탐지하고 무력화 및 대응 할 수 있도록 함으로써 생존체계가 탑재된 플랫폼 및 운용자의 생존 능력을 극대화하기 위한 체계이다[3]. 최근의 위협은 종래의 단일 위협 기반에서 더 나아가 여러 가지 위협들이 동시에 복합적으로 존재한다. 생존체계는 단일 위협뿐만 아니라 복합 위협 발생 시 최적의 대응을 선정하여 위협에 물리적으로 대응할 수 있도록 하거나 회피할 수 있는 방법을 운용자에게 제시하여 효율적으로 위협 상황에서 벗어날 수 있도록 한다. 이러한 복합위협에 대한 명확한 식별 및 대응을 위하여 일반적인 위협통합 요소 중 주요 인자를 선정하고 가중치를 적용하여 위협통합을 수행하는 방식을 생존체계에 적용하였다.

위협에 대한 탐지 식별여부 만을 확인할 수 있었던 종래의 위협상황 Emulation은 복합위협에 대한 명확한 상황인지와 한정된 대응자원을 효율적으로 사용하여야 하는 생존체계에 적용하기에는 어려움이 있다. 제한하는 복합 위협상황 Emulation은 운용 시나리오를 기반으로 하여 자동화되도록 구현하여 다양한 위협상황을 발생하고 위협 식별, 복합 위협에 대한 위협통합 확인, 위협에 대한 대응을 확인할 수 있어 시험 대상 생존체계에 대하여 보다 정확한 검증이 가능토록 하였다. 본 논문에서는 생존체계가 조우할 수 있는 위협 중 복합위협을 대상으로 플랫폼 탑재 이전에 Emulation 함으로써 생존체계의 성능 및 신뢰성을 확보를 목표로 한다. 2장에서는 생존체계 전반에 관한 사항 및 복합 위협 상황에 대해서 기술하며, 3장에서는 생존체계가 수행하는 위협 통합에 대해서 기술하며, 4장에서는 적용 사례를 통한 시험 결과에 대해서 기술한다. 본 논문의 생존체계는 회전의 항공기를 대상으로 한다.

II. 관련 연구

2.1 생존체계

생존체계는 플랫폼의 임무탑재장비와 연동하여 플랫폼 및 운용자의 생존능력을 극대화하는 무기체계이다. 생존체계가 탐지 및 식별하여야 하는 위협은 레이더, 레이저 및 미사일 위협이 존재한다[2]. 이러한 위협을 탐지하여야 할 위협탐지장비들이 생존체계의 센서 장비로서 생존체계 구성장비에 포함된다. 이와 동시에 각각의 위협 탐지장비로부터 수신된 레이더, 레이저 및 미사일 위협에 대하여 위협 통합을 수행하고 가용한 대응 자원을 선정하여 대응을 수행하도록 하는 생존체계제어기와 대응장비로 구성된다. 생존체계는 생존체계제어기를 중심으로 한 중앙집중형 구조로 되어 있으며, 생존체계제어기는 식별된 위협에 대한 정보 제공, 위협정보 통합 및 위협에 대해서 대응을 수행한다[3].

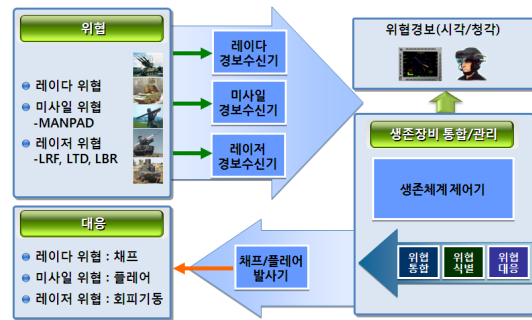


그림 1. 생존체계 운용개념[3]
Fig 1. ASE operational concept

그림 1은 생존체계의 운용 개념으로 모든 위협 정보가 생존체계제어기로 취합되고, 생존체계제어기는 수신한 위협 정보를 통합, 식별 및 대응을 수행하여 플랫폼을 보호하고 동시에 운용자 상황인지를 위해서 시각 및 청각 위협 경보를 운용자에게 제공함을 나타내고 있다.

