

M&S 컴포넌트의 신속 개발과 재사용을 위한 프레임워크 및 도구 개발

이용현¹ · 조규태^{1†} · 이승영¹ · 황근철² · 김세환¹

Framework and Tools for Rapid M&S Component Development and Reusability

Yong Heon Lee · Kyu Tae Cho · Seung Young Lee · Keun Chul Hwang · Sae Hwan Kim

ABSTRACT

Modeling and simulation technology is being used in various fields. Especially in the field of military, Simulation-Based Acquisition (SBA) is recognized as a essential policy. To effectively carry out SBA, modeling and simulation techniques should be applied in the whole life-cycle for the weapon system development, and the framework and tools which can help the rapid component development and reusability are needed. In this research, we use the simulation framework based on modeling formalism for enhancement of reusability and a GUI-based modeling environment for rapid M&S component development. The Proposed framework can act as plug-in components on the basis of XML-based object model, so that the flexible design is possible for the change of the model and simulation structure. In addition, our methods are effective to implement the functions for supporting simulation such as the model data logging and communication with external systems. In this paper, we describe an architecture and functions for the framework and tools.

Key words : DEVS, Simulation framework, Integrated development environment, rapid development

요 약

국방 M&S 분야에서 모의 기반 획득 방법이 필수적인 정책으로 인식되면서 획득 단계별 M&S 적용을 위한 협업이 필요해 지고 M&S 컴포넌트를 쉽게 개발하고 공유하기 위한 공통 기반환경의 구축이 필요하게 되었다. 이를 위하여 본 연구에서는 모델 개발 재사용성 향상을 위한 형식론 기반의 시물레이션 프레임워크와 신속 개발을 위한 GUI 기반 모델링 환경을 제안한다. 제안하는 프레임워크는 플러그인 기반으로 동작하며 XML 기반 객체 모델을 바탕으로 하고 있기 때문에 모델의 개발과 변경에 대해 유연한 설계를 할 수 있으며 외부체계 연동, 모델 데이터 로깅과 같은 시물레이션 지원 기능을 구현하는데 효과적이다. 본 논문에서는 이러한 프레임워크 및 모델링 개발 도구의 구조와 기능 요소들에 대해 설명한다.

주요어 : DEVS, 시물레이션 프레임워크, 통합개발환경, 신속 개발

1. 서 론

최근 모델링 및 시물레이션(M&S) 기술이 다양한 분야에서 활용되고 있으며, 특히 국방 분야에서는 모의기반획

득(SBA; Simulation Based Acquisition) 이 필수적인 정책으로 인식되고 있다^[1]. 모의기반획득은 무기체계 소요 분석 및 결정에서 분석/설계, 제작, 시험/평가, 훈련/운용/군수지원에 이르는 전 과정 상에서 M&S를 활용함으로써 무기체계 획득의 시간, 자원, 위험을 실질적으로 감소시킬 수 있다. 이를 위해서 획득 단계 별 M&S적용을 위한 협업이 필요하며 M&S 컴포넌트를 공유하고 실행하기 위한 공통 기반환경의 구축이 필요하다^[2, 3]. M&S 소프트웨어 개발을 위한 공통 개발환경인 시물레이션 프레임워크를 통하여 M&S 컴포넌트의 공통 기반 환경구축이 가능하고 각 컴포넌트의 단계별 재사용이 가능하게 된다. 현재 시

접수일(2013년 10월 22일), 심사일(2013년 10월 30일),
게재 확정일(2013년 11월 12일)

¹⁾ LIG넥스원 S/W 연구센터

²⁾ 국방과학연구소 제6기술연구본부

주 저 자 : 이용현

교신저자 : 조규태

E-mail; kyutae.cho@lignex1.com

물레이션 프레임워크가 활발하게 연구되고 있으며 실제 무기체계 개발에 다양하게 적용되고 있다^{2, 3, 4)}.

본 연구에서 개발하는 시뮬레이션 프레임워크 및 지원 도구는 무기체계 개발의 각 단계에서 사용하기 위한 모델과 시뮬레이터를 보다 빠르고 효과적으로 개발하기 위해 다음과 같은 특징을 제공한다.

