

모델 기반의 시물레이션 기법을 이용한 차기 고속정(Patrol Killer Experiment)용 전투체계 대공전 기능의 분석 및 설계

황근철¹⁾

Anti Air Warfare Analysis & Design of the Patrol Killer Experiment Combat System by the Model-Based-Simulation

Kun-Chul Hwang

ABSTRACT

Anti-Air Warfare(AAW) functionality of the naval combat system is the key functionality to ensure the ship's survivability. We have applied a novel method using model-based-simulation to analyze and design AAW functionality of the Patrol Killer Experiment Combat System. In this approach, an AAW functional model is described with the FSM(Finite State Machine) and directly executed for the AAW simulation. After prototyping using model based simulation, Hardware In Loop Simulation(HILS) is conducted as the AAW functionality is interfaced with the other ones of the combat system for completing the integration of the system components. This incremental and iterative development approach based on the model based simulation can minimize the development risks and costs caused by the system complexity for military system, bringing out the merit of the rapid prototyping.

Key words : Anti-Air Warfare(AAW), Model-Based Simulation, Finite State Machine(FSM), Hardware-In-Loop-Simulation(HILS)

요약

함정 전투체계의 대공전 기능은 전투함의 생존성을 결정짓는 핵심기능이다. 본 논문에서는 차기고속정 전투체계의 대공전 설계에 있어서 효과적인 개발 방법론으로 모델 기반의 시물레이션 기법을 적용하고 있다. 적용된 방법론에서는 대공전 기능이 유한상태기계시스템으로 모델링되고 있으며 모델링 결과로부터 직접 시물레이션을 수행하는 모델기반의 시물레이션을 통해 모델의 정확성과 운용의 효과성을 평가하여 설계 시스템을 프로토타입핑하였다. 이러한 결과를 토대로 실제 시스템의 특성을 반영하기 위해 HILS 시물레이션을 수행하였으며 최종적으로 구현된 시스템을 완성하였다. 모델기반의 시물레이션 기법은 단계적이 반복적인 설계과정을 거치게 됨으로써 개발과정에서 발생할 수 있는 위험요소를 최소화 시킬 수 있기 때문에 고비용 및 고신뢰성이 요구되는 국방분야에서 효과적인 개발방법론으로 적용할 수 있다.

주요어 : 대공전, 고속정용전투체계, 모델기반시물레이션, 유한상태기계, 힐스

1. 서론

전투함의 운용을 통제하는 함정 전투체계에서 교전 기능은 함정에 탑재된 센서와 무장을 통제하여, 대공 및 대

함의 다양한 위협 세력에 대한 효과적인 교전 수행이 이뤄지도록 하는 전투함 운용의 핵심기능이다¹⁾. 특히 유도탄과 같은 고위협·고기동 표적과의 대공전은 대응 시간이 짧기 때문에 효과적인 대공전 기능의 설계와 더불어 설계된 기능에 대한 검증 절차가 함정의 생존성 측면에서 매우 중요하다²⁾. 그러나 국내에 도입된 기존 함정의 대공전 기능은 그 중요성에도 불구하고 기능의 수행 여부에만 초점이 맞춰져있을 뿐 대공전 기능 및 운용에 대한 효과적인 설계 및 검증 기법은 연구되지 않았다. 더욱이, 국내

2007년 9월 18일 접수, 2007년 10월 19일 채택

¹⁾ 국방과학연구소 제6기술연구본부 1부

주 저 자 : 황근철

교신저자 : 황근철

E-mail: hkchul@chol.com

독자 개발되는 차기 고속정용 전투체계는 전력화되는 체계 개발의 특성을 가지므로 전투체계의 기능에 대한 더욱 엄격한 분석 및 설계가 요구되며, 이에 따라 기능의 정확성과 운용의 효과성을 동시에 검증할 수 있는 개발 기법이 필요하다³⁾.

차기고속정용 전투체계의 대공전은 자함에 탑재된 센서와 무장 및 탄도계산장치, 그리고 이들을 통제하는 지휘무장통제체계의 각종 시스템들이 서로 복합적으로 작용하여 전체 기능 수행이 이뤄진다. 따라서 앞서 언급된 설계 및 검증 요구를 만족하기 위해서는 대공전 기능 뿐만 아니라 차기 고속정 운용을 통제하는 전투체계의 전반적인 시스템 요소들을 고려해서 대공전 기능 설계를 수행해야하며, 설계된 기능을 검증 시에는 실제 대공 전투환경을 모사할 수 있는 시험환경을 갖추는 것이 가장 이상적이다. 그러나 최종 개발 산출물들에 대한 통합 단계 이전에는 전체 시스템의 기능 요소를 정확히 파악하기 힘들 뿐만 아니라, 개발 초기 단계부터 실제 환경을 모사하는 전투기, 유도탄 등의 시험지원세력을 이용 시에는 막대한 인적, 물적, 시간적 비용을 초래할 수 있다⁴⁾. 따라서 실제적인 시스템 통합 이전에 대공전 기능 설계를 검증하고, 이를 토대로 확정된 설계 결과를 실제 운용환경에서 시험함으로써 비용을 최소화하는 단계적 개발 방안이 필요하다.

