

M&S 기반 어뢰방어전 모의실험 기술 구현

The Development of Torpedo Defense Experimental Technique based on M&S

나 영 인* 이 심 용* 윤 한 샘*
Young-In Nah Sim Yong Lee Han-Saem Yoon

Abstract

Exploiting models and simulations are encouraged among the defense acquisition society, as now enforced by the Defense Acquisition Program Administration's regulations. They are useful and, sometimes, inevitable especially in an earlier phase of system development.

Computer-simulation-based experimentation technique for the system operational performance analysis for a torpedo defense system is introduced in this paper. Problem definition for the torpedo defense system analysis and engineering efforts for models and simulations development are presented here, including defining measures of performance and effectiveness for the torpedo defense system, conceptual modeling for torpedo engagement and defense simulation, design of experimentation, design of simulator and experimenter, and hardware and software implementation of an analysis support tool - a system operations demonstration and experimentation simulator.

Keywords : M&S(모델링&시뮬레이션), Experimental Technique(실험기법), Torpedo Defense(어뢰방어), Defense Acquisition(국방획득)

1. 서론

체계 탐색개발 단계는 체계운용개념 분석, 체계 대안분석 및 체계효과도 분석에 의하여 체계개발을 위한 체계/부체계 설계사양을 도출하는 단계로서 전체 체계사업의 기간, 예산 및 사업성공 가능성을 결정짓는 주요한 단계라고 할 수 있다.

특히, 방위사업청 출범 후, 제정된 방위력 개선사업

관리규정('06.5.1)^[1]에서는 모든 탐색개발 사업은 운용성확인을 수행토록 규정하고 있어, 체계/부체계 개발 전, M&S(Modeling & Simulation) 기반 분석활동의 중요성이 더욱 부각되고 있다.(Fig. 1)

본 연구는 탐색개발 운용성확인 규정을 최초로 적용한 자항식기만기 체계의 탐색개발 운용성확인을 위한 M&S 기반의 어뢰방어전 모의실험 기술개발과 구현에 대한 것이다.

모의실험 기술개발 과정은 Fig. 2와 같다. 문제영역의 인식으로부터 출발하여 방안탐색을 거쳐, 독자적인 모의시험기술을 개발하고, 이를 적용하여 문제를 해결하는 과정을 거친다. 모의시험 기술 개발영역인 M&S

† 2010년 6월 3일 접수~2010년 7월 28일 게재승인

* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 나영인(yinah@add.re.kr)

영역에서는 분석변수를 식별하고, 각 척도영향을 분석하여 체계적 실험이 가능하도록 모의실험을 설계하고, 시뮬레이션 개념모델과 모의논리를 개발, 모델링하여, 모의실험 도구로 구현하였다. 개발된 모의실험 도구는 하드웨어 시뮬레이터로 구현되어 탐색개발 운용성 확인을 위한 체계 효과도 분석 및 체계시험에 사용되었다.

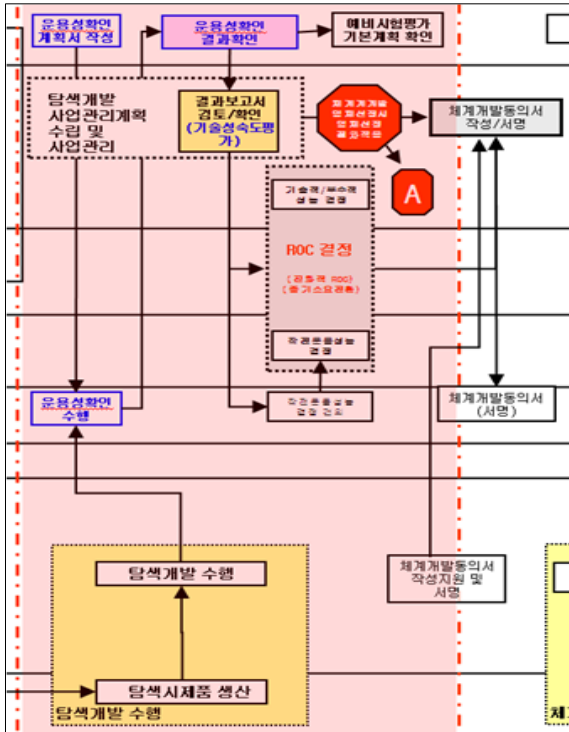


Fig. 1. 국방연주관 연구개발 사업관리 절차도 : 탐색 개발(방위력개선사업관리규정 2006.5.1.)

