

무장발사장치 체계성능분석을 위한 시뮬레이터 개념 모델링 사례

A Conceptual Model for the Performance Analysis Simulator of a Weapon Launching System

윤재문*

Jae Moon Yoon

Abstract

This paper describes a conceptual model for the performance analysis simulator of a weapon launching system. The system performance analysis simulator is envisioned to provide an integrated analysis environment in which the system performance and operational effectiveness can be analyzed in more rapid and efficient way. The conceptual model for the simulator describes a referent independently of specific technology and implementation, and it can be used to transform the simulator requirements into the simulator system specifications.

Keywords : Weapon Launching System(무장발사장치), System Performance Analysis(체계성능분석), Simulator(시뮬레이터), Conceptual Model(개념 모델), Modeling and Simulation

1. 서론

일반적으로 개념 모델(conceptual model)이란 현실 세계 또는 특정 시스템에 대한 추상화된 표현을 의미한다. 특히 공학활동에서의 개념 모델이란 풀고자 하는 문제를 특정 방법론에 의거 해결하기에 앞서, 다소 모호한 문제 자체를 명확하게 규정하고 표현하는 모델의 일종으로 이해될 수 있다. 혹은 어떠한 시스템에 대한 개념 모델이란 그 시스템의 용도 및 운용개념, 그리고 이를 실현하기 위한 시스템 구조 등을 특정

설계나 구현 방법에 구애 받지 않고 기술한 하나의 표현이다^[1].

개념 모델링(conceptual modeling)이란 개념 모델 수립을 위한 일련의 활동이나 행위를 의미하는데, 크게 문제영역에 대한 분석(domain analysis) 및 모델링(domain modeling)으로 구분될 수 있다. 문제영역 분석은 모델링 대상물에 대한 여러 가지 자료들을 수집 및 정리하여 모델링 대상에 대한 정보(예를 들어, 대상물의 용도 및 운용개념)를 형성하는 활동을 의미한다. 문제영역 모델링은 문제영역 분석으로 얻은 정보를 도표화하는 활동으로서, 구문론적인 상황하고 불확실한 운용개념이나 요구사항을 이해하기 쉽고 표현력 강한 도형 또는 표준 모델링 언어의 다이어그램으로 도식화하는 것을 포함한다^[2~4].

† 2009년 3월 23일 접수~2009년 7월 17일 게재승인

* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 윤재문(jmyoon@add.re.kr)

국방 M&S(Modeling and Simulation) 분야에서는 개념 모델링에 대한 많은 연구가 수행되고 실행 지침이 제시되고 있다. 하지만 이러한 지침은 주로 분산 시뮬레이션, 즉 페더레이션(federation)^[5] 개발용 개념 모델에 초점을 맞추고 있어, 공학 수준의 연구개발용 시뮬레이션에 바로 적용되기 어려운 실정이다.

국방 M&S 분야의 지침을 참조하여 조절된 공학 수준의 연구개발용 M&S 개념 모델의 개발 방안을 제시하고자, 본 논문에서는 무장발사장치 성능분석시뮬레이터의 개념 모델링 사례를 소개하고 있다. 먼저 문제영역 분석의 일환으로서, 시뮬레이터의 용도 및 운용개념을 2절에, M&S 요구사항을 3절에 명시하였다. 4절에는 시뮬레이터 운용개념 및 요구사항에 의거하여 수립된 개념 모델을 아래와 같은 순서로 기술하였다.

- 시뮬레이터 사용 사례(use case) 도식화
- 시뮬레이터 시스템 구조 도식화
- 시뮬레이터 모드별 운용절차 도식화

2. 용도 및 운용 분석

가. 무장발사장치 성능분석시뮬레이터 목적

무장발사장치는 특정 발사 메커니즘을 통해 발사체를 원하는 속도로 발사시키는 장치이다. 무장발사장치 성능분석시뮬레이터는 무장발사장치를 구성하는 부체계별 성능 및 체계종합 성능을 분석하고, 효과도를 산정할 수 있는 MS&A(Modeling, Simulation, and Analysis) 도구로서, 무장발사장치 MS&A와 관련된 여러 분석용 도구나 소프트웨어들을 하나로 통합하여 보다 신속하고 효율적인 MS&A 지원환경 및 프레임워크를 구축하는데 그 목적을 두고 있다.