본 논문에서는 차기 고속정용 대공전 기능 개발에서 요구되는 고신뢰성 및 고비용 문제를 해결하기 위한 효과적인 개발 방안으로 모델 기반의 시뮬레이션 기법을 통한 체계 분석 및 설계 기법을 제시하고 있으며, 이에 따른 단계적 개발 과정을 기술하고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 논문의 핵심 주제로서 대공전 기능 설계에 적용된 시뮬레이션 기반의 개발 방법론을 소개한다. 개발방법론에 따른 개발절차의 기술로서 3절과 4절에서는 대공전 기능의 시스템 아키텍처와 기능 모델 설계 과정을 기술하며 5절에서는 설계된 기능 모델을 이용한 모델 기반의 시뮬레이션과 이를 통한 설계 검증 과정을 기술한다. 6절에서는 최종설계 및 검증 과정으로써 실제 시스템으로 구현된 HILS(Hardware-In-Loop-Simulation) 기반의 대공전 시뮬레이션 과정을 기술하며 결론에서 전체적으로 마무리 한다.

2. 차기 고속정용 전투체계 대공전 개발 방법론

개발 과정의 고신뢰성 및 고비용 특징은 비단 함정 전

투체계의 문제일 뿐만 아니라 무기체계 개발에 나타나는 전반적인 특징으로써, 무기체계의 개발 순기와 비용을 증대시키는 원인이 된다. 이를 해결하기 위해 선진국에서는 신규 무기체계의 획득 및 개발 과정에서 시뮬레이션 기반의 개발 기법을 도입하고 있다. 시뮬레이션 기반의 무기체계 개발은 실제적인 개발 프로세스 이전에 개발하고자 하는 무기체계의 기능 및 운용환경을 실제와 유사하게 모사하여 실제 체계 개발 이전에 무기체계의 기능과 성능을 검증하는 개발 기법으로써 무기체계 개발 과정의 핵심 도구로서 자리 잡고 있다⁵⁾.

본 논문에서는 차기 고속정용 대공전 기능을 개발함에 있어서 기능 분석, 설계, 구현, 검증의 개발 전 순기에 적용할 수 있는 효과적인 시뮬레이션 기반의 개발 방법론을 제시하고 있다. 그림 1은 개발 과정에서 적용된 단계적이고 점진적인 개발 프로세스를 보여주고 있다.

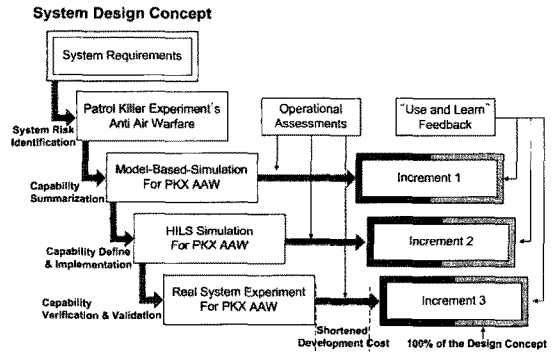


그림 1. 고속정용 전투체계 대공전 개발 방법론

제안된 방법론에서는 개발 시스템의 위험 요소를 식별하고 이를 단계적으로 검증하는 방식을 취하고 있다. 이를 위해서는 가장 먼저 전체 개발 시스템 중에서 시뮬레이션을 통해 검증할 개발 요소를 결정해야 한다. 이는 시뮬레이션 대상을 국한시킴으로써 시뮬레이션 자체를 목적으로 삼지 않을 뿐만 아니라 시뮬레이션 대상이 정해짐에 따라 시뮬레이션의 복잡도와 모델링의 수준, 그리고 시뮬레이션 아키텍처를 결정할 수 있기 때문이다. 본 논문에서는 시뮬레이션의 필요성을 바탕으로 요구 사항 분석을 통해 개발 요소에 대한 시뮬레이션 여부를 결정하였다. 그 결과, 검증이 필요한 개발 요소의 기준을 시스템의 복잡도와 중요성으로 삼았으며, 이에 따라 대공전 기능을 시뮬레이션 대상으로 결정하였다. 식별된 개발 위험 요소

는 1차적으로 운용 기능에 대한 정의 및 주요 알고리즘에 대한 정의 과정을 거치게 되며, 운용 기능과 주요 알고리즘을 결합함으로써 대공전 수행의 기능 모델을 얻게 된다.

수립된 대공전 기능 모델의 시뮬레이션은 신속한 프로토타입 및 기능 모델의 정확성 분석을 목적으로 모델 기반의 시뮬레이션 기법이 적용되었다. 일반적으로 시뮬레이션은 객체지향언어를 이용하여 기능 모델을 실행 가능한 코드레벨로 변환하고, 여기에 시뮬레이션 프로그램 실행을 위한 제어 코드를 추가하여 수행된다. 즉, 시뮬레이션의 대상인 되는 문제 요소와 이를 실행하기 위한 프로그램적 요소가 결합되어 시뮬레이션이 완성되는 것이다. 이에 반해, 모델 기반의 시뮬레이션은 기능 모델에 대한 정의를 바탕으로 시뮬레이션 실행되며, 다이어그램 형태로 정의되는 모델로부터 별도의 코드 변환과정이 필요없다. 또한 일반적인 시뮬레이션에서는 기능 모델이 실행 파일 형태로 변환되기 때문에 모델 내부 상태를 모니터링 할 수 없는 반면에, 모델 기반의 시뮬레이션을 수행하면 시뮬레이션 진행과정동안 기능 모델의 내부 상태 정의를 모니터링 하여, 보다 용이하게 기능 모델의 정확성을 판단할 수 있다⁶⁾.