2. 분석대상 식별 및 모의실험 설계

가. 분석변수 및 운용성능 분석항목 식별

체계효과도 분석을 위해 식별된 전문변수와 기술변수는 Table 1과 같고, 이러한 분석변수들을 조합하여 운용성 확인을 위한 체계운용성능분석 항목을 분석한다. 식별된 체계운용성능분석 항목은 어뢰대항능력, 기만기 운용패턴, 주행시간/작동시간, 주행속력, 발사방식으로서 탐색개발 연구 범위에서 시체의 의한 실험, 또는 시험평가 결과에 의하여 분석이 불가능하며, 시뮬레이션에 의한 모의실험에 의존할 수밖에 없다.

Table 1. 분석변수 식별

분류	항목	
전문 변수	전술상황	위협어뢰 속도
		위협어뢰 공격거리
		위협어뢰 접근방위
		위협어뢰 공격방식
		위협세력 표적탐지 능력
	위협세력 ACCM 능력	
전장환경	음파전달 환경	
어뢰대항전술	회피기동패턴	
	기만기운용패턴	
기술 변수	대항체계 성능	대항체계반응시간
		어뢰경보거리
		자함회피속도
	자항식기만기 성능	주행속도
		주행시간
		작동시간
발사방식		

나. 어뢰방어전 모의실험 설계

일반적인 실험방안 수립방법은 크게 다음과 같이 분류할 수 있다.

- 최선 추정법(Best-Guess Approach) : 적절한 판단에 의거한 실험요소들과 방안을 선별적으로 선택



Fig. 2. M&S 기반 모의실험 기술 개발 프로세스

- 단일요소 분석법(One Factor at a Time Approach) : 모든 변수들을 고정한 기준선에 대해 한번에 하나의 변수만 변화시켜 분석
- 요인실험법(Factorial Experiment) : 모든 변수들의 분석공간의 곱으로 실험공간 생성, 전수실험 수행
- 부분 요인실험법(Fractional Factorial Experiment)

통합 어뢰대항 모의실험을 위한 모의실험 방안은 정립되지 않은 상태이며, 일반적인 실험방안 수립방법으로는 문제 해결이 불가능하였다. 극단적으로 운용성 확인과 관련된 분석변수의 전수실험 시, 총 n가지 변수에 대하여 n 경우에 대한 전수실험에는 Xⁿ번 실험이 필요하게 되어 현실적으로 구현이 불가능하다.

이에, 일반적 실험방안 수립방법들을 조합하여 Fig. 3과 같은 방안으로 어뢰대항전 분석에 효과적인 모의실험 기법을 정립하였다.

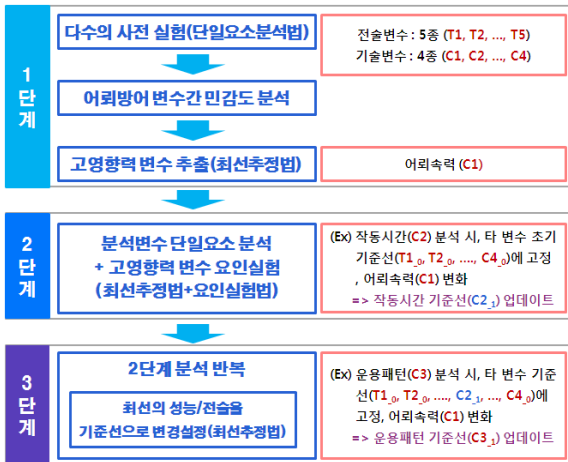


Fig. 3. 어뢰방어전 모의실험 설계

3. 모의실험 기술의 구현

가. 모의 시나리오/논리 개발과 객체모델링

자함식기만기 체계운용성능분석을 위한 시뮬레이션 시나리오는 적 세력이 어뢰를 발사하고, 자함이 이를 대항하기 위하여 자함식기만기를 비롯한 어뢰대항체계를 운용하는 전술 상황으로서, 위협어뢰 발사에서 어