2.2 복합 위협 상황

생존체계는 임무에 따른 시나리오에 따라 다양한 위협들과 조우하게 된다. 생존체계 위협 탐지장비로 수신되는 입력은 위협뿐만 아니라 전자파 노이즈, 광학 노이즈

즈도 함께 수신된다[1]. 노이즈 정보는 위협탐지장비에
서 제거되어 생존체계 동작에는 영향을 미치지 않는다.
하나의 무기체계에 대하여 한 개의 위협으로 탐지될 수
도 있지만, 위협 무기체계의 특성에 따라 여러 개의 위협
으로 탐지 될 수 있다. 이러한 경우에 대하여 명확한 위
협 무기체계 식별을 통하여 운용자에게 상황인지를 제
공하여야 하며 효율적인 대응을 수행하여야 한다. 생존
체계가 조우할 수 있는 복합위협 상황은 크게 레이다와
미사일 복합위협, 레이다와 레이저 복합위협, 미사일과
레이저 복합위협, 레이다와 레이저 및 미사일 복합위협,
다수의 복합위협이 동시에 존재하는 위협으로 분류할
수 있다[3]. 그림 2는 단일 무기체계에서 발생될 수 있는
복합 위협과 함께 생존체계 운용에 따라 다중 위협을 동
시에 조우하는 경우를 나타내는 그래프이다.

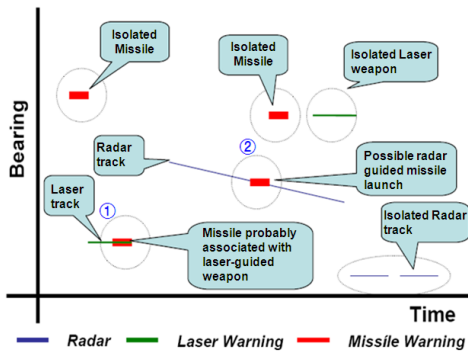


그림 2. 다중 복합위협 상황
Fig 2. Multiple-threats engagement

생존체계 기동과 동시에 미사일 위협과 조우하며, 레이
저 위협을 조우한다.① 생존체계는 일정 시간 이내에
두개의 미사일과 한 개의 레이저 위협을 탐지한다. 이후,
레이다 위협과 두 개의 미사일 위협과 조우한다.② 이
와 같이 생존체계는 다양한 종류와 다중 위협 상황에 노
출되며 생존체계가 탐지된 위협 정보는 위협정보 통합
과정을 통하여 적절한 대응 및 회피기동을 함께 수행한
다. 따라서 이러한 다중 복합위협 상황에 대한 처리를 할
수 있도록 위협통합 알고리즘을 구현하여 생존체계에
적용하고, 복합위협 상황을 Emulation하여 생존체계의
성능을 확인함으로써 하여 신뢰성을 확보할 수 있는 기술
이 요구된다.

III. 위협 정보 통합

일반적인 관점에서 볼 때 센서 위협 정보 통합은 동일
소스로부터 오는 정보를 다수의 센서가 수집할 경우 센
서간의 탐지 오차, 탐지 시점의 차이 등으로 발생하는 정
보의 불일치 문제를 해결해서 수집된 정보에 포함된 불
확실성을 제거함으로써 원래 소스정보를 정확하게 식
별하는 것이다[4]. 생존체계 관점에서의 위협 데이터 통
합 환경은 이러한 일반적인 데이터 통합 방법을 적용하
기 곤란하다. 생존체계에서의 위협 정보 통합에 대한 특
징은 세 개의 독립된 위협수신기 센서가 각각 독립적이
며, 한 위협에 대해 각각 한 개의 센서만이 동작하는 반
면 센서가 탐지한 정보의 속도도 일부 속도만이 유사한
특성이 있다.[5] 생존체계제어기는 식별된 위협의 모호
성을 제거하고 정확한 위협식별을 수행하고 한정된 가
용 대응자원을 활용하기 위하여 위협 정보 통합을 수행
한다.

3.1 위협정보 요소 선정

위협정보 통합은 일반적으로 아래 5개의 요소를 고려
한다.[1]

- 위협탐지 방위 (Azimuth)
- 위협탐지 고각 (Elevation)
- 위협 ID (Threat ID)
- 식별 시간 (Time of appearance)
- 식별 순서 (Sequence of appearance)