- 형식론 기반 모델링 틀 및 시뮬레이션 엔진 지원
- 플러그인 기반 시뮬레이션 환경 구축 기능 제공
- GUI 기반 모델링 및 시뮬레이션 환경 제공

첨단 무기체계 개발은 방대한 양의 무기체계 모델 및 시뮬레이터 개발이 필요하기 때문에 다수의 개발자 간 협업이 필수적이다. 이때 무기체계 모델 개발을 위한 규격이 정의되어 있지 않다면 무기체계 모델 재사용이 불가능하다. 따라서 형식론 기반의 모델링 틀과 이를 실행하기 위한 시뮬레이션 엔진이 필요하다. 제안하는 프레임워크에서는 DEVS (Discrete Event Systems Specification) 기반의 형식론⁵⁾을 위한 모델링 틀과 시뮬레이션 엔진을 제공한다. 또한 연속시간 및 하이브리드 모델링 형식론을 제공하여 다양한 수준의 모델 개발을 지원한다.

무기체계 개발 전 순기에 사용하기 위한 모델 및 시뮬레이터 개발을 원활하게 수행하기 위해서는 다양한 형태의 모델 및 시뮬레이터를 구성할 수 있는 시뮬레이션 프레임워크가 필요하다. 내부 모델로만 구성된 일체형 시뮬레이터부터 모델과 실무기 체계 연동을 통한 체계 검증용 시뮬레이터까지 다양한 형태의 시뮬레이션 환경 구축이 가능하여야 한다. 제안하는 프레임워크에서는 유연한 시뮬레이션 환경 구축을 위해 플러그인 기반 프레임워크를 적용한다. 이를 통해 시뮬레이터 개발자는 프로그램 수정 및 빌드 없이 원하는 형태의 시뮬레이션 환경을 쉽고 빠르게 구축할 수 있다.

무기체계 모델링 및 시뮬레이터 개발을 위해서는 다양한 분야의 지식을 가진 전문가가 서로 협업하는 과정이 필수적이다⁶⁾. 무기체계의 전문지식을 가진 무기체계 전문가가 S/W 전문가 및 M&S 전문가에게 무기체계에 대한 지식을 전달하고 확인하는 과정이 필요하게 된다. 제안하는 프레임워크는 모델 개발을 위한 협업을 효율적이고 신속하게 진행하기 위한 GUI 기반의 모델링 및 시뮬레이션 환경을 제공한다. GUI 기반 모델링 도구를 통해 모델 개발자는 블록 다이어그램 및 상태천이도 형태로 모델링을 수행하고 자동으로 모델 코드를 생성할 수 있다. 또한 분산 시뮬레이션에 대한 전문지식 없이도 TCP/IP

통신 및 HLA/RTI 연동을 수행할 수 있다.

본 연구에서는 위의 세가지 특징을 유기적으로 연결하여 모델 개발의 신속성 및 컴포넌트 재사용성을 높일 수 있는 시뮬레이션 프레임워크 및 도구를 제안한다. 제안하는 시뮬레이션 프레임워크와 도구를 기반으로 M&S 기반의 전투실험을 지원하는 전투실험 공학분석 체계를 개발하였다. 따라서 제안하는 시뮬레이션 프레임워크 및 도구를 전투실험 공학분석 체계 프레임워크로 명명한다.

본 논문은 전투실험 공학분석 체계 프레임워크의 특징에 대해 상세히 기술한다. 2장에서 시뮬레이션 프레임워크 관련 연구에 대해 소개하며 3장에서는 제안하는 프레임워크의 각 특징에 대한 구체적인 설계 및 구현 방안을 설명한다. 4장에서 프레임워크 개발 결과 및 적용 사례를 소개하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

시뮬레이션 프레임워크를 통한 공통 기반환경은 M&S 컴포넌트의 재사용을 통해 각 개발 단계별 협업을 증진시키고 중복개발 및 개발오류를 감소시키는 장점을 가지고 있다. 이러한 시뮬레이션 프레임워크를 개발하기 위해 국내 및 국외에서 많은 노력을 기울여왔다.