뢰 불능화, 또는 자함 피격에 이르기까지의 시나리오로 한정할 수 있으며, 운용함의 종류에 따라 수상함 어뢰방어, 잠수함 어뢰방어 상황으로 구분하여 개발되었다.(Fig. 4)

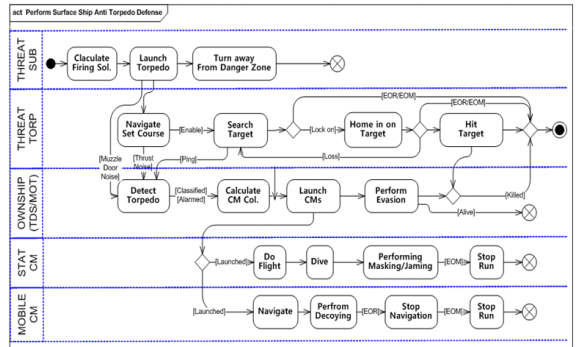


Fig. 4. 시뮬레이션 시나리오 예(수상함 어뢰방어)

또한, 어뢰체계, 어뢰대항체계, 자함식기만기 각각에 대하여 객체 모델들이 시뮬레이션에 적합한 운용 및 작동모의 충실도(Fidelity)를 갖도록 모의논리를 개발하였다.(Fig. 5)

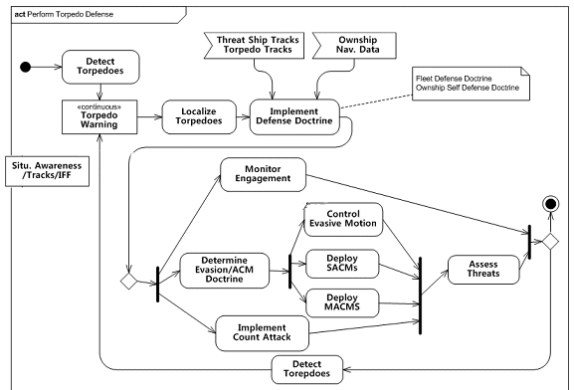


Fig. 5. 체계운용/작동 모의논리 예(어뢰방어체계)

사용된 객체모델들은 기존 사업을 통하여 기 확보하였거나, 현재 군이 운용하고 있는 무기체계 자료를 확보하여 모델링함으로써 모델의 신뢰도를 확보하였다.

나. 모의실험 도구개발(효과도 분석 SW 구조)

기능적/ 비기능적 소프트웨어 요구사항에 의거하여 효과도 분석 SW 구조는 Table 2와 Fig. 6과 같이 세 개의 레이어로 분할하여 설계하였다.

Table 2. 분석변수 식별

레이어	구 성	비 고
I	시뮬레이션 엔진 및 시뮬레이션 객체 템플릿	SW 개발자에 의해 구성
II	모델 템플릿	
III	인터페이스가 정의된 모델 컴포넌트	사용자에 의해 구성