나. 무장발사장치 성능분석시뮬레이터 용도

무장발사장치 성능분석시뮬레이터는 부체계별 성능 분석 및 시뮬레이션 도구들을 통합함으로써, 체계종합적 관점에서 성능분석 및 시뮬레이션을 수행할 수 있는 능력을 가진다. 또한 시험환경의 제약 및 제한된 횟수의 발사시험에 대하여 다양한 시나리오의 시뮬레이션 결과를 제공함으로써 발사시험으로 확인할 수 없는 다양한 환경과 운용조건에 대한 체계성능의 예측이 가능하도록 한다. 실제 발사시험에서는 무장발사장치 체계성능에 영향을 미치는 환경조건의 통제가 어

려운 반면에, 시뮬레이션을 통한 분석환경에서는 환경 조건에 대한 통제된 실험 및 특정 시나리오에 대한 동일한 재현이 가능하므로 여러 기술변수와 운용변수에 대한 민감도 해석(sensitivity analysis)에 활용될 수도 있다^[6].

무장발사장치 성능분석시뮬레이터의 운용 필요성 및 용도는 Table 1과 같다.

Table 1. Need and use of the simulator

운용 필요성		용도
요구관리 지원		운용개념 개발/개선 및 체계요구 관리 지원
운용개념 분석	요구분석	운용요구 및 체계요구 분석
	요구분석	운용개념 분석
위험관리/형상관리		위험·형상관리 지원을 위한 체계/부체계 성능분석 지원
체계 성능분석	체계 성능분석	환경조건 및 운용조건에 대한 발사체 발사성공률 분석
	부체계 성능분석	체계성능 보장을 위한 부체계 설 계사양 분석
시험평가 지원		시험평가 지원 및 운용성 분석
시험평가 사전/사후분석	시험평가 사전/사후분석	시험 계획 및 분석 지원
	운용성 평가	시험으로 평가할 수 없는 운용성 평가요소 분석

다. 무장발사장치 성능분석시뮬레이터 운용개념

1) 운용방안

가) 체계종합 지원을 위한 체계성능분석

- 요구관리, 위험관리, 그리고 형상관리 등의 체계종합 활동들을 지원하기 위하여 무장발사장치 성능분석시뮬레이터는 기술적인 성능분석 결과를 제공한다.
- 기술적 제약 및 한계 등에 의한 사양 변경요구가 발생할 경우, 체계성능에 대한 영향을 분석함으로써 관련 요구사항에 대한 관리 지원, 이에 따르는 개발 완수의 위험 정도를 평가하는 위험관리 지원, 그리고 형상변경이 요구될 경우에 무장발사장치 성능분석시뮬레이터는 체계성능분석 결과를 제공함으로써 형상관리 업무를 지원한다.

나) 시험평가 지원을 위한 체계성능분석

- 시험평가 지원을 위하여 무장발사장치 성능분석시뮬레이터는 시험 시나리오 및 평가 기준 등에 대한 사전분석, 그리고 시험결과에 대한 사후 분석자료를 제공한다.
- 시험평가 조건과 결과에 대해 사전에 예측하고, 시험 과정에서 획득하여야 하는 자료 식별, 그리고 획득할 수 있는 자료의 평가 충족성 등을 사전에 판단하기 위한 성능분석자료를 제공한다.
- 시험 후에는 획득자료로부터 평가자료를 도출하고, 보충자료를 생산하는데 필요한 체계성능분석 자료를 제공한다.

다) 운용성 확인 지원

- 무장발사장치 성능분석시뮬레이터는 운용성 평가 요소들에 대한 분석을 지원한다.
- 이러한 기능은 실장비 시험으로 검증할 수 없는 운용 및 환경에 대한 기술적 분석을 포함한다.

2) 제한사항

무장발사장치 성능분석시뮬레이터는 무장발사장치의 기술적 성능에 대한 분석도구이다. 따라서 비용 및 일정 등의 분석 활동들을 지원하지 않는다. 무장발사장치 성능분석시뮬레이터의 분석 관점은 체계종합적인 분석이다. 여러 부체계들의 세부기술 사항과 구성요소들의 기술적 사항들은 분석범위에서 제외한다. 이러한 항목들을 위한 별도의 분석 지원 대책이 필요한데, 무장발사장치 성능분석시뮬레이터는 모델 저장소 및 운용플랫폼의 역할을 할 수 있다.

