

전투체계효과도 및 성능 분석을 위한 공학/교전 모델 연동 Interoperation between Engineering and Engagement Level Models for MOE and MOP Analysis

홍정희, 서경민, 김탁곤
Jeong Hee Hong, Kyung Min Seo, Tag Gon Kim
한국과학기술원 전기 및 전자공학과
042-350-5454, *jhhong@smslab.kaist.ac.kr*

Abstract

In weapon systems, the Measures of Performance (MOPs) are qualitative or quantitative measures of individual system capabilities or characteristics. They indicate the degree to which that capability or characteristic performs or meets the requirement under specific conditions. They can be analyzed using engineering level models. Measures of Effectiveness (MOEs) are a measure of how well an operational task or task element is accomplished through using weapon systems. They are assessed by coupling with engineering level models and combat situations. The combat situations include weapon systems, battlefields and warfighting capabilities such as tactics and doctrine representing engagement level models. Therefore, it is essential to interoperate between the engineering and the engagement level models for either the development of operational tactics or doctrines for maximizing the MOEs or the achievement of the MOPs according to given operational scenario. This paper proposes a methodology for assessing the MOPs and MOEs through interoperation of engineering and engagement level models and also conducts an anti-torpedo combat system as a case study.

Keyword : MOE; MOP; Engineering Level Model; Engagement Level Model; Interoperation

1. 서론

국방 M&S 시스템은 시스템 목적에 따른 다양한 모의레벨을 가진 모델들로 구성되어 있다. 국방 M&S 모델은 그 목적에 따라 크게 네 가지의 계층적 모델로 분류된다. 거시적인 관점에서의 연합 훈련 및 합동 훈련을 위한 전구급 모델을 최상위로 하여, 부대 훈련을 위한 임무/전투급 모델, 전투 체계 개발을 위한 교전급 모델, 그리고 최하위에 무기 체계개발을 위한 공학급 모델이 존재한다[1]. 교전급 모델 이상의 모델들은 운용 개념 및 교리, 전술과 관련된 것으로 외부의 이벤트에 의해 동작하는 시스템으로서 이산 사건 시스템으로 모델링되며, 공학급 모델은 무기 및 장비의 성능과 관련된 것으로 자세한 표현을 위한 수학적 방정식, 즉 연속 시스템으로 모델링된다.

이들 모델 각각은 모델 레벨에 따라 척도를 제공한다. 전구급 모델은 전력손실과 같은 MOO (Measure of Outcome)라 불리는 결과 척도를 제공하며 임무/전투급 모델은 군대 군의 효과도를 제공하는데 손실율, 교전확률, 특정 임무달성 성공율 등이 이에 속한다. 또한 교전급 모델은 체계간의 전투효과도를 제공하는데 살상율, 치사율, 생존율 등과 같은 MOE (Measure of Effectiveness)라 불리는 척도를 제공한다. 마지막으로

공학급 모델은 MOP (Measure of Performance)라 불리는 개별 무기체계의 성능지수를 제공한다.

본 논문은 교전급 모델과 공학급 모델에 초점을 맞추어 MOE 및 MOP를 측정하고 분석하는데 있어 두 모델간의 연동의 필요성을 고찰해보고 그 방안을 살펴보고자 한다. 체계 효과도는 공학급 모델과 전투상황을 결합함으로써 얻어낼 수 있으므로 체계 효과도를 최대화하기 위한 체계의 운용 교리/전술 개발 및 주어진 운용 전술에 따라 운용할 때 목표 효과도를 달성할 수 있는 체계의 성능 요구사항 도출을 위해 성능을 표현하는 공학급 모델과 전투수행 능력을 표현하는 교전급 모델의 연동이 필수적이다. 이 두 모델간의 연동은 연동 표준인 IEEE 1516 HLA/RTI[2]를 기반으로 하며 페더레이트 구축을 위해 만능 어댑터[3]를 이용하여 연동 페더레이션 개발에 대한 부담을 줄인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 대상으로 하는 공학급 모델과 교전급 모델에 대해서 간략히 살펴보고 MOP와 MOE 분석을 위하여 두 모델의 연동 필요성에 대해서 살펴본다. 3장에서는 예제로 적용한 수상함의 대어뢰전 효과도 분석 시나리오 및 모델 구성에 대해 설명한다. 4장에서는 수행한 실험 결과를 살펴보고 마지막으로 5장에서 결론을 맺기로 한다.