모델 기반의 시뮬레이션은 대공전 기능 개발 과정의 1 단계 시뮬레이션 절차로서 신속한 프로토타입핑을 목적으로 한다. 따라서 시뮬레이션의 대상이 되는 대공전 수행 영역을 중심으로 모든 시뮬레이션 환경이 단순화되어 표현된다. 즉, 대공전 시뮬레이션의 외부 환경을 이루는 센서 관리, 표적 관리, 네트워크관리, 탄도계산등과 같은 모든 함정 전투체계 기능 요소들은 대공전과 관련된 기능만으로 단순화되어 모델링된다.

모델 기반의 시뮬레이션을 통해 반복적으로 검증된 대공전 기능 모델은 개발 산출물로서의 기능이 확정되고, 개발 시스템의 사양에 따라 실제적인 구현과정을 거치게 된다. 구현된 대공전 기능은 함정 전투체계의 관련된 기능과 통합되게 되며, 하드웨어 및 소프트웨어 개발 품목과 더불어 실제 시스템 환경에서 대공전 기능 검증이 수행된다. 이때는 실제적인 전투체계 시스템 운용환경(Hardware-In-Loop-Simulation)하에서 기능 검증이 수행된다. 따라서 실제 전투체계 대공전 운용환경에서 발생할 수 있는 장비 오류 처리 기능과 같은 다양한 예외처리 기능들이 대공전 기능에 추가된다.

전투체계 HILS 시뮬레이션을 통한 기능 검증이 완료되면, 마지막으로 실제 함정 탑재와 더불어 모든 개발 시스템이 실제 시스템으로 대체되어 최종적인 기능 검증이

수행된다. 이때는 더 이상 시뮬레이션 수행이 아니며, 최종 개발 완성품에 대한 기능 수행절차를 수행하게 되며, 실제 장비의 운용상에서 발생하는 보완 기능들이 추가 된다.

3. 차기 고속정용 전투체계 대공전 절차와 시스템 아키텍처

차기 고속정은 연안 방어를 주 임무로 대공전 및 대함전을 수행한다. 차기고속정은 연안 위협세력인 헬기, 전투기, 유도탄에 대한 대공전 기능이 요구되며, 이를 위해 전방 및 후방의 추적센서와 76mm 주포 및 40mm 부포를 탑재하고 있다⁷⁾.

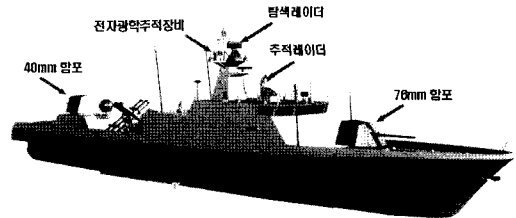


그림 2. 차기 고속정의 대공전 수행을 위한 탑재 무장 및 센서

차기 고속정 전투체계의 대공전 기능은 차기 고속정에 탑재된 센서와 무장을 통제하여 위협세력에 대한 효과적인 대응을 수행하는 기능으로써 기본적으로 탐색레이더를 통해 감지된 위협 세력에 대해 분석하고 이를 바탕으로 추적 센서와 함포를 할당하는 절차로 이루어지며 보다 상세한 대공전 수행 절차는 그림 3과 같다⁸⁾.

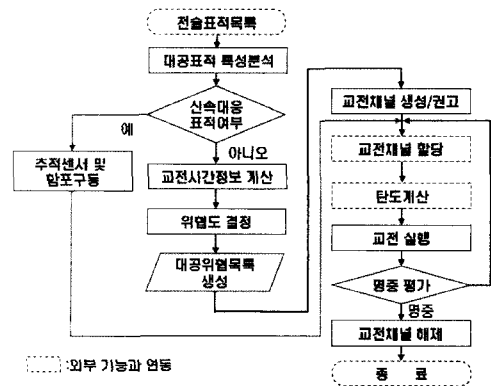


그림 3. 차기 고속정의 대공전 수행 절차

먼저 탐색레이더를 통해 감지된 위협 세력 정보는 전술 표적으로 관리되며, 효과적인 자원할당을 위해 전술표적에 대한 위협 수준이 평가된다. 다음으로 평가된 위협 수준에 따라 교전 가능한 센서와 무장의 조합인 교전채널이 운용자에게 권고된다. 권고된 교전채널은 운용모드가 자동일 경우에는 운용자의 결정이 없이도 자동으로 최상위 위협표적에 할당되며, 반자동일 경우는 운용자가 선택한 위협 표적에 할당된다. 만약 위협표적의 위협수준이 유도탄 위협으로 판단되면 대응시간을 단축하여 신속히 대응하도록 권고절차가 생략되고 교전채널이 위협표적에 즉시 할당된다. 할당된 교전채널의 센서가 추적을 개시하고 위협표적에 대한 추적정보가 획득되면 탄도계산을 수행한다. 탄도계산이 진행되면 함포 발사 준비가 완료되고 운용자의 교전 실행 곧, 함포발사 명령에 의해 함포가 발사된다. 끝으로, 운용자는 함포 발사의 결과로 위협 표적의 명중 여부를 판단한다. 운용자가 위협 표적의 명중을 결정하면 할당된 교전 채널이 해제되고 교전 절차가 종료된다.

그림 3에서와 같이 차기 고속정 전투체계 대공전 수행 절차는 알고리즘처리 기능과 운용 기능이 결합되어 있으며, 전술표적관리 기능 및 탄도계산 기능과 같이 독립된 함정 전투체계 기능과의 연동 구조로 이루어져있다. 즉, 대공전 기능은 그림 4와 같이 차기 고속정 전투체계의 독립된 기능들과 상호간의 메시지를 통해 연동되는 시스템 아키텍처를 가지고 있다. 그림 4에서 원은 소프트웨어를 나타내며 사각형은 기능 소프트웨어가 탑재되는 하드웨어를 나타낸다.