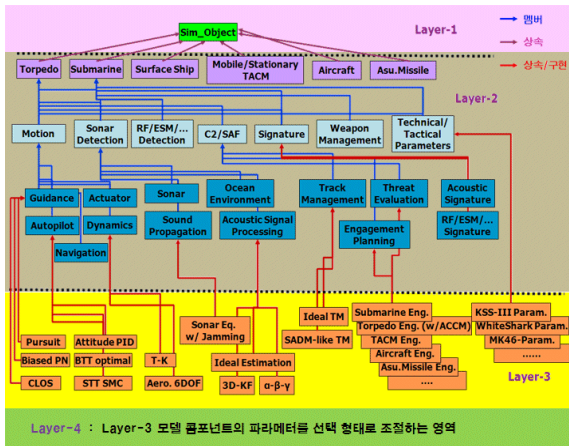


Fig. 6. 효과도 분석 소프트웨어 구조

레이어-I과 레이어-II는 RTI(Run-Time Infrastructure)와 유사한 인터페이스를 통해 연동되고, 레이어-II와 레이어-III는 플러그인 방식으로 도메인 수준의 자료만 교환되도록 인터페이스가 간략히 정리되었다.

레이어-I은 시뮬레이션 엔진 및 시뮬레이션 객체의 템플릿으로 구성된다. 기능적 역할은 주로 정적관점에서 기술된 모델을 시간적으로 제어하는 역할을 담당한다. 레이어-I 설계의 주요점은 다음과 같다.

- OS(Operating System) 서비스는 레이어-I에서 모두 처리하여, 상위 레이어는 하드웨어/운영체제/컴파일러에 독립적이고 투명하도록 한다.
- 레이어-I만의 변경으로 여러 하드웨어/운영체제/컴파일러에 대해 호환성을 유지할 수 있게 한다.
- RTI의 소형, 경량 버전으로 설계되어야 한다.

레이어-II는 시뮬레이션 소요되는 모델, 모의논리, 시나리오 등의 템플릿을 규정한다. 레이어-II는 레이어-I의 시뮬레이션 객체 템플릿을 이루는 Sim_Object 추상클래스를 함수함, 어뢰 등의 구체적인 객체를 구현함으로써 레이어-I과의 연동이 이루어진다.

다. 운용시뮬레이터 구현

개발된 어뢰대항전 모의실험 기술들은 자항식기만기 운용시뮬레이터 형태로 구현되어 탐색개발 운용성 확인의 체계시범을 위하여 활용되었다.(Fig. 7)

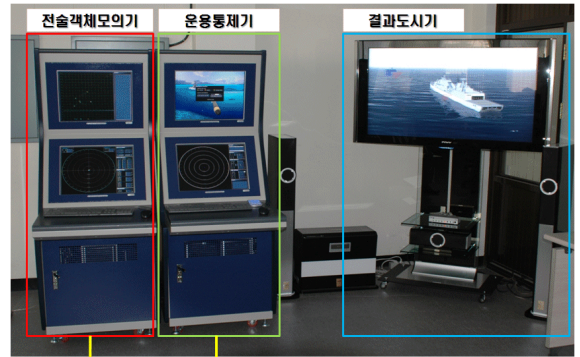


Fig. 7. 자항식기만기 운용시뮬레이터

1) 체계분석모드

체계분석모드는 단독수행 방식으로 모든 모델을 내장하고, 몬테칼로(Monte Carlo) 시뮬레이션을 통하여 자항식기만기를 포함하는 어뢰방어체계의 통합전술 효과도를 분석하여, 체계설계 기본사양을 제시하고, 어뢰방어 복합운용전술을 개발하도록 설계하였다^[2]. Fig. 8은 시스템 구성으로 전술객체모의기 단독으로 동작한다. Fig. 9는 체계분석모드 시퀀스 다이어그램을 나타내고 있다.

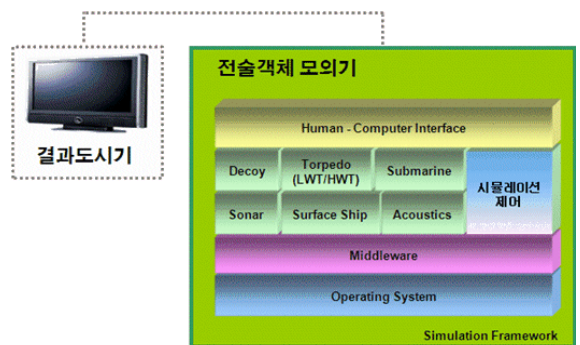


Fig. 8. 체계분석모드 시스템 구성

시뮬레이션은 초기설정(전장환경, 플랫폼 및 무장, 어뢰방어체계)과정을 거쳐, 몬테칼로 시뮬레이션 환경 설정 후, 반복 시뮬레이션을 수행하여, 2차원 등고선

도(2D Contour Plot) 및 XY 선도 등의 형태로 분석결과를 가시화 한다.