위협 ID는 식별된 위협에 대한 특정 식별자 이다. 위
협탐지 방위와 고각 정보는 위협통합을 하기 위한 공간
적인 필터링(Spatial filtering) 적용을 위하여 사용한다.
고각 측면에서 회전의 플랫폼 대상 위협은 한정되어 있
으므로 고각은 고려요소에서 제외한다. 식별시간은 위
협이 수신된 시간으로 복합 위협에서 나타나는 위협발
생 순서에 대한 자료로 사용되며, 이를 토대로 복합위협
간의 위협식별 순서 연계성을 고려한다. 위협정보 통합
은 식별된 위협에 대해 상호연관성을 확인하여 통합 여
부를 결정하게 된다. 다수의 위협들이 동시에 존재할 경
우 모든 위협 상관관계를 검토하는 것은 과도한 시간이
소요된다. 이러한 위협통합을 개선하기 위하여 생존체
계가 탐지할 수 있는 전체 탐지대역을 일정 크기 영역으
로 분리하여 위협을 관리하고 위협통합 필요시 해당 영

역이내의 위협에 대한 통합을 수행한다[6-7]. 이는 신규 위협 입력 시 일정 영역에 대한 상호연관성을 확인하여 위협 통합 성능을 개선할 수 있다. 이와 더불어, 위협통합 개선을 위하여 위협정보 통합이 불필요한 위협을 처리하지 않는 것도 통합 시간을 줄이는 주요 사항이라 할 수 있다. 생존체계에 직접적인 영향을 미치지 않는 위협 요소들을 위협통합 과정에서 제거함으로써 효율적인 응답을 보장할 수 있다. 생존체계제어기는 식별된 위협 ID를 토대로 위협통합 가능 여부를 확인하여 위협통합을 수행한다.

3.2 위협정보 통합 알고리즘

위협정보 통합의 주목적은 생존체계가 탑재된 플랫폼의 생존능력을 확보하는 것과 한정된 대응자원을 효율적으로 사용하는 것에 있다. 효율적이며 신속한 위협정보 통합을 수행하기 위해서는 아래와 같은 기본 규칙을 적용한다.

- 위협 종류(ID)를 고려한 통합 가능한 위협에 대한 위협통합 적용
- 위협 방위와 위협 간 시간 이격 정보는 위협정보 통합 시 최우선 고려

그림 3은 생존체계제어기에서 신규 위협들이 식별되어 위협정보통합을 수행하는 흐름도를 나타낸다.

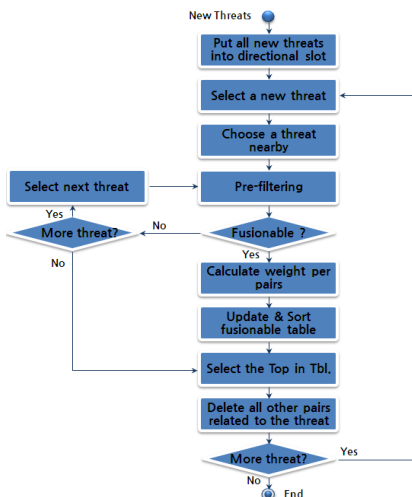


그림 3. 위협 통합 흐름도
Fig 3. Threat integration flow

위협들이 식별되면 생존체계제어기는 해당 방위 Slot에 입력하고, 위협ID, 위협방위 및 식별시간, 위협간 연계성을 확인하여 가능 위협인지 식별한다. 식별된 대상 위협에 대하여 복합무기 체계가 보유하는 위협 상관관계 보유 및 발생순서, 위협 발생 시간 및 탐지 방위가 근접한 위협에 대하여 위협통합 가능함을 확인하여 위협통합 후보테이블에 저장한다. 생존체계제어기는 위협통합후보테이블에 보유한 여러 위협통합 후보 위협군에 대하여 위협통합 가능 가중치(Weight)를 적용하여 위협통합 여부를 결정한다. 각 위협통합 가능 후보위협들에 대한 가중치는 대상 위협간 방위차와 시간차에 의하여 결정하는 Light-weight 방식을 사용한다. 두개의 위협이 통합 가능할 경우 해당 위협들에 대한 가중치는 수식 1과 같은 방식으로 산출한다.

$$W = f(Az, T, Type1, Type2) = A\Delta t + B\Delta Az + C\Delta t\Delta Az \quad \text{식 (1)}$$

가중치는 위협 종류(Type1, Type2), 방위(Az), 시간(T)에 의하여 결정된다. 식 (1)의 A, B, C는 위협 종류(Type1, Type2)에 따라 결정되는 계수, Δt 는 두 위협간의 식별 시간차이며 ΔAz 는 두 위협간의 방위 차이다. 위협통합 후보테이블의 모든 위협조합에 대하여 가중치를 산출하면, 가중치에 대한 우선순위 정렬을 통하여 가중치가 가장 큰 위협들에 대하여 위협통합을 수행하며, 해당 위협과 연관된 위협통합 후보테이블의 정보를 삭제한다.