3) 운용환경 및 인력

연구실 환경에서 무장발사장치의 운용절차에 대한 공학기술적 이해를 구비한 인력에 의해 운용된다.

4) 능력 및 기능

가) 기술적 성능분석을 위한 공학분석 모델의 범위
무장발사장치 성능분석시뮬레이터는 기술적 성능분석을 위해 아래와 같은 공학분석 모델들을 지원한다.

- 발사 메커니즘 시뮬레이션 모델
- 발사체 거동 시뮬레이션 모델

나) 무장발사장치 운용 시뮬레이션 범위

무장발사장치 성능분석시뮬레이터는 무장발사장치의

운용 시뮬레이션을 위해 아래의 항목들을 모의한다.

- 운용 환경 모의
- 발사관 통제 및 운용절차 모의
- 발사체 거동 모의

다) 그래픽 사용자 인터페이스

무장발사장치 성능분석시뮬레이터는 운용자와의 상호작용을 위해 아래와 같은 그래픽 기반의 사용자 인터페이스를 제공한다.

- 시뮬레이션 모드 선택 및 모드별 분석정보 입력
- 운용조건, 환경조건 입력
- 부체계별 기술변수 입력
- 운용통제 및 진행상황 전시
- 무장발사장치 체계 시범(system demonstration)
- 시뮬레이션 모드별 분석결과 전시 및 출력

3. M&S 요구사항

가. 개선된 무장발사장치 MS&A 지원환경 제공

무장발사장치 개발을 지원하기 위한 현재의 MS&A 지원 환경에서는, 여러 부체계 전문가들이 각 부체계별 공학활동 과정에서 공학분석 M&S를 독자적으로 수행하고 그 결과들을 설계분석에 활용하고 있다. 이러한 MS&A 지원환경에서는 아래와 같은 한계와 비효율성이 존재한다.

- 종합적인 체계성능분석을 쉽게 수행할 수 없음으로 인해서 요구관리, 위험관리 및 형상관리와 관련한 신속한 공학분석 및 대안분석이 이루어지기 어렵다.
- 각종 설계 정보 및 분석도구의 전문가 의존도가 높은 현재의 환경은 기술 축적 및 관리에 한계를 가지고 있다. 전문가를 상실할 경우 관련 기술 또한 상실되기 때문이다.

위에서 나열한 현재의 MS&A 지원환경이 가진 문제점을 개선하여 보다 효율적인 체계연구개발 인프라를 구축하고 개발된 기술을 효율적으로 보존할 수 있는 미래지향적인 MS&A 환경으로 변환하기 위한 한 가지 방안이 바로 무장발사장치 성능분석시뮬레이터의 확보이다.

무장발사장치 성능분석시뮬레이터는 개선된 MS&A 지원환경 제공을 위해 아래와 같은 사항이 요구된다.

- 무장발사장치 개발과 관련된 여러 M&S 활동들의 기술적 산출물들은 상호 밀접하게 연관되어 있고, 체계 종합적인 분석을 위해서는 상호운용 가능한 방안이 필요하다. 즉, 시뮬레이션 모델 및 도구 간의 정보 및 자료 교환을 포함하여 체계 종합적인 분석 결과를 도출할 수 있는 통합 시뮬레이션 도구가 되어야 한다.
- 무장발사장치 성능분석시뮬레이터에는 무장발사장치를 구성하는 여러 부체계별 공학분석 시뮬레이션 모델 및 도구들을 통합한 신뢰도 높은 무장발사장치 체계성능분석 모의모델(simulation model)이 탑재되어야 한다.
- 이 체계성능분석 모의모델이 탑재된 무장발사장치 성능분석시뮬레이터는 체계종합적 관점에서 기술적 성능들을 분석하는 시뮬레이션을 수행하고 분석 결과를 수집, 관리 및 전시할 수 있어야 한다.

나. 두 개의 시뮬레이션 모드 지원

1) 운용시뮬레이션모드

무장발사장치 성능분석시뮬레이터는 무장발사장치를 구성하는 여러 부체계 및 체계성능 분석을 수행하고 분석결과를 수집한 다음, 이를 효과적으로 전시 및 가시화할 수 있는 1회의 시간 영역 시뮬레이션이 가능하여야 한다. 이를 ‘운용시뮬레이션모드’라 정의하며, 이 모드에서 운용자는 아래와 같은 분석활동을 수행할 수 있어야 한다.