2. 공학/교전 모델

가. 공학 모델

공학급 모델은 무기 체계 개발 시 체계의 성능이나 재원, 설계 검증 및 개발, 생산가능성 판단 등을 분석하거나 이들 요소사이의 Trade-off 분석시 사용되는 국방 M&S 모델이다. 학술적 분류로는 연속 시스템 모델에 해당하며 미분 방정식등으로 모델링 할 수 있으며 물리나 전기, 전자, 기계등과 같은 공학에 관련된 도메인 지식을 필요로 한다. 이러한 공학급 모델은 MOP라 불리는 성능 척도를 제공한다. MOP의 예로는 레이더의 탐지 범위, 오차거리, 속도 등이 있다. 이러한 성능 파라미터는 체계 개발시 규격으로 사용된다.

나. 교전 모델

교전급 모델은 특정 표적이나 적의 위협 무기체계에 대한 개별 무기체계의 효과도를 평가하는데 사용하는 모델로서 제한된 시나리오에 의한 1:1, 소수:소수 무기체계간의 전투효과를 모의한다. 학술적 분류로는 이산사건 시스템 모델에 해당하며 DEVS (Discrete Event Systems Specification) 형식론, 란체스터 방정식등으로 모델링 할 수 있으며 전술/교전 교칙과 같은 군사학 또는 OR 등의 도메인 지식을 필요로 한다. 이러한 모델은 공학급 모델로부터 얻은 체계 성능을 이용하며 상위 레벨 즉 임무급 모델에 생존율, 취약성, 치사율등과 같은 체계효과도라 불리는 MOE를 제공한다.

다. 공학/교전 모델 연동 필요성

무기체계의 성능은 특정한 동작이나 기능상의 제원을 뜻하며 그림1과 같이 정해진 특정 시험환경에서 측정된다. 체계효과도는 전투상황에서 무기체계의 전투효과 달성 정도를 의미하며 그림2와 같이 공학급 모델과 전투상황을 결합하여 구할 수 있다.



그림 1. 무기 체계 성능 분석

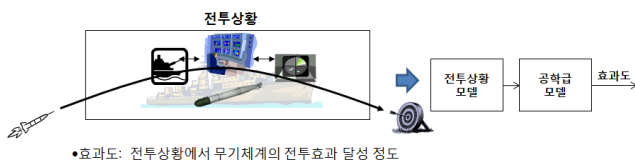


그림 2. 체계 효과도 분석

그림3에서 보듯이 전투상황에는 무기체계, 전장환경 및 전투수행 능력이 포함된다. 전투가 벌어지는 환경을 묘사하는 전장환경 모델, 지휘관의 교육/훈련 정도, 교리/전술, 작전개념 등의 전투수행능력을 나타내는 교전

급 모델 그리고 무기체계의 가용성, 기동성, 신뢰성과 같은 체계 파라미터 정보를 담고 있는 무기체계 파라미터 모델로 모델링될 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 체계 효과도는 공학급 모델과 전투상황을 결합함으로써 얻어낼 수 있으므로 체계 효과도를 최대화하기 위한 체계의 운용 교리/전술 개발 및 주어진 운용 전술에 따른 체계 효과도를 최대화하기 위한 체계의 성능 요구사항을 도출해내기 위해 성능을 표현하는 공학급 모델과 전투수행 능력을 표현하는 교전급 모델의 연동이 필수적이다. 또한 표1에서 보듯이 공학/교전급 모델의 연동 시 물레이션을 통하여 다양한 시나리오 및 파라미터 값에 따른 효과도를 손쉽게 얻을 수 있게 된다.