미군은 Joint Program Office에서 Joint Modeling and Simulation System (JMASS)를 개발하였다⁷⁾. JMASS는 각종 모델, 모델 인터페이스 및 시뮬레이션 엔진 등을 포함하고 있으며 코드 수준의 컴포넌트 재사용을 지원한다⁸⁾.

PlugIn-Based Architecture(PBA)는 컴포넌트 간 상호 독립적인 인터페이스 및 상호 작용을 통해 컴포넌트의 추가 및 조합이 용이하고 재사용성이 높은 구조를 위해 제안되었다³⁾. PBA를 통해 시나리오에 따라 컴포넌트를 plug-and-play 방식으로 재구성할 수 있으며 시뮬레이션 실행 시에도 구성품의 생성/삭제가 가능하다. PBA는 JMASS에 비해 컴포넌트의 유연한 재사용을 지원할 수 있지만 하이브리드 시뮬레이션을 지원하지 못하고 모델 개발을 위한 통합 GUI 환경이 부족한 제약이 존재한다.

다양한 수준의 모델 개발을 지원하기 위한 이산사건 및 이산 시간 기반 형식론을 지원하는 하이브리드 시뮬레이션 엔진을 갖춘 프레임워크도 제안되었다⁹⁾. 시뮬레이션에 참가하는 잠수함, 수상함, 어뢰 등의 시뮬레이션 모델을 모두 동일한 이산사건 및 이산 시간 혼합형 구조로 정의함으로써 보다 원활하게 시뮬레이션을 구성할 수 있도록 하였다. 또한 재사용성과 확장성을 위해 Generic Model Template을 제공하지만 상속을 통해 구현하여야 함으로써

시뮬레이션 구성의 유연성과 편의성이 제한적일 수 있다.

연구 목적의 시뮬레이션 프레임워크 뿐만 아니라 사용자의 편의성까지 고려한 상용 시뮬레이션 소프트웨어도 개발되었다.

러시아 XJ Technologies에서 개발한 AnyLogic의 경우 UML에 기반한 모델링 도구를 제공하고 통합된 GUI 기반 시뮬레이션 환경을 제공하며 이산사건 및 연속시간 기반의 모델 개발을 지원한다^[10]. 하지만 외부 연동이 HLA로 제한되어 실제 무기체계 개발 시 HLA/RTI를 사용하지 않는 실체계 검증 시뮬레이터에 적용하기 위한 외부체계 연동 기능이 부족하고, 정형화된 형식론 기반 모델 개발을 지원하지 않아 기존 DEVS 기반 모델(Legacy Model)을 재사용하는데 어려움이 존재한다.

3. 전투실험 공학분석 체계 프레임워크 구성

전투실험 공학분석 체계 프레임워크는 Fig. 1과 같이 모델링 틀 및 시뮬레이션 엔진, 플러그인 프레임워크, 통합개발환경(IDE)으로 구성된다. 공학분석 체계 사용자가 통합개발환경을 통해 모델 다이어그램을 작성하면 프레임워크에서 제공되는 모델링 틀에 맞는 모델 소스 코드가 생성되고 이를 실행하기 위한 시뮬레이션 엔진과 묶여서 시뮬레이션을 담당하는 플러그인이 생성된다. 또한 플러그인 프레임워크에 맞게 생성된 다른 플러그인과 컴파일 없이 조합형으로 연동할 수 있어서 시스템 외부체계 및 모니터링 도구 등과의 연동을 유연하게 수행할 수 있다.

3.1 모델링 틀 및 시뮬레이션 엔진

전투실험 공학분석 체계 프레임워크는 DEVS 기반 이

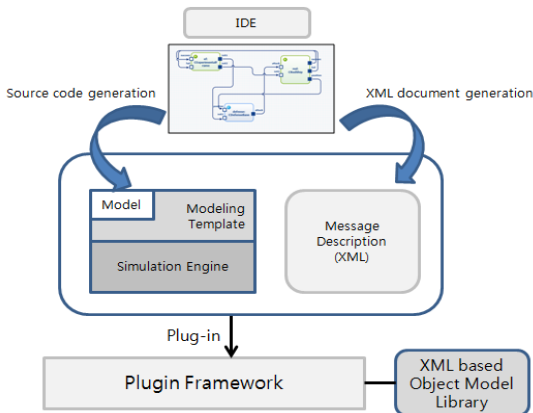


Fig. 1. Simulation framework overview

산사건 모델과 미분방정식 기반 연속시간 모델의 하이브리드 시뮬레이션 엔진을 제공한다.