IV. 시스템 구현 및 시험 결과

시스템 구현은 개발의 효율성, 비용 등을 고려하여 생존체계 성능을 확인하기 위하여 개발된 생존체계연동 실험실[8]의 개발 장비를 활용하여 구현하였다. 그림 4는 복합위협 상황 Emulation 시스템의 구성도이다. Emulation 시스템은 위협신호를 발생하는 레이더, 레이저 및 미사일 위협신호발생기, 시험결과를 확인할 수 있는 위협대응 확인 장비, 시나리오 생성 및 동작을 하는 동적시나리오 소프트웨어, 위협신호 발생을 제어하는 위협신호제어 소프트웨어, 시험 대상인 생존체계를 제어하는 시스템 시스템제어 소프트웨어, 생존체계에서

탐지한 위협정보를 시험하는 위협시험 소프트웨어 등으로 구성하였다.

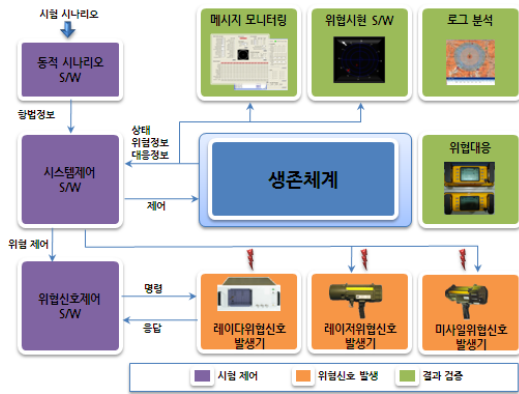


그림 4. 복합위협 상황 Emulation 시스템
Fig 4. Complex threat emulation system

시스템을 구성하는 소프트웨어는 윈도우즈 기반으로 개발하여 PC환경에서 동작하며, TCP/IP 기반으로 통신을 수행한다. 복합 위협상황은 위협을 시간 및 공간으로 설정할 수 있는 동적시나리오 소프트웨어를 사용하여 시험시나리오 형태로 작성하여 시스템에 입력한다. 입력한 시나리오는 운용자의 제어에 따라 시험이 동작하며, 시간의 흐름에 따라 플랫폼의 항법정보를 생존체계로 제공함과 동시에 설정한 위협들에 대하여 정확한 타이밍을 적용하여 위협신호발생기를 제어하여 위협신호를 생존체계로 발생한다. 생존체계는 위협신호 입력에 대하여 위협 탐지하고 필요시 위협 통합을 수행하며 위협에 대한 대응을 수행한다. 발생한 위협들에 대한 생존체계 동작 검증은 결과 위협시험 소프트웨어, 위협대응 확인 장비와 메시지 모니터링 및 로그 분석을 통하여 수행하도록 하였다.

그림 5는 생존체계의 다중 복합위협에 대한 성능을 확인하기 위하여 시험시나리오를 정의하고, 위협에 대한 제원을 위협신호발생기를 입력한 후 시험을 수행하여 시험 결과를 검증하는 복합 위협상황 Emulation을 통하여 시험을 수행하는 흐름도를 나타낸다.

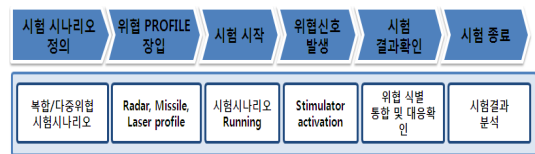


그림 5. 시험 흐름도
Fig 5. Test Flow

복합위협을 구성하는 각 위협은 그 특성에 따라 세분화할 수 있다. 레이더 위협은 Search, AAA, Active, Semi-active, Tracking, Unknown, Command guidance, Lock-on으로 분류되며, 레이저 위협은 LRF, LBR, LTD, Ambiguity, Unknown으로 분류할 수 있다. 복합위협은 세분화한 위협 종류에 따른 조합과 발생순서와 연관성을 보유한다. 각 위협들 간의 연관성을 고려하고 위협방위, 시간 간격 등을 고려하여 시험 대상 조합을 선정하여 시험 시나리오를 작성하였다. 표 1의 시험 대상 시나리오를 Emulation 시스템에 입력하여 생존체계의 복합 위협상황에 대한 검증을 수행하였다.