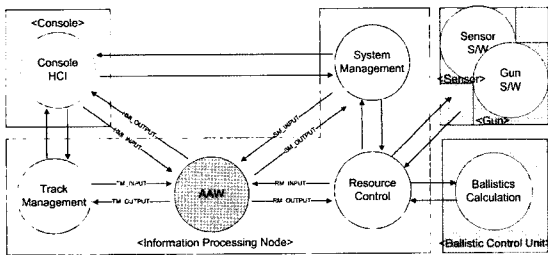


그림 4. 차기 고속정의 대공전 수행을 위한 시스템 아키텍처

그림 4의 연동 구조에서 대공전 기능 수행을 요청하는 메시지가 대공전 모듈로 수신되면 해당 메시지를 처리하는 대공전의 하부 모듈이 호출되어 하부 모듈이 담당하는 알고리즘 처리가 수행된다. 그림 5는 대공전 기능을 구성

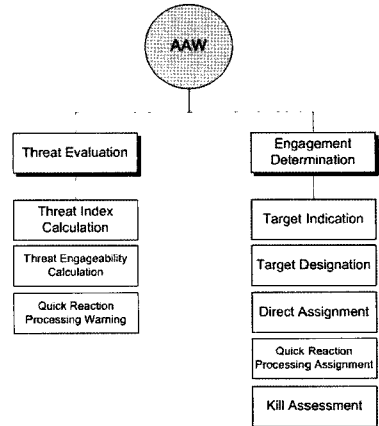


그림 5. 차기 고속정 대공전 기능의 구성모듈

하는 하부 구성 모듈과 수행 기능을 나타낸다.

그림 5에서 Threat Evaluation 모듈은 대공표적의 특성 분석을 통하여 위협도를 수치화시켜 위협순위를 결정하며, 위협순위로 정렬된 대공 위협목록을 생성한다. 이때 각각의 위협에 대해 자함이 교전할 수 있는지에 대한 교전 가능성을 계산한다. 또한 최상위 위협으로써 유도탄 위협 여부를 판단한다. Engagement Determination 모듈은 위협표적에 대해 센서 및 무장자원을 각각 할당하며 더불어 센서와 무장조합의 동시 할당인 교전채널 할당을 수행한다. 이를 위해 센서 및 무장에 대한 할당 정보를 관리하며 자원 할당 혹은 해제 메시지를 전송한다. 또한 유도탄 표적으로 식별되는 표적에 대해 가용한 모든 센서 및 무장 자원을 자동으로 할당 시키는 기능과 명중확인된 위협표적에 대하여 자동으로 할당자원을 해제시키는 기능을 수행한다.

4. 모델 기반의 대공전 시뮬레이션과 신속한 프로토타입핑

개발 시스템을 검증하기 위해서는 분석된 시스템 아키텍처와 모듈 구조를 바탕으로 시스템의 동작 상태를 정의해야 하고, 이를 바탕으로 해서 실제적인 시스템 구동이 이뤄져야 한다. 즉, 대공전 기능을 검증하기 위해서는 대공전 기능의 아키텍처에 대한 정적 모델링 결과를 바탕으로 대공전 기능의 실행 과정을 정의하는 동적 모델링 과정을 거쳐야 하며, 최종적으로 프로그램을 실행시키기 위한 구현과정을 거쳐야 한다. 이 과정에 정적 모델링 및

동적모델링은 다이어그램을 위주로 표현되는 시스템 분석 기법인 반면 구현과정, 곧 프로그램상의 코딩은 분석 결과에 대한 기계적 변환과정이라 할 수 있다.

모델 기반의 설계기법은 이러한 정적 및 동적 모델링 그리고 구현에 이르는 시스템 개발 및 검증 과정에서 구현 과정을 자동화 시키는 것으로써 모델링 결과물에서 자동으로 실행 코드 생성시키는 설계 기법이다. 모델 기반의 설계 기법은 구현과정의 자동화를 통해 모델링 과정의 결과물이 시스템 개발로 이어짐으로써 개발 기간 및 비용 단축의 장점을 가지는 반면, 엄격한 정적 및 동적 모델링 형식론을 요구하며 자동화된 프로그램 코드를 분석하기 어려운 문제점이 있다⁹⁾. 그럼에도 불구하고 모델링의 결과를 신속히 검증할 수 있으며 뿐만 아니라 정확한 모델 정의가 가능한 장점이 있기 때문에 본 논문에서는 신속한 프로토타입핑을 통한 대공전 기능 검증을 목적으로 모델 기반의 설계기법을 이용한 대공전 시뮬레이션을 수행하였으며, 정적 모델링 및 동적 모델링 도구로서 Matlab/Simulink를 사용하였다.

모델기반의 설계 기법을 적용하여 모사된 대공전 시스템은 앞서 기술된 대공전 시스템 아키텍처를 바탕으로 그림 6과 같은 모델 아키텍처로 나타난다.