Fig. 2처럼 이산사건모델과 연속시간 모델을 따로 구성하는 HDEVS^[11] 방식으로 엔진을 구성함으로써 기존 DEVS 형식론 기반의 모델과 미분방정식 기반의 연속시간 모델을 쉽게 이식할 수 있도록 하였다. 다만 기존의 HDEVS 형식론의 변환함수(CF)가 수행하는 상태 이벤트 검출 기능을 연속시간 모델의 연속구간 변수와 사건변환 함수를 정의하여 수행함으로써 보다 단순화된 구조를 사용하였다.

시뮬레이션 엔진은 모델별 해석 및 실행, 시간 진행 관리 및 데이터 전달의 3가지의 역할을 수행한다^[12]. 모델별 해석 및 실행은 하이브리드 모델링 형식에 맞는 모델 해석기를 제공하는 기능이다. 모델 개발자가 이산사건 모델 또는 연속시간 모델을 정의하면 각각의 모델 형식론에 맞는 시간 진행 방법을 사용할 수 있도록 한다. 시뮬레이션 엔진에서의 시간 진행 관리는 모델의 실행 순서와 시간을 결정하는 것으로 이산사건 모델의 시간진행함수 호출, 연속시간을 위한 적분함수 호출 및 하이브리드 시뮬레이션 진행을 위한 Pre-Simulation^[11]을 수행한다. 사용자가 정의한 모델, 포트 및 연결관계에 따라 모델 간 데이터 전달을 수행한다.

모델 개발자는 통합 GUI환경의 블록다이어그램 및 상태전이 다이어그램으로 제공되는 모델링 틀을 활용하여 이산사건 블록과 연속시간 블록을 추가하고 모델 형식론에 따라 제공되는 모델링 틀에 변수 및 함수 내용을 추가하면 된다. 이후 코드생성 기능을 통해 기본 모델링 틀과 사용자 정의 코드가 통합된 모델 코드가 생성이 된다. 생성된 코드를 빌드 하면 하이브리드 시뮬레이션 엔진 상에서 동작하고 플러그인 프레임워크의 다른 플러그인들과

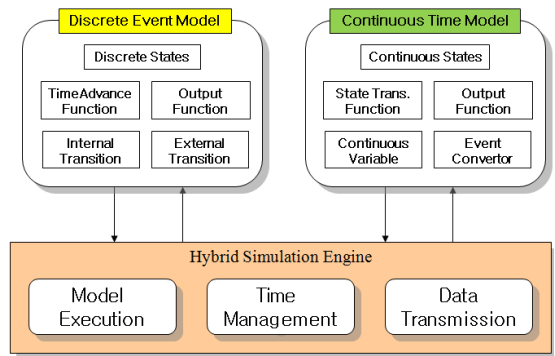


Fig. 2. Modeling Framework & Hybrid Simulation Engine

연동이 가능한 모델 플러그인이 생성된다.

3.2 플러그인 프레임워크

전투실험 공학분석 체계 프레임워크는 플러그인 프레임워크^[15]를 기반으로 하고 있다. 플러그인 프레임워크는 Publish-Subscribe 방식의 메시지 지향 미들웨어로서, 독립적으로 구성된 플러그인 컴포넌트를 실행시간에 플러그인&플러그아웃할 수 있는 구조를 취하고 있다. 이러한 구조를 통해 기능 모듈의 재사용성, 확장성을 높이고 시뮬레이션 구성을 유연하고 신속하게 할 수 있다.

공학분석 체계에서 플러그인 프레임워크는 플러그인을 위한 기반 구조와 실제 플러그인 되는 컴포넌트들로 구성된다. 현재 사용되는 플러그인 컴포넌트는 통합개발환경 연동 플러그인, 모델과 엔진 플러그인, 외부체계 연동 플러그인 및 DB 연동 플러그인이며 전체 관계는 Fig. 3과 같다. 이러한 플러그인 컴포넌트들은 실행시간에 플러그인되어 XML 기반 객체 모델로 정의된 시뮬레이션 메시지를 주고 받는다.