표 1. 시험대상 시나리오
Table. 1 Target test scenario

시험 대상 복합위협	시나리오 개수
Radar+Missile	48
Radar+Laser	42
Missile+Laser	6
Multiple complex	15

레이더와 미사일 복합위협은 생존체계가 위협통합이 수행하지 않았을 경우 레이더 위협에 대한 대응 자원인 채프, 미사일 위협에 대한 대응 자원인 플레이를 모두 사용하여 과도한 대응 자원을 소모하게 되어 임무 수행에 영향을 미치게 된다. 따라서 두 위협에 대하여 레이더 위협으로 통합하여야 하며 채프 대응만을 수행하여야 한다. 레이더 또는 미사일 위협과 레이저 위협의 경우는 레이저 위협에 대하여 통합을 수행하여 대응 자원을 소모하지 않고 운용자에게 명확한 상황인지 정보를 제공하도록 하여야 한다. 그림 6은 레이더와 미사일 복합 위협상황에 대한 시험시나리오와 시험 결과를 보인다.

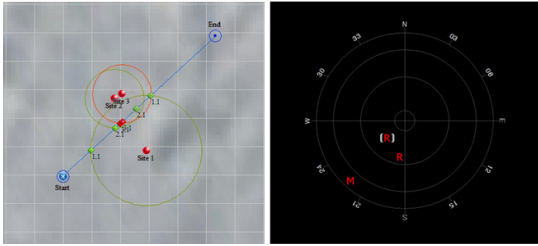


그림 6. 레이더, 미사일 복합 위협상황
Fig 6. Radar&Missile complex threat & display

시험시나리오 상에 레이더(Site1, Site2)와 미사일(Site3) 위협을 설정하였다. 시험 시작과 함께 생존체계를 탑재한 플랫폼은 Start지점에서 End지점까지 기동하며, 경로 상에 존재하는 위협들과 조우하게 된다. 생존체계는 세 개의 위협을 순차적으로 수신하고 동시에 세 개의 위협이 존재하는 복합 위협상황과 조우한다. 생존체계가 탐지한 위협정보를 그림 6의 우측과 같이 두 개의 레이더('R'), 한 개의 미사일('M') 위협이 시현한다. 또한, 7시 방향의 미사일과 레이더 위협을 통합하여 레이더 위협에만 대응한다. 이는 두 개의 위협에 대하여 정상적인 위협통합을 수행하였음을 의미한다. 그림 7의 시험시나리오는 플랫폼이 8자 형태로 기동함에 따라 두개의 레이더 위협, 두 개의 레이저 위협 및 한 개의 미사일 위협을 조우하는 시험 예이다.

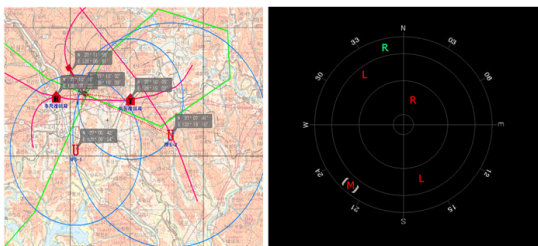


그림 7. 복합/다중 위협상황
Fig 7. Multiple-threat & Display

플랫폼 기동과 함께 생존체계는 레이더('R'), 미사일('M'), 레이저('L') 위협을 탐지하여 위협 탐지방위에 시현하며, 미사일 위협에 대하여 대응함을 보인다. 위협통합 알고리즘이 적용된 생존체계에 복합 위협상황 Emulation을 통하여 레이더와 미사일 복합 위협상황 48가지 모든 경우에 대하여 레이더 위협으로 통합을 수행