- 특정 운용조건 및 환경조건 하에서 부체계별 기술 변수 값들을 변경하면서 무장발사장치의 성능예측 및 분석을 수행할 수 있다.
- 발사 준비 및 명령 등의 운용절차모의가 가능하므로 체계 시범을 수행할 수 있다.
- 발사시험의 특정 시험조건에 부합하게 시나리오를 작성하여 미리 시뮬레이션을 수행함으로써, 시험평가 사전 계획 수립 및 사후 분석활동을 수행할 수 있다.

2) 효과도분석모드

무장발사장치 체계종합성능에 영향을 주는 기술변수, 운용조건 및 환경조건에 대한 반복 시뮬레이션으로서, 다수의 무작위 변수들에 대하여 모의실험(simulation based experimentation)을 수행하고 그 결과를 수집하여 통계 분석을 수행할 수 있어야 한다. 이 때 무작위성의 정도와 복잡도에 따라 몬테칼로(Monte-Carlo) 기법

을 도입하는 경우도 있다. 이를 ‘효과도분석모드’라 정의하며, 이 모드에서 운용자는 아래와 같은 분석활동을 수행할 수 있어야 한다.

- 운용성 확인을 위한 모의실험 항목에 대하여, 분석 변수에 대한 실험설계(experimental design)에 의거하여 반복 시뮬레이션에 의한 모의실험을 수행하고 통계분석 결과를 획득함으로써, 발사성공률 산정 같은 효과도 분석을 수행할 수 있다.

4. 개념 모델

가. 개념 모델의 정의 및 이점

일반적으로 시뮬레이션 개념 모델이란 어떠한 공학 문제를 시뮬레이션을 통해 해결하고자 할 때 필요한 모델로서, 모델 수립을 통해 아래와 같은 이점을 얻을 수 있다^[1].

- 해결코자 하는 문제의 공감대 형성에 있어서, 문제 영역(problem domain) 전문가와 해결영역(solution domain) 전문가 사이의 의사소통 수단을 제공하고,
- 시뮬레이션 목적과 기능에 대해 시뮬레이션 사용자와 개발자 사이의 합의점 도출 수단을 제공하며,
- 시뮬레이션 목적을 성공적으로 달성하기 위해, 시뮬레이션에 부여된 요구사항을 시뮬레이션 사양으로 변환시키는 수단을 제공한다.

본 논문에서 기술하는 시뮬레이터 개념 모델은 시뮬레이터 운용자의 요구사항을 달성할 수 있는 시뮬레이터 사양을 하드웨어/소프트웨어 구조 또는 기술과 무관하게 규정한 표현이다. 시뮬레이터 개념 모델의 수립은 운용자와 개발자가 서로 다를 경우에 특히 중요하다. 시뮬레이터 개념 모델은 전문 영역이 다른 운용자와 개발자 사이에 존재할 수 있는 대상 시뮬레이터에 대한 요구사항 물이해와 개발 시행착오를 최소화할 수 있는 수단이다. 운용자 입장에서는 다소 모호한 시뮬레이터 운용 요구사항을 명시적인 시뮬레이터 문맥(context)으로 구체화할 수 있다. 개발자 입장에서는 운용자가 요구하는 시뮬레이터의 용도와 기능에 대해 정확하게 이해할 수 있고, 이를 바탕으로 합리적인 시뮬레이터 사양을 도출하여 설계 및 구현 단계로 진행할 수 있다.