XML 기반 객체 모델^[14]은 플러그인되는 기능 컴포넌트간에 주고받는 메시지를 명세하기 위한 규칙을 XML 스키마 형태로 정의하고 명세 해석, 메시지 관리, 메시지 변환(인코딩/디코딩)을 위한 기능 라이브러리를 제공한다. XML 기반 객체 모델을 통해 메시지 명세를 XML 문서에 정의함으로써 소스 코드의 수정 없이 XML 문서의 변경/교체만으로 메시지 처리 기능을 변경할 수 있다. 전투실험 공학분석 체계에서 개발되는 모델은 속성, 상태 및 입출력 포트를 가지고 있는데 이들이 가지고 있는 정보는 통합개발환경(GUI)에서 제공하는 다양한 기능(속성 실시간 모니터링 등)을 위하여 통합개발환경으로 송신되어

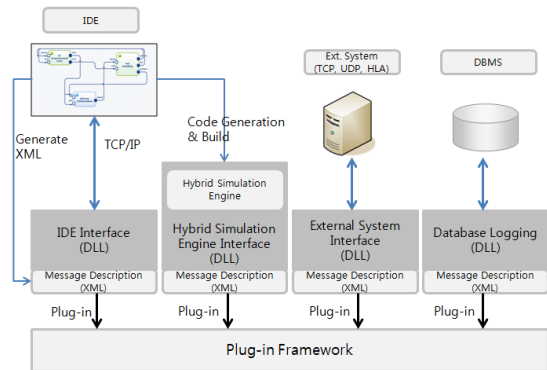


Fig. 3. Integrated development environment and simulation framework overview

야할 필요가 있다. 또한 모델에서 생성되는 데이터에 따라 외부체계 및 DB에 저장되어야 하는 정보도 계속 바뀔 수 있다. 따라서 모델 데이터를 외부로 전송하고 DB에 저장하는 코드를 자동으로 생성하기는 어렵고 또한 모델 정보가 소스코드 생성 로직에 종속되기 때문에 기능 추가도 어렵게 된다. XML 기반 객체 모델을 사용하면 모델의 정보가 소스코드에 종속되지 않기 때문에 모델의 변경에 유연한 프레임워크를 설계할 수 있다.

3.3 GUI 기반 모델링 및 시뮬레이션 환경 구축

통합개발환경(Integrated Development Environment; IDE)은 코딩, 디버깅, 컴파일, 배포 등 소프트웨어 개발에 관련된 일련의 모든 작업들을 하나의 프로그램 안에서 수행할 수 있는 환경을 제공하는 소프트웨어이다. 이러한 통합개발환경은 사용자 친화적인 GUI(Graphical User Interface)를 기반으로 개발자가 목적하는 결과물을 직관적으로 개발할 수 있는 다양한 기능을 제공한다. 전투실험 공학분석 체계 통합개발환경(Fig. 4 참조)은 신속한 모델 개발을 위해 모델링, 디버깅, 컴파일 등의 편의성을 제공한다.

3.3.1 모델 소스코드 생성

통합개발환경의 상태천이 및 블록 다이어그램을 통해 사용자는 원하는 형식론의 블록을 선택하고 상태 천이 및 모델간 연결 관계를 GUI상에서 설정하면 된다. 이후 형식론에 따라 UI로 제공되는 모델링 틀에 사용자의 코드를 입력하면 코드생성 준비가 끝난다.

이후 Fig. 5와 Fig. 6과 같이 자동 소스코드 생성 기능

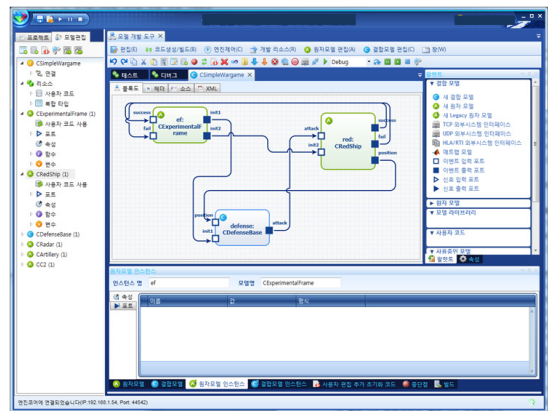


Fig. 4. A screenshot of integrated development environment of simulation framework