하여 체프 대응을 수행함을 확인하였으며, 레이더와 레이저 복합위협상황 42가지 및 미사일과 레이저 복합 위협상황 6가지 모든 경우에 대하여 레이저 위협으로 통합을 수행하여 체프 또는 플레이어 대응을 수행하지 않고 상황인지 정보를 제공함을 확인하였다. 또한, 복합위협과 단일위협이 시간 흐름에 따라 공존하는 다중복합 위협상황 15가지 경우에 대하여 위협통합이 필요한 경우와 필요하지 않은 경우에 생존체계가 적절히 대응함을 확인하였다. 따라서 시험 대상 모든 시나리오를 기준으로 실험실 환경에서 생존체계의 복합 위협상황에 대한 검증은 완료하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 플랫폼의 생존능력을 극대화하기 위하여 장착되는 생존체계가 보유하여야 할 복합위협에 대한 위협정보 통합 알고리즘 및 복합 위협상황 Emulation을 통하여 생존체계의 성능 및 신뢰성을 확보할 수 있는 방안에 대하여 논의하였다. 위협정보 통합을 위하여 생존체계가 조우하는 복합 위협상황을 검토하여 기존에 일반적으로 적용하는 위협정보 통합 요소 중 플랫폼에 적합한 요소를 선정하고 가중치를 적용한 알고리즘으로 운용 관점에서 정립하여 플랫폼에 최적화하여 구현하였다. 또한, 실제 전장 상황에서 조우할 수 있는 다양하고 복합적인 위협상황을 시나리오 기반으로 Emulation하여 정확하고 다양한 위협상황 모의가 가능하였고 시험의 효율성을 증대하였다. 생존체계 개발완료 후 플랫폼 탑재 단계에서 생존체계가 보유하여야 할 성능을 검증하는 것은 과도한 시간과 비용을 수반하게 된다. 구현한 위협통합 알고리즘을 적용된 생존체계를 대상으로 하여 실험실 환경에서 위협상황을 Emulation하는 것은 위협통합 알고리즘 검증 및 개선을 가능하게 하고, 생존체계 개발 및 전력화 측면에서 고려할 경우 불필요한 시간과 비용이 요구되지 않으므로 효율적인 방법이라 할 수 있다. 본 논문에서 적용한 위협통합 알고리즘과 Emulation 시스템은 생존체계가 탑재되는 플랫폼 및 생존체계 구성 장비에 의존적인 것으로 다양한 플랫폼에 적용이 가능하지만 실제 운용환경에서 조우할 수 있는 최신 복합위협들에 대한 최적의 위협통합 기법은 지속적으로 발전되어야 할 것이며,

이와 동시에 생존체계의 성능을 검증할 수 있는 위협상황 Emulation에 대해서도 연구도 함께 수반되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Collin Hamilton, "Concept of Operations for Aircraft Survivability Equipment", EADS, p.13-36, 2007
- [2] David Adamy, "EW101 A First Course In Electronic Warfare", Artech House, pp177-220, Boston · London
- [B] Robert E.Ball, "Designing for Emerging and existing survivability technologies focus on reducing the susceptibility and vulnerability of our air systems", pp32-36, Aerospace America, November, 2005
- [3] 이문석, 장인동 "헬기용 생존체계 성능확인을 위한 동적시나리오 모의", 지상무기학술대회 논문집, 2009
- [4] 박영선, 김화수, 김숙경, 우상민, 정훈기, "헬기 생존계통 센서 운용 환경하에서의 데이터 융합 알고리즘에 관한 연구", 한국국방경영분석학회, 34(3), p.79-92, 2008
- [5] 류기열, 김화수, 박영선, 정정화, 최주만, "다중센서 데이터융합을 이용한 전장 상황인식 및 의사결정 알고리즘 시제소프트웨어 개발 연구", 아주대학교, p.97-98, 2008
- [6] 고정환, 조원호, 이종순, "발생각도를 이용한 다중 위협 통합 방법", 제16회 지상무기학술대회, 2007
- [7] 조원호, 권철희, 이종순, 고은경, 최채택, "생존장비 센서의 방향 탐지 오차를 고려한 위협정보 융합에 대한 연구", 제17회 지상무기학술대회, 2008
- [8] 조임현, 김동문, "ASE SIL을 이용한 생존체계 통합 연동시험방안", 2008 시험평가세미나, 2008

저자소개

이문석(Moon-Seok Lee)



1997. 조선대학교
제어계측공학과 학사
2010. 아주대학교
전자공학과 석사

2005년~현재 LIG넥스원 책임연구원
※관심분야: 전자전, 임베디드 소프트웨어, System Integration

이정원(Jung-Won Lee)



1993년 이화여자대학교
전자계산학과 학사
1995년 이화여자대학교
전자계산학과 석사

2003년 이화여자대학교 컴퓨터학과 박사
1995년~1997년 LG종합기술원 주임연구원
2003년~2006년 이화여자대학교 컴퓨터학과 BK교수
2006년~현재 아주대학교 전자공학과 조교수
※관심분야: SOA, 유비쿼터스 컴퓨팅, 임베디드 소프트웨어