체계분석모드 시뮬레이션은 운용성확인을 위한 체계 운용성분석 항목들에 대하여 몬테칼로 시뮬레이션을 수행하여, 각 항목별 어뢰대항 성공율을 비교, 분석하는데 사용되어, 탐색개발 운용성 확인에서 자항식기만기 운용효과, 체계성능요구(안), 체계운용전술, 연동체계 성능 분석결과를 제시하였다.

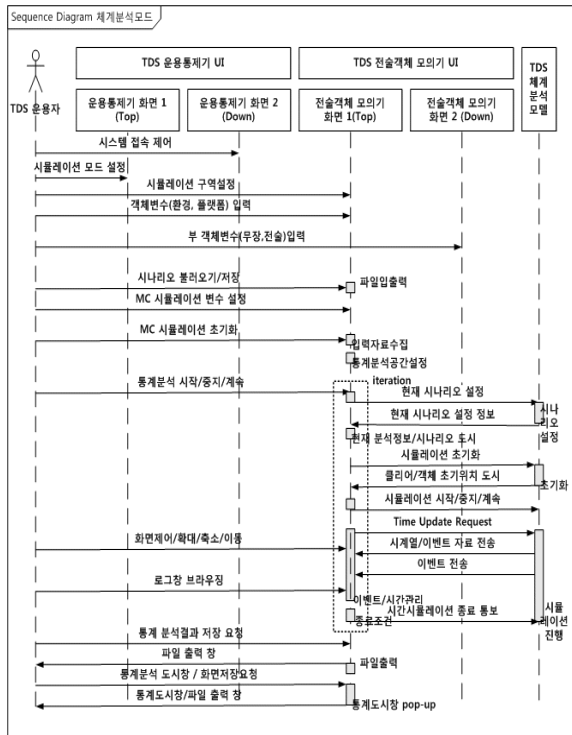


Fig. 9. 체계분석모드 Sequence Diagram

2) 체계연동모드

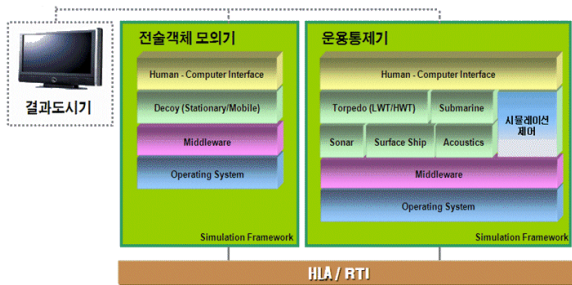


Fig. 10. 체계연동모드 시스템 구성

체계연동모드는 어뢰방어체계 모의기(=전술객체 모의기)의 상위 시뮬레이션 연동성을 확인하기 위하여 설계되었다^[3]. Fig. 10은 체계연동모드의 시스템 구성을 도시하였으며, Fig. 11과 12는 각각 시퀀스 다이어그램과 체계연동모드의 운용개념을 나타내고 있다.