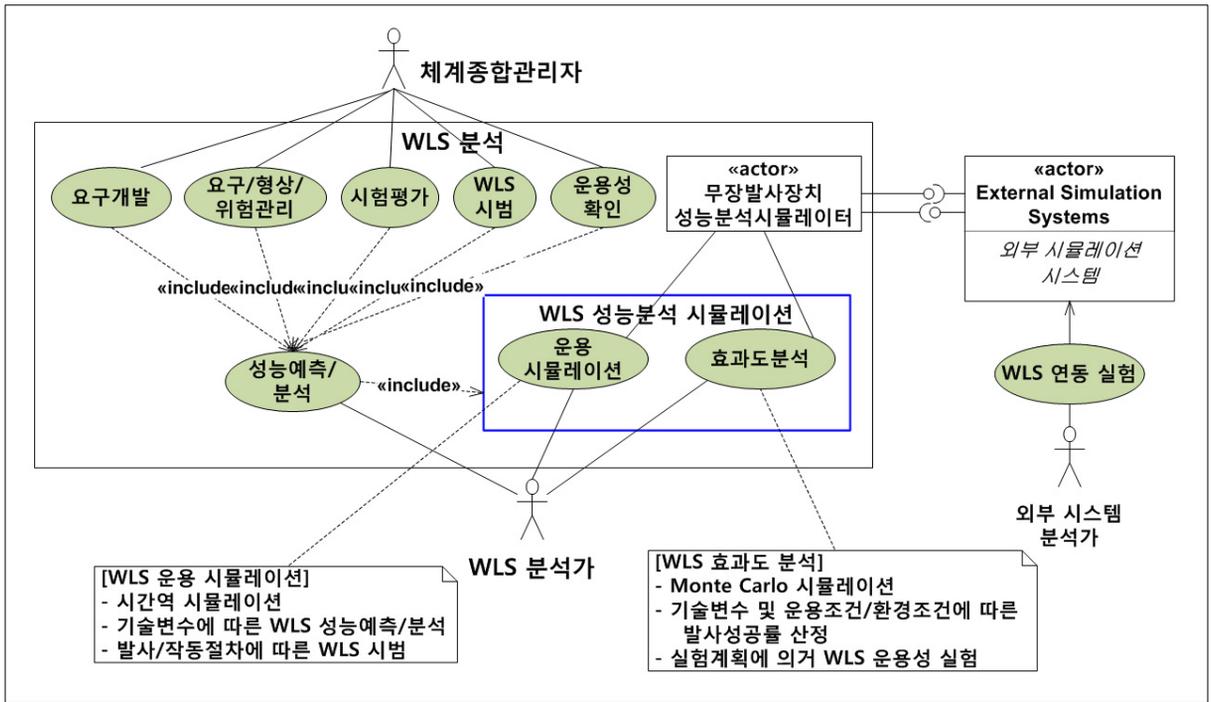


Fig. 1. Use case of the simulator

나. 사용 사례

Fig. 1은 무장발사장치 성능분석시뮬레이터의 사용 사례를 표준 모델링 언어인 UML(Unified Modeling Language)의 유스케이스 다이어그램(use case diagram)으로 기술한 것이다. 이 때 Fig. 1에서 WLS는 무장발사장치(weapon launching system)의 약어이며, 시뮬레이터의 주요 M&S 요구사항인 ‘운용시뮬레이션모드’와 ‘효과도분석모드’ 지원을 확인할 수 있다.

다. 시스템 구조

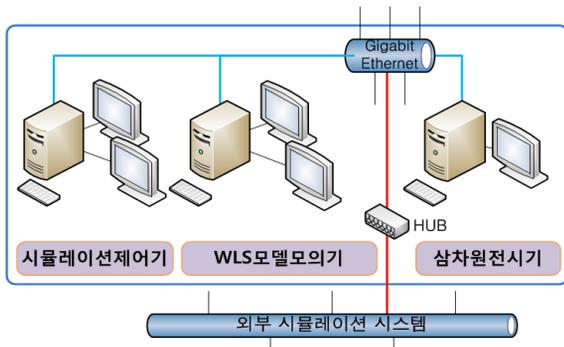


Fig. 2. System architecture of the simulator

무장발사장치 성능분석시뮬레이터의 시스템 구조는 Fig. 2와 같다. 개념 모델링 단계에서는 아래와 같은 세 개의 부체계로 시뮬레이터 시스템을 구성하였다.

- 시뮬레이션제어기(Simulation Controller)
- WLS모델모의기(WLS Models Simulator)
- 삼차원전시기(3D Visualizer)

무장발사장치 성능분석시뮬레이터의 부체계별 주요 기능은 Table 2와 같다.