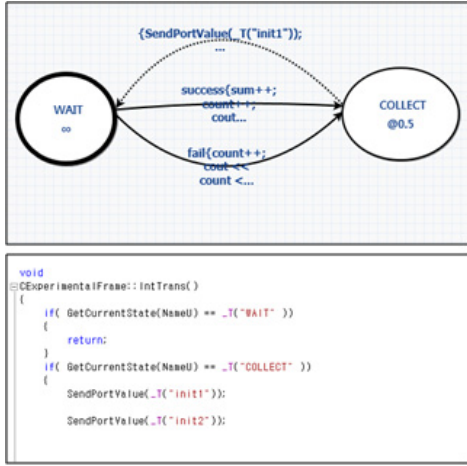


Fig. 5. Generated source code for the statechart diagram

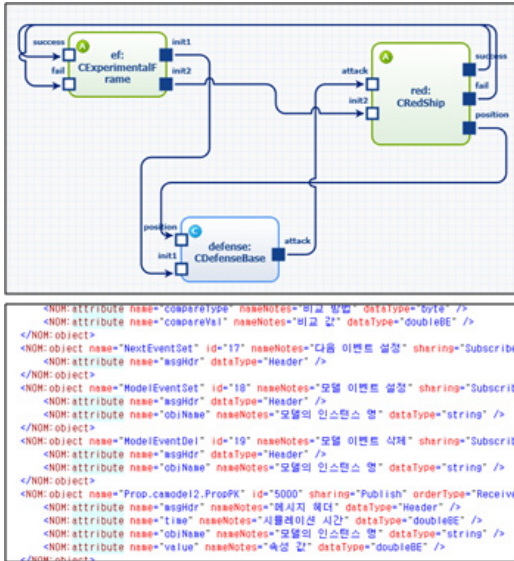


Fig. 6. Generated XML document for the model

을 통하여 사용자가 생성한 다이어그램에 맞는 모델 소스 코드와 메시지 명세 XML 파일이 생성된다. 이렇게 생성된 모델 소스 코드는 모델을 해석하기 위한 시뮬레이션 엔진과 모델을 플러그인 하기위한 플러그인 프레임워크 연동 인터페이스 모듈과 함께 빌드되어 플러그인 될 수 있는 형태로 변환된다.

모델과 프레임워크 연동 인터페이스는 GoF의 Observer Pattern^[15]에 따르는 Subject-Observer 관계를 가지고 있다. 따라서 Subject에 해당하는 모델의 속성, 상태, 포트 정보의 변경을 Observer에 해당하는 프레임워크 연동 인

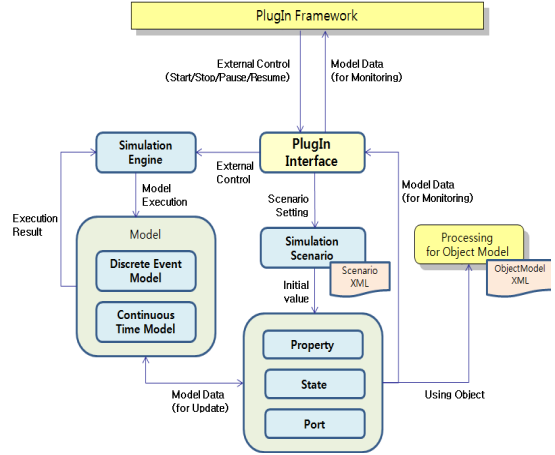


Fig. 7. Relation between Model and Framework Interface

터페이스에서 감시를 할 수 있는 구조이다. 프레임워크 연동 인터페이스는 모델에서 발생하는 시뮬레이션 정보들을 수신하여 플러그인 프레임워크를 통해 통합개발환경 연동 모듈로 전송하는 역할을 수행하게 된다. 이러한 모델과 프레임워크 연동 인터페이스의 관계는 Fig. 7과 같이 나타낼 수 있다.