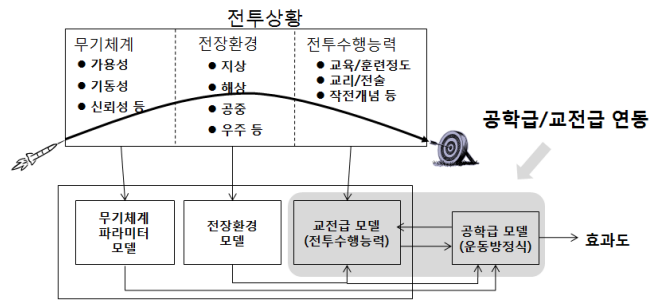


그림 3. 효과도 측정 방법

표 1. 효과도 측정을 위한 파라미터 및 시나리오

전장 환경	무기체계 (가용성/기동성/신뢰성)	적용 교전교리	효과도 (예: 명중율)
a1	(b1, b2, b3)	c1	95%
a2	(b1', b2', b3')	c2	94%

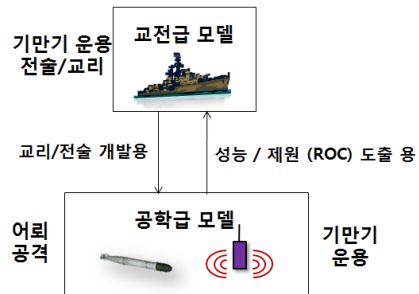


그림 4. 공학/교전 모델의 연동 필요성

예를 들어 그림4와 같은 아군의 수상함의 적군의 어뢰 공격을 탐지하여 이를 회피하기 위하여 기만기를 운용하고 회피기동을 하는 전투상황이 있다고 하자. 이 경우 성능이 알려진 어뢰를 피해서 아군의 수상함의 생존을 즉 효과도를 최대화하기 위한 기만기 운용 교리 및 전술을 개발하고자 할 때, 어뢰/기만기 공학 모델과 기만기 운용 교리를 포함하고 있는 전투상황 모델의 연동 시물레이션을 통하여 도출해낼 수 있다[4]. 또한 주어진 어뢰 공격에 대하여 정해진 기만기 운용 전술에 따른 아군의 수상함의 생존율을 최대화하기 위한 기만

기의 속도, 동작 시간등과 같은 성능 요구사항 도출시 교전급 모델을 포함하고 있는 전투상황 모델, 기만기 공학모델, 어뢰 공학 모델과의 연동 시뮬레이션을 필요로 하게 된다.

3. 대상 시스템 : 수상함의 대어뢰전 효과도 분석

가. 대어뢰전 효과도 분석 시나리오

대어뢰전의 전투상황은 그림5와 같다. 아군의 수상함이 적의 어뢰 공격을 탐지하면 기만 체계를 작동하고 회피 기동을 한다. 기만 체계로는 기만기의 동작 특성에 따라 고정식/자항식 기만기를 사용한다. 어뢰는 발사된 직후에 사형 탐색을 하다가 표적을 발견하면 곧바로 직선 운동으로 표적을 향해 돌진한다. 표적이 기만기일 경우 기만기를 명중시킨 후 다시 원형 탐색을 통해 다른 표적을 탐색하는 과정을 거친다. 기만기의 경우 수상함이나 어뢰의 크기에 비해 극히 작기 때문에 어뢰가 기만기를 명중한다고 할지라도 기만기는 파괴되지 않는다. 따라서 원형 탐색을 통해 어뢰는 한 번 명중한 기만기를 다시 공격할 수 있다. 만일, 수상함이 표적일 때 수상함을 향해 돌진 후 명중시켰다면 수상함은 파괴된다[5].