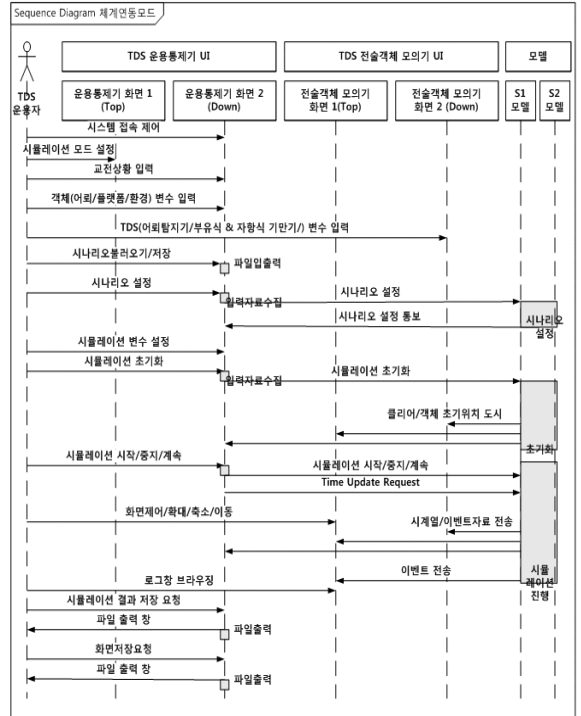


Fig. 11. 체계연동모드 Sequence Diagram

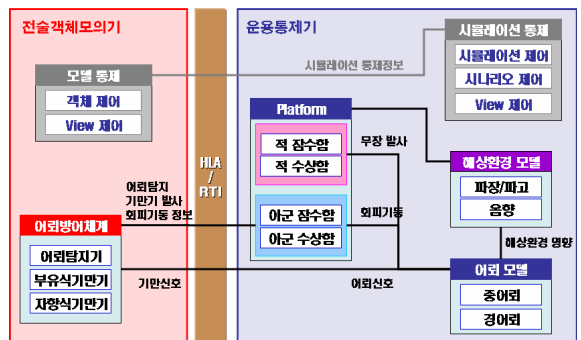


Fig. 12. 체계연동모드 운용개념

시스템 구성은 전술객체 모의기를 통하여 어뢰방어체계를 모의하고, 운용통제기는 전체 시뮬레이션의 제어 및 어뢰, 플랫폼, 환경 모델을 내장하고, 전술객체

모의기와 HLA/RTI로 연동되며, 결과도시기는 전술객체 모의기 및 운용통제기와 연결하여 2차원 및 3차원으로 가시화 결과를 도시한다.(Fig. 13)

체계연동모드 시뮬레이션은 운용성 확인에서 체계시범을 지원함으로써 체계 이해도 증진과 향후 훈련체계의 발전 가능성을 시연하였다.



Fig. 13. 체계연동모드 실행결과 화면

4. 결론

어뢰방어체계의 운용성능분석 및 효과도 분석을 위한 시뮬레이션 기반의 실험 기법을 정립, 구현하였다.

어뢰방어체계 분석과 관련한 문제정의와 모델과 시뮬레이션 개발을 위한 공학 활동에 대하여 연구하고, 분석 대상이 되는 성능척도 및 효과도의 정의, 어뢰 교전 및 방어 시뮬레이션에 대한 개념모델링, 실험 설계, 시뮬레이터와 익스페리멘터의 설계, 그리고 분석 지원도구인 체계운용시범 및 실험용 시뮬레이터에 대한 하드웨어 및 소프트웨어로 구현하였다.

구현된 어뢰방어전 운용시뮬레이터는 자항식기만기 체계 탐색개발 운용성 확인에 체계효과도 분석 및 체계시범을 위해 효과적으로 사용되었다.

Reference

- [1] 방위사업청 훈령 제13호, “방위력개선 사업관리규정”, pp. 59~60, p. 262, 2006. 5. 1.
- [2] 윤한샘, 이심용, 나영인, “자항식기만기 체계운용시뮬레이터 체계분석모드 소프트웨어 개발”, 국방과학연구소, ADDR-517-090076, 2009.
- [3] 윤한샘, 나영인, “자항식기만기 체계운용시뮬레이터 체계연동모드 소프트웨어 개발”, 국방과학연구소, ADDR-517-090075, 2009.
- [4] 나영인, 이심용, 윤한샘, “M&S 기반 어뢰방어전 모의실험 기법 개발”, 한국군사과학기술학회 2009년도 종합학술대회 논문집, pp. 51~54, 2009.