3.3.2 모델의 모니터링 및 디버깅

모델의 속성과 포트 메시지는 메시지 명세 XML 파일에 정의되며 이는 실행시간에 해석되어 객체모델의 인스턴스 형태로 변환이 된다. 각 속성 및 포트 정보는 observer pattern에 의해 다른 플러그인과 통합개발환경으로 통지(notify)된다. 통합개발환경은 모델의 속성과 포트 정보의 변경을 통지 받은 이후 두 가지의 작업을 수행한다.

- 1) 모델의 정보 갱신 및 도식화
- 2) 디버깅 정보 검사

1)의 작업은 시뮬레이션 수행 중에 모델로부터 수신한 속성 및 포트의 정보를 Text probe 및 Graph probe 기능을 통하여 사용자에게 실시간으로 보여주는 기능이다.

2)의 작업은 속성과 포트의 값을 검사하여 통합개발환경에서 설정한 디버깅 정보와 일치하는지 판단하고 일치하는 경우 시뮬레이션을 일시 중지하는 기능이다. 모델 개발자는 개발된 모델을 사용하여 시뮬레이션을 진행하면서 디버깅 정보를 설정하여 개발자가 의도한대로 모델이 구현되었는지를 확인할 수 있다. 개발자는 통합개발환경

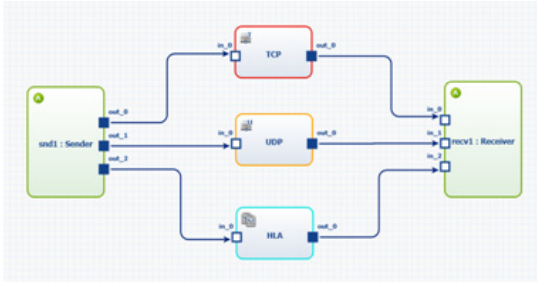


Fig. 8. Block diagram of external system interface

경에서 제공하는 GUI를 사용하여 모델의 속성/상태/포트 정보에 특정 조건의 중단점(breakpoint)을 설정할 수 있으며 모델의 정보가 현재 중단점 조건에 일치하는 경우 시뮬레이션을 일시 중지시키고 한 스텝 또는 다음 이벤트로 시뮬레이션 시간을 진행시키면서 모델의 정보를 확인할 수 있다.

3.3.3 외부체계 연동

XML 파일에 기술된 모델의 속성, 포트 정보는 XML 기반 객체모델 라이브러리에 의해 실행시간에 객체 인스턴스 형태로 변환된다. 이 인스턴스는 바이트 배열 형태로 변환(인코딩) 및 역변환(디코딩)이 가능하다. 따라서 모델의 정보를 바이트 배열 형태로 변환하여 TCP/IP 등의 프로토콜로 외부 체계에 전송할 수 있고 반대로 외부 체계로부터 수신한 정보를 객체모델 인스턴스 형태로 역변환하여 모델로 전달할 수 있다.

Fig. 8처럼 통합개발환경의 블록다이어그램에서는 외부체계 연동을 위하여 TCP 연동 블록, UDP 연동 블록, HLA 연동 블록을 제공한다. 각 블록은 해당 프로토콜로 연동하는 외부체계와의 연동 정보(Interface Control Document; ICD)를 정의하고 모델의 포트 연결과 동일한 방식으로 연동 블록의 포트와 연결함으로써 데이터 송수신 관계를 직관적으로 표현한다.

TCP와 UDP 블록(Fig. 9 참조)에서는 연동 메시지 해석을 위한 헤더 정보(e.g. 헤더 크기, opcode 바이트 크기, msg length 바이트 크기, opcode 바이트 위치 등)를 기술하며 HLA 블록(Fig. 10 참조)에서는 HLA 연동을 위한 Federataion, Federate 정보 및 FOM/SOM 정보를 기술한다. 이 블록에서는 HLA IEEE 1516.2-2000(HLA Object Model Template; OMT)^[6]에 의거해 FOM XML 파일을 해석하고 FOM에 정의된 object/interaction 정보를 통합개발환경에서 개발하는 모델의 포트와 연관 관계