Table 2. Main functions of each subsystem

부체계	주요 기능
시뮬레이션제어기	- 모드 선택 및 시나리오 입력 - 시뮬레이션 제어 - 발사 운용절차 모의
WLS모델모의기	- 시뮬레이션 수행 - 시뮬레이션 결과 수집/전시
삼차원전시기	- 분석결과의 삼차원 가시화

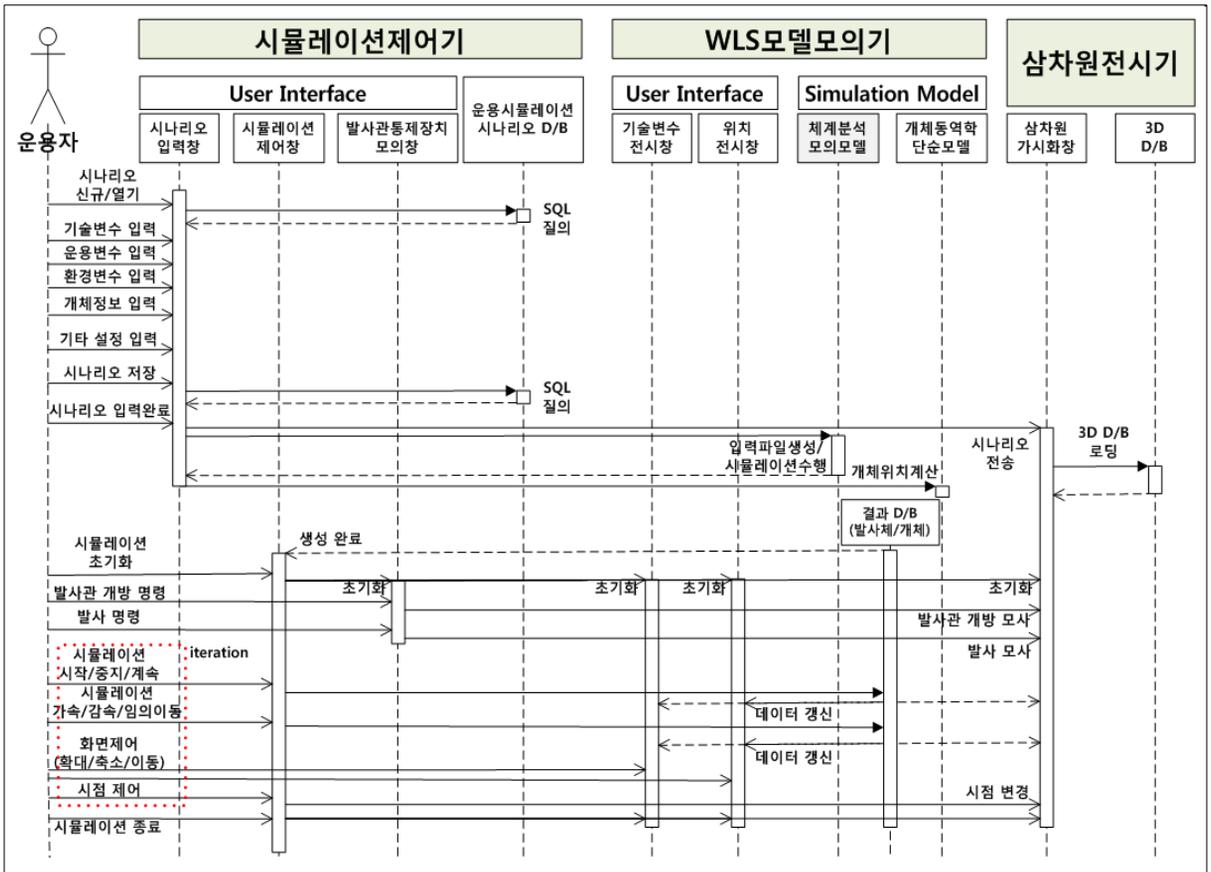


Fig. 3. Operational sequence in an operational simulation mode

라. 각 모드별 운용절차

무장발사장치 성능분석시뮬레이터의 두 가지 모드에 대한 운용절차는 Fig. 3과 4와 같다.

각 모드의 운용절차는 UML의 시퀀스 다이어그램(sequence diagram)을 활용해 기술할 수 있다.

마. 시뮬레이션 분석 변수

무장발사장치 체계성능 및 효과도에 영향을 주는 분석변수는 Table 3과 같이 정리할 수 있다.