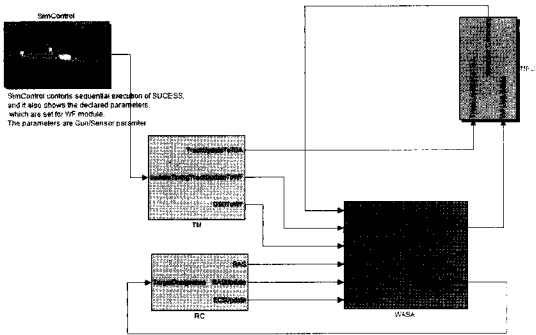


그림 6. 차기 고속정의 대공전 기능 모델

그림 6에서 위협표적에 대해 교전 여부의 의사결정 (Decision Making)을 담당하는 WASA(Weapon Assignment Sensor Allocation)모듈은 대공전 기능의 핵심 요소로서 그림 4의 대공전 시스템 아키텍처에서 AAW(Anti-Air Warfare) 모듈을 모사한다. 마찬가지로 TM(Track Management)와 MFCC(Multi Function Control Console), RC(Resource Control)은 그림 4의 Track Management와 Console HCI, Resource Control을 나타낸다. 앞서 그

림 4에서 나타난 시스템 아키텍처와 비교하여 대공전 기능 모델의 최상위 계층에서 표현된 정적구조가 달리 나타나는 이유는 대공전 모듈의 기능에만 초점을 맞추어 대공전을 제외한 다른 모듈의 기능은 단순화되어 있기 때문이다. 즉, 대공전 관련 파라미터를 관리하는 System Management 모듈은 파라미터를 고정시킴으로써 그림 6의 대공전 기능 모델의 정적 구조에서 제거되었으며, 대공전 모듈이외의 다른 모듈의 기능 또한 대공전 수행과 관련된 기능만으로 한정되어 정의되었다. 또한, 대공전 시스템 아키텍처에서 나타난 센서(Sensor) 및 무장(Weapon) 그리고 탄도계산(Ballistic Calculation) 모듈은 AAW 모듈에서 전달될 할당 메시지를 받아 센서구동 및 함포 구동과 같은 메시지수신처리만을 수행하기 때문에 각각의 장비에 대한 세부적인 기능 모사없이 메시지 응답만을 모사한다. 따라서 상세모델 정의가 필요없기 때문에 그림6에서 제거되었다. 반면, SimControl 모듈은 시뮬레이션 실행시 시뮬레이션 시간과 메시지 주기를 관리하기 위한 타이머 모듈로서 추가되었다.

그림 6에서 나타난 기능 모델의 정적 구조에서는 모델의 구조와 더불어 구성 모듈간의 메시지 인터페이스가 정의되어 있다. AAW 기능을 모사하는 WASA 모듈은 TM으로부터 표적정보메세지(TrackUpdateToWF)와 자함의 위치정보를 담은 자함정보메세지(OSD:OwnShipData)를 수신받는다. MFCC 모듈로 부터는 대공전 기능을 운용하는 운용자 입력 메시지(Operator Command)를 수신한다. RC 모듈로 부터는 무장및 센서 자원의 가용상태를 나타내는 RAS(Resource Available Status) 메시지와 자원의 갑작스런 고장상태를 알려주는 RASUpdate 메시지를 수신한다. 또한 할당된 자원의 상태를 알려주는 ECSUpdate(Engagement Channel Status Update) 메시지를 수신한다. 이들 수신된 메시지의 정보를 바탕으로 WASA 모듈은 대공전 기능을 수행하게 되며 그 결과를 운용자에게 전시하기 위해 WFListUpdate(Warfare List Update)메세지와 TargetDesignation 메시지를 MFCC로 전송한다. 앞서 그림 5에서 나타난 대공전 기능의 구성 모듈은 그림 7과 같은 WASA 모듈의 하부 모듈로 나타난다.

그림 5에서 보여진 바와 같이 대공전의 기능 수행 구조는 Threat Evaluation 및 Engagement Determination 모듈이 전달된 메시지에 대한 함수처리를 수행함으로써 이뤄진다. 즉, 기능 모델의 정적구조를 바탕으로 모델의 동적 구조가 정의되어야 한다. 이를 위해 하부모델의 동적 구조를 유한상태기계로 정의하고 있으며, Threat Evaluation

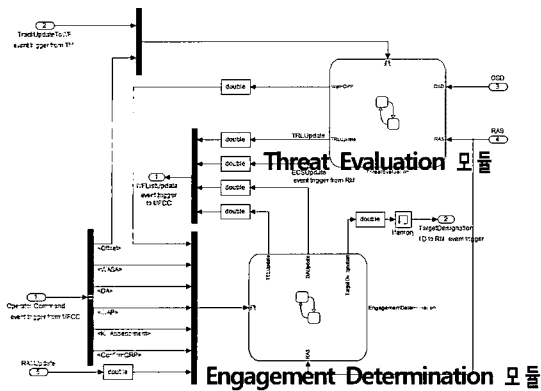
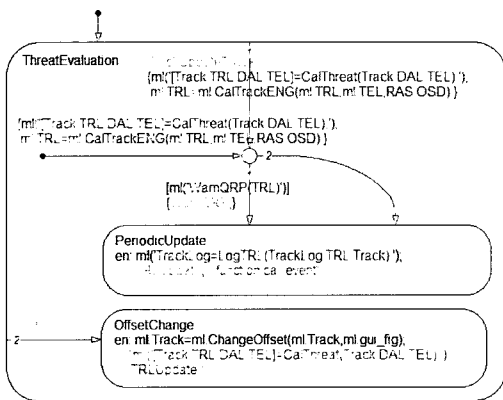
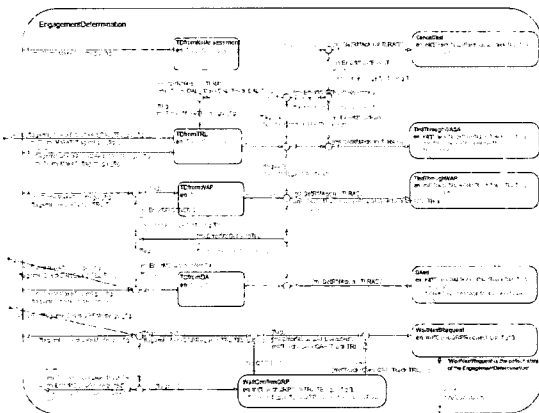


그림 7. WASA 모듈의 하부 모듈

및 Engagement Determination의 유한 상태는 그림 8과 같다.