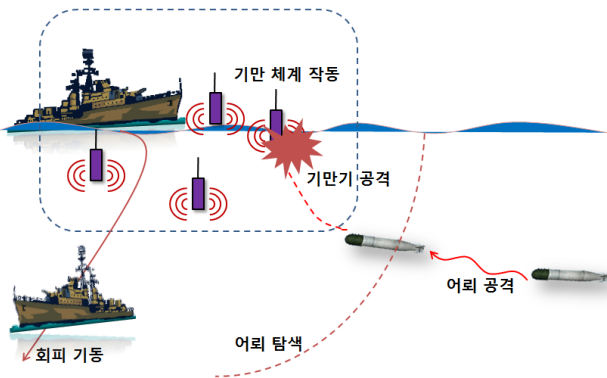


그림 5. 수상함의 대어뢰전 효과도 분석 시나리오

나. 모델 구성

그림6은 수상함의 대어뢰전 효과도 분석을 위한 공학/교전급 모델 연동 시뮬레이션을 구성하고 있는 시뮬레이터를 보여준다. EF는 시뮬레이션 시나리오 입력 및 결과를 수집하는 역할을 수행한다. SYSTEM이 대어뢰전을 묘사하고 있으며 어뢰 공격, 어뢰 방어 즉 기만기 운용 전술 및 수상함의 회피 전술을 모의하는 교전급 모델로써 어뢰 공격 및 어뢰방어 수칙 모델과 수상함의 기동, 탐지, 어뢰 및 기만기 각각을 모의하는 3개의 공학급 모델로 구성된다. 이 산사건 시스템인 교전급 모델은 DEVS 형식론으로 연속시스템인 공학급 모델은 MATLAB/Simulink로 모델링하였다. 이들 모델들 사이의 연동을 위하여 연동 표준인 IEEE 1516 HLA/RTI를 이용한다.

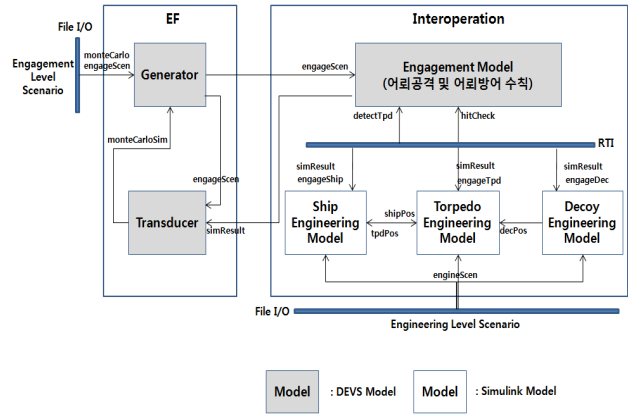


그림 6. 대어뢰전 효과도 분석 모델 구조

4. 실험 : 대어뢰전 효과도 분석

가. 실험 시나리오 설계

대어뢰전 효과도 분석 연동 시뮬레이션의 목적은 기만기 운용 전술 및 회피 전술에 관한 교리 개발과 기만기의 공학적 제원에 있어 ROC를 도출해내는 것이다. 한 체계의 운용 교리/전술 운용에 대한 요구사항과 목표 효과도를 달성할 수 있는 체계의 성능 요구사항을 도출해내기 위해 표 3과 같이 교전급 모델과 공학급 모델로 나누어 실험하였다.

표 3 실험 계획

실험변수	변수값 범위	내용
수상함 회피기동 패턴	SP1 ~ SP5 (Default=SP4)	SP1:어뢰 경보 방위 ±30도 방향 SP2:어뢰 경보 방위 ±45도 방향 SP3:어뢰 경보 방위 ±60도 방향 SP4:어뢰 경보 방위 ±90도 방향 SP5:어뢰 경보 방위 ±120도 방향
기만기 운용패턴	DP1 ~ DP4 (Default=DP3)	DP1:4개 모두 고정식 DP2:4개 모두 자항식 DP3:전방위 2개 고정식 후방위 2개 자항식 DP4:전방위 2개 자항식 후방위 2개 고정식
기만기 동작시간	3, 6, 9, 12, 15 knts (Default=12)	
자항식 기만기 속도	240, 360, 480, 540, 600 sec (Default=540)	
총 실험횟수	45개 (5*4+5*5)	각 case별로 몬테카를로 시뮬레이션 100회 실행

수상함 회피기동과 기만기 운용패턴은 교전급 모델의 교리/전술을 통해 결정되고 기만기의 공학적 제원은 기만기 공학급 모델을 통해 결정된다.