Table 3. Simulation analysis parameters

분류	항목
기술변수	부체계별 성능지수
운용조건(변수)	발사 초기 속도
환경조건(변수)	해상상태(sea state)

5. 구현 전략

가. MVC 패턴 준수

무장발사장치 성능분석시뮬레이터의 각 부체계를 구성하는 소프트웨어들은 소프트웨어 공학(software engineering)에서 회자되는 디자인 패턴 중 하나인 MVC (Model-View-Controller) 패턴을 준수하여 개발되어야 한다. 이는 무장발사장치 체계성능분석 모의모델과 시뮬레이터 소프트웨어를 구성하는 나머지 모듈들 사이의 결합성을 느슨하게 함으로써, 추후 체계성능분석 모의모델의 개선 및 교체를 용이하게 해준다. 또한 뷰(view)에 해당하는 여러 전시창 및 가시화창의 기능을 개선하거나 확장할 시에 요구되는 개발 노력을 최소화시켜주는 장점이 있다. 개념 모델링 단계에서 무장발사장치 성능분석시뮬레이터의 소프트웨어 구성은 Fig. 5와 같다.

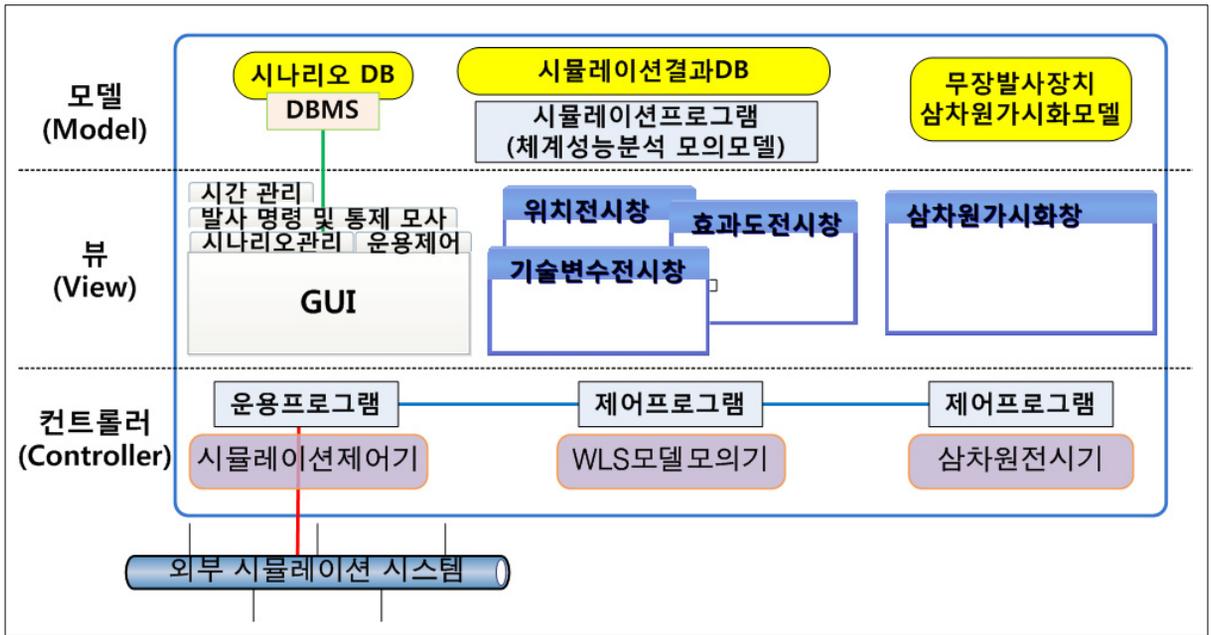


Fig. 5. Software architecture of the simulator

Reference

[1] Dale K. Pace, "Ideas About Simulation Conceptual Model Development", Johns Hopkins APL Technical Digest, Vol. 21, No. 3, 2000.

[2] Walling R. Cyre, "Conceptual Modeling and Simulation", International Conference on Computer Design (ICCD), 1999.

[3] Hederic Alex Proper, "A Theory for Conceptual Modelling of Evolving Application Domains", Ph. D. Dissertation, Univ. of Nijmegen, 1994.

[4] Javier Andrade et al., "A Methodological Framework for Viewpoint-Oriented Conceptual Modeling", IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 30, No. 5, May 2004.

[5] IEEE Standards 1516.3 - IEEE Recommended Practice for High Level Architecture(HLA) Federation Development and Execution Process(FEDEP), IEEE Computer Society, 2003.

[6] Jong Ho Lee, The Theory and Practice for Modeling and Simulation as a Transformation Enabler for Efficient Defense Management, KRIMA, 2008.