(a) Threat Evaluation의 유한상태



(b) Engagement Determination의 유한상태

그림 8. 대공전 기능 모델의 동적 구조

대공전 기능 모델의 동적 모델링을 상태천이 다이어그램을 통해 기술한 이유는 대공전 기능의 특징이 운용기능과 알고리즘 처리가 결합된 이벤트 기반의 시스템이기 때문이다.

이러한 일련의 모델기반 설계는 최상위 계층의 시스템 구조로부터 하부 모듈의 동적 특성 정의에 이르기까지 모든 정적 및 동적 모델링이 하나의 기본 다이어그램 상에서 계층적으로 표현하고 있기 때문에 기능 모델의 분석이 용이하며, 실제적인 시뮬레이션 실행 과정이 정의된 모델의 내부상태와 1:1로 대응되기 때문에 기능 모델의 내부 상태의 정확성을 판단하는 데 매우 효과적이다. 대공전 기능의 정적 및 동적 모델링과 더불어 실제적인 시뮬레이션에 있어 필수적인 요소가 운용자 화면 설계이다. 이는 대공전 기능 수행에 대한 요청 메시지가 대부분 운용자 입력창을 통해 전달되기 때문이다. 따라서, 대공전 기능을 모사하는 대공전 시뮬레이션 설계를 위해서는 운용자 입력 환경을 실제적으로 모사하여야 한다. 이를 통하여, 대공전 기능 운용에 대한 설계 프로토타입을 결정할 수 있으며 운용상의 문제점 등을 수정할 수 있다. 그림 9는 Matlab을 통해 구현된 대공전 운용자 화면이다. 그림 8의 운용자 화면을 통해 입력되는 메시지는 그림 6의 Console 모듈과 연동되어 대공전 기능 수행을 통제하게 된다.

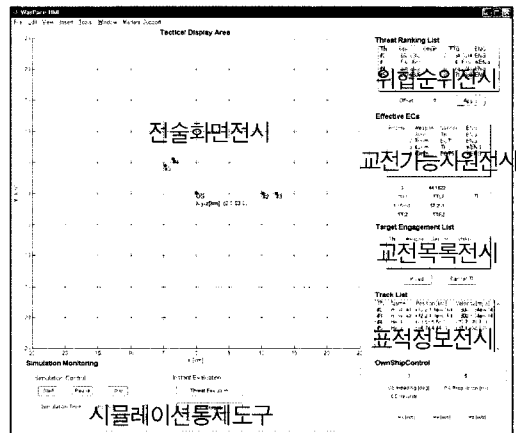


그림 9. 차기 고속정 전투체계 대공전 운용자 화면

끝으로, 그림 6의 대공전 기능 모델 상에서는 나타나지 않지만 Track Management 모듈에서 관리하게 되는 대공전 표적 목록을 생성하기 위해서는 대공전 시나리오 생성기가 필요하다. 그림 10은 5자유도를 가지는 대공표적의

기동 시나리오를 작성할 수 있는 대공전 시나리오 생성기를 보여준다. 시나리오 생성기를 통해 사전에 설정된 시나리오는 대공전 모델의 실행과정동안 호출되어 표적목록의 생성과정에 사용된다.

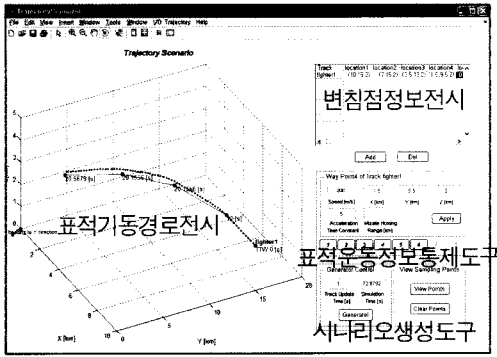


그림 10. 대공전 시나리오 생성기

5. 모델 기반의 시뮬레이션을 통한 대공전 기능 분석 및 설계 검증

모델 기반의 대공전 시뮬레이션은 대공전 알고리즘 처리를 담당하는 그림 6의 대공전 기능 모델과 그림 8의 사용자 화면을 통한 대공전 운용이 결합되어 진행된다. 시뮬레이션을 진행하기 위해서는 먼저 대공전 시나리오 생성 모듈로부터 검증하고자 하는 대공전 시나리오를 생성한다. 다음으로 대공전 운용화면에서 시나리오를 호출하고 시뮬레이션을 실행을 선택한다. 모델 기반의 시뮬레이션에서는 시뮬레이션 진행과정에서 기능 모델의 내부의

상태 변화 및 알고리즘 처리과정을 모니터링 할 수 있으며, 각각의 기능 수행 결과에 대한 분석이 가능하다. 그림 11은 시뮬레이션이 진행되는 동안 위협평가 모듈의 상태천이 및 알고리즘 처리과정이 모니터링 되는 것을 보여준다. 그림 11에서 보는바와 같이 기능 모델의 현재 상태 및 기능 수행 과정은 외곽선이 활성화되기 때문에 시뮬레이션 진행에 따른 기능 처리의 흐름을 직관적으로 파악할 수 있으며, 각각의 기능 처리 결과를 단계별로 검증할 수 있으므로 모델의 정확성을 판단하는데 유용하다.