나. 결과 분석

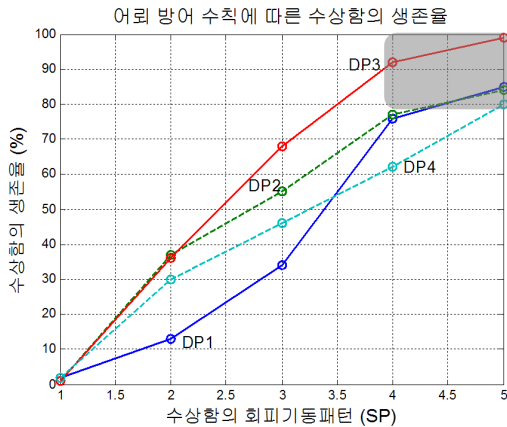


그림 7 어뢰 방어 수칙에 따른 수상함의 생존율

그림 7은 어뢰 방어 수칙에 따른 수상함의 생존율을 나타낸다. 목표 효과도를 수상함의 생존율 80%라고 가정할 때 수상함의 회피기동은 기만기 운용 패턴에 관계없이 어뢰 경보 방위 ±120도 방향으로 회피기동을 실시할 때 가장 효과적이다. 그러나 기만기 운용 패턴을 DP3으로 실시할 경우 수상함의 회피기동패턴과 조합하여 좀 더 나은 목표 효과도를 얻을 수 있다. 이는 교전급 모델의 교리/전술의 조합을 통해 좀 더 높은 목표 효과도를 측정할 수 있음을 나타낸다. 그림 7의 우측 상단에 음영 처리된 사각형은 목표 효과도 80%에 대한 교전급 모델의 전술 조합을 나타낸다.

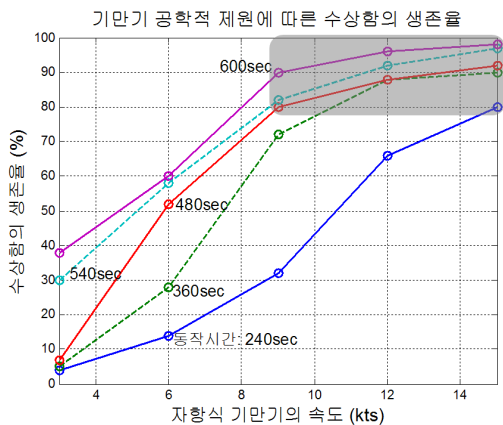


그림 8 기만기 공학적 제원 성능에 따른 수상함의 생존율

그림 8은 기만기 공학적 제원 성능에 따른 수상함의 생존율을 나타낸다. 그림 7과 마찬가지로 우측 상단 음영 처리된 사각형은 목표 효과도 80%에 대한 공학급 모델의 성능 요구사항을 나타낸다. 목표 효과도를 만족하는 공학 모델의 성능 요구사항 중 하나는 기만기 동작시간 480초, 자향식 기만기의 속도 9knts이다. 이와 같이 두 가지 실험 결과를 통해 체계 효과도를 최대화하기 위한

교전급 모델의 전술 조합과 공학급 모델의 성능 요구사항을 도출할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서 체계의 효과도 및 성능 분석을 위하여 무기체계의 성능을 도출해내는 공학급 모델과 전투수행능력을 표현하는 교전급 모델간의 연동의 필요성을 살펴보고 방법을 제안하였다. 이는 전투체계의 교리나 전술 개발 또는 무기체계의 성능 요구사항 도출시 이용될 수 있다. 수상함의 대어뢰전을 예를 들어 적의 어뢰 공격에 대한 기만기 운용 전술 및 수상함의 회피기동 전술에 따른 수상함의 생존율(체계효과도)을 측정하고 또한 주어진 생존율과 전술 시나리오를 만족시키는 기만기의 동작시간과 속도와 같은 성능지수를 도출해냈다.

6. Acknowledgement

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다.(UD080042AD)

참고문헌

[1] Lalit K. Piplani, Joseph G. Mercer and Richard O. Roop, "System Acquisition Manager's Guide for the use of Models and Simulations," *Defense Systems Management College*, 1994.

[2] "IEEE Standard for Modeling and Simulation(M&S) High Level Architecture (HLA) - Framework and Rules," *IEEE Std 1516-2000*, pp.i-22, Sep. 2000.

[3] 홍정희, 김탁근, "RTI용 만능 어댑터 플랫폼 기반 연동 페더레이션 개발 방법론," *한국군사과학기술학회 '09 종합학술대회*, pp.207-210, 2009년.

[4] 허성필, "몬테칼로 시뮬레이션을 이용한 유도어뢰 회피전술 체계의 효과도 분석," *한국경영과학회 '97 춘계공동학술대회*, pp.219-222, 1997년.

[5] 서경민, 유민욱, 권세중, 김탁근, "동특성 알고리즘 Plug-In이 가능한 DEVS 기반 수중 운동체의 시뮬레이션 환경 구축," *한국군사과학기술학회 '09 종합학술대회*, pp.189-192, 2009년.