모델 기반의 대공전 시뮬레이션에서는 다양한 대공전 환경의 반복적 시뮬레이션을 통하여 대공전 기능 모델의 내부 상태 변화 및 알고리즘 처리 결과를 분석하게 된다. 그림 12는 대공전 기능의 수행 결과를 분석하는 화면으로써 위협지수, 표적도달시간, 위협 순위와 같이 대공전 기능에서 처리되는 각종 알고리즘의 처리 결과를 전시한다.

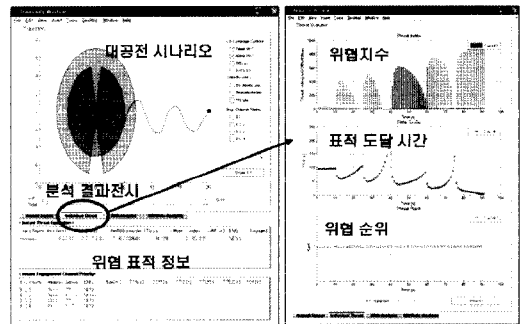


그림 12. 대공전 시뮬레이션 결과 분석 화면

6. 차기 고속정용 전투체계 HILS 시뮬레이션을 통한 대공전 설계 검증

모델 기반의 대공전 시뮬레이션을 통해 대공전 기능과 운용에 대한 1차적인 프로토타입핑의 결과물은 실제적인 개발 산출물에 대한 설계와 구현에 활용 된다. 대공전 기능 모델에서 정의된 구성 모듈과 알고리즘은 개발 산출물의 기본 구성 요소로 식별되며, 여기에 실제적인 탑재 시스템의 규격, 곧, 탑재 하드웨어, 운영체제, 미들웨어, 그리고 Track Management 및 Resource Management 모듈과 같은 인터페이스 모듈과의 실제적인 메시지 관계 구현등의 요소가 덧붙여져서 개발 산출물로서의 대공전 모듈이 완성된다. 완성된 개발 산출물은 제안된 개발 방법론의 2단계 시뮬레이션 절차로서 전투체계 HILS를 통한

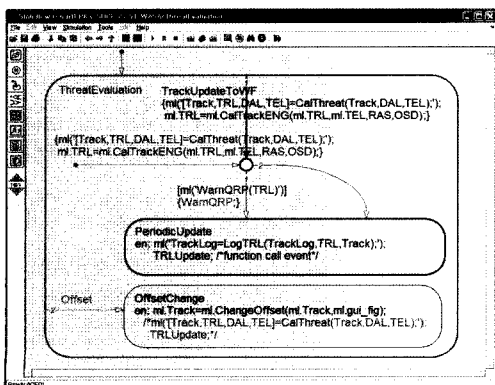


그림 11. 위협평가모듈의 내부 상태천이 및 알고리즘 처리

설계 검증 과정을 거치게 된다. 전투체계 HILS 시뮬레이션은 전투체계의 기능 및 운용을 실제 개발 시스템 상에서 모사하는 것으로써 함상운용 및 무장과 같이 장비 운용상의 제약이 있는 요소를 시뮬레이터로 대체한 것 외에는 모든 전투체계 구성 요소가 실제 개발 요소로 구현되어 있다. 그림 13은 전투체계 HILS 시뮬레이션의 구성과 실제 구축 화면을 보여준다. 여기에는 앞서 그림 4의 시스템 아키텍처가 구현된 결과로 나타난다. 즉, 대공전, 대함전, 전자전, 표적관리, 자원관리와 같은 전투체계 기능 소프트웨어들이 모듈화되어 지휘무장통제체계케비닛에 탑재되어 있으며, 탄도계산기능 및 운용자화면 기능이 탄도계산장치 및 다기능콘솔 하드웨어에 탑재되어 있다.

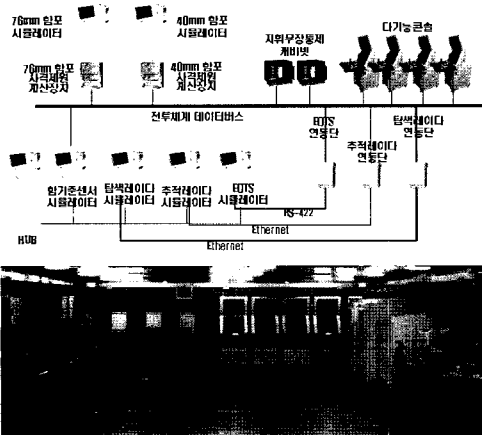


그림 13. 고속정용 전투체계 HILS 시뮬레이션의 구성

전투체계 HILS 시뮬레이션에서는 기본적으로 모델 기반의 대공전 시뮬레이션을 통해 검증된 대공전 기능과 운용이 실제 개발 산출물에서 그대로 구현되었는지 확인한다. 이를 위해 모델 기반 시뮬레이션과 동일한 대공전 시나리오를 전투체계 HILS 시뮬레이션에서 운용하고 그에 따른 결과를 비교 분석한다. 그림 14는 모델 기반의 대공전 시뮬레이션에 적용된 대공전 시나리오 운용결과와 전투체계 HILS 시뮬레이션의 운용 결과를 비교하고 있다. 이러한 두 가지 시뮬레이션 환경의 운용 결과 비교, 곧, 블랙박스테스트는 구현 과정에서의 기능 오류를 검증하는 데 용이할 뿐만 아니라, 실제 시스템의 성능 요소를 기능 모델의 파라미터로 분석하는데 효과적이다.

모델 기반의 시뮬레이션을 통해 설계된 대공전 기능에 대한 검증에 덧붙여, 전투체계 HILS 시뮬레이션을 통해

서는 모델 기반의 시뮬레이션에서 반영하지 못한 실제 시스템의 다양한 기능 및 운용 측면을 반영하게 된다. 즉, 시스템의 고장 및 오작동시의 오류복구 기능, 미들웨어와의 통신 기능, 시스템 통합 운용에 따른 우선순위 및 동기화 처리 등의 기능 요소가 반영된다.

이러한 과정들을 통해 고속정용 전투체계에 있어서 개발 위험 요소로 식별된 대공전 기능 설계가 완료되면, 최종적으로 대공전 기능을 포함한 모든 전투체계 시스템이 함정에 탑재되게 되며 함상 운용 및 시험을 거쳐 전력화 되게 된다.

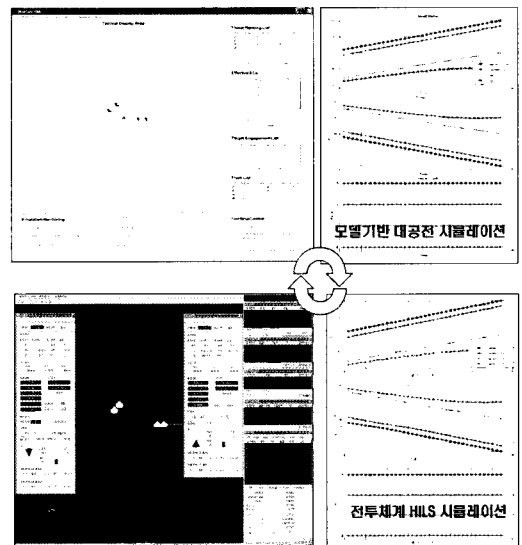


그림 14. 고속정용 전투체계 HILS 시뮬레이션을 통한 대공전 설계 검증

7. 결 론

본 논문은 차기고속정용 전투체계 대공전 기능의 개발에 적용된 효과적인 개발 방법론을 기술하고 있다. 본 논문에서 기술된 개발 방법론은 모델 기반의 시뮬레이션 기법을 기반으로 한 반복적이고 단계적인 프로토타입핑 기법으로써, 복잡도가 높은 대공전 기능을 분석 및 설계하는데 사용되었으며 다양한 대공전 시나리오 상에서 대공전 기능을 검증하는데 활용되었다. 본 논문에서 기술된 개발 기법은 기능 모델에 대한 효과적인 분석 모델을 제시할 뿐만 아니라, 분석 모델로부터 직접적인 시뮬레이션을 수행함으로써 신속한 프로토타입핑과 이를 통한 반

복적 설계 수정 및 검증이 가능하다. 또한, 기능 모델에 대한 개발 산출물을 실제 시스템의 운용환경이 모사되는 HILS 기반 시뮬레이션에서 검증하고, 전 단계의 모델기반 시뮬레이션 결과와 비교 분석함으로써 설계 결과에 대한 연속성 및 정확성을 보장할 수 있다. 이상의 결과를 종합할 때, 본 논문에 기술된 개발 기법은 고비용 및 고신뢰성이 요구되는 시스템에 대한 단계적 개발 기법으로 효과적이라 판단되며, 특히 국방 분야에서 요구되는 시뮬레이션 기반의 무기체계 개발 기법으로 활용될 수 있으리라 생각된다.

참 고 문 헌

1. H. Irandoust, A. R. Benaskeur, "Argumentation-based Decision Support in Naval Command & Control".
2. M. Hewish, R. Scott, "Navies expand their air defenses", *Jane's International Defense Review*, Nov, 1, 2002.
3. 황근철, 김기성, 김은로, "검독수리-A급 전투체계 교전 기능 요구사항 분석 및 설계", 국방과학연구소, 2006.
4. 홍재영, 이종희, 이상직, "Test and Evaluation Trends and Costs for Aircraft and Guided Weapons(in case of US)", 국방과학연구소, 2006.
5. 박성희, "시뮬레이션 기반 획득업무 발전 방향", 국방과학연구소, 2006.
6. Jack Wilber, "BAE Systems Proves the Advantage of the Model Based Design", *Matlab-Digest*, Sep., 2006.
7. 국방과학연구소 함정전투체계부 2팀, "검독수리-A급 전투체계 체계/부체계 규격서", 국방과학연구소, 2005.
8. 국방과학연구소 함정전투체계부 2팀, "검독수리-A급 전투체계 소프트웨어 요구사항 명세서", 국방과학연구소, 2005.
9. Lecture Note in Computer Science, "Model Based Code Verification", Springer, 2003.



황근철 (hkchul@chol.com)

2001 경북대학교 전자전기공학부 학사
 2003 서울대학교 전기컴퓨터공학부 석사
 2003~현재 국방과학연구소 제6기술연구본부 연구원

관심분야 : 무기체계 모델링&시뮬레이션, System Operational Performance Analysis, 모델기반 시뮬레이션, Mechatronics