Fig. 9. Configuring GUI for TCP interface block

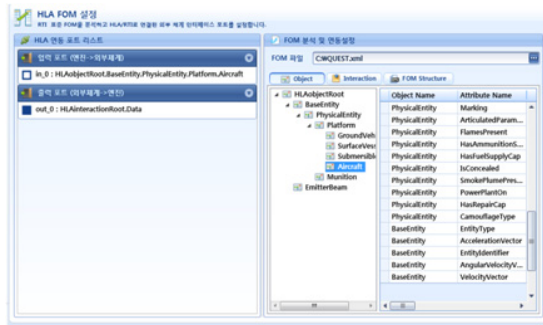


Fig. 10. Configuring GUI for HLA interface block

를 정의할 수 있는 기능을 제공하고 있다. FOM의 object/interaction과 모델의 포트에 대한 연관 관계 및 모델 정보의 인코딩/디코딩 기능을 이용하여 HLA 외부체계 연동을 용이하게 할 수 있다. 마찬가지로 포트의 정보와 ICD의 정보를 일치시킴으로써 TCP 및 UDP 외부체계와의 연동이 가능해진다. HLA 체계와의 연동을 위하여 XML 기반 객체모델 라이브러리는 IEEE 1516.2-2000에서 규정한 메시지의 인코딩 규칙을 준수하고 있다.

이러한 외부체계 연동 기능은 XML 기반 객체 모델에서 제공하는 자료 구조 및 인코딩/디코딩 기능을 사용하고 있기 때문에 다양한 형태의 체계 연동 정보에 효과적으로 대응할 수 있다. 이러한 외부체계 연동 기능을 사용하여 전투실험 공학분석 체계에서는 체계 상호 운용성을 높일 수 있는 환경을 신속하게 제공할 수 있게 된다.

4. 전투실험 공학분석 체계 프레임워크 적용 예시 및 화면

통합개발환경을 통해 GUI 기반 모델링을 수행하였다.

4.1장에서 이산사건 모델과 연속시간 모델의 모델링 및 결과 화면을 제시 한다. 또한 사용자가 모델 개발 시 오류를 빠르게 확인하고 수정할 수 있는 실시간 모니터링 및 디버깅 예제를 기술한다. 4.2장에서는 모델 및 외부연동 블록을 통해 유연하게 시뮬레이션을 구성함으로써 시뮬레이션 구성을 빠르게 변경하는 예제를 제시한다.

4.1 모델 실행 및 결과 화면

전투실험 공학분석 체계 프레임워크를 이용하여 적함에 대한 아함의 포격 모델링과 사거리에 따른 적합 격침 성공률을 계산하는 이산사건 모델링(Fig. 11 참조)을 수행하고 테스트하였다.

적함 원자모델과 아함 결합 모델을 구현하고 연결관계를 설정하였으며 반복수행을 위한 실험 틀 생성모델을 구현하였다. 반복수행에 따른 결과는 Fig. 12처럼 그래프로 가시화 된다.

통합개발환경의 포트 및 속성 Probe 기능을 통해 시뮬

레이션 수행 중 모델 블록 간에 포트로 주고 받는 값과 모델 속성 값을 그래프 및 텍스트 형태로 모니터링 할 수 있다. Fig. 13은 적합의 위치 값 속성에 대한 Line Chart 형태의 그래프와 포트 출력 데이터에 대한 텍스트 Probe 화면을 나타내고 있다.

전투실험 공학분석 체계 통합개발환경에서는 모델 개발 지원을 위해 모니터링과 함께 디버깅 기능을 제공한다. 디버깅 기능을 통해 속성,상태,포트에 대한 중단점 조건을 설정할 수 있고 중단된 시뮬레이션에 대해 한 스텝 또는 다음 사건까지 시뮬레이션을 진행 시킬 수 있다.

Fig. 14는 포트 및 속성에 대한 중단점을 설정하는 화면이다. 조건식 비교 타입과 비교 값을 설정하는 GUI를 제공한다. Fig. 15에서는 실제 설정된 포트 중단점에 대해 왼쪽 모델 인스턴스 트리의 속성 및 모델에 브레이크 포인트(빨간 점)로 표시되는 화면을 보여준다. 또한 시뮬레이션 수행 화면에서 시뮬레이션이 중단되고 다음 사건까지 진행된다는 메시지를 통해 재개 되는 화면을 보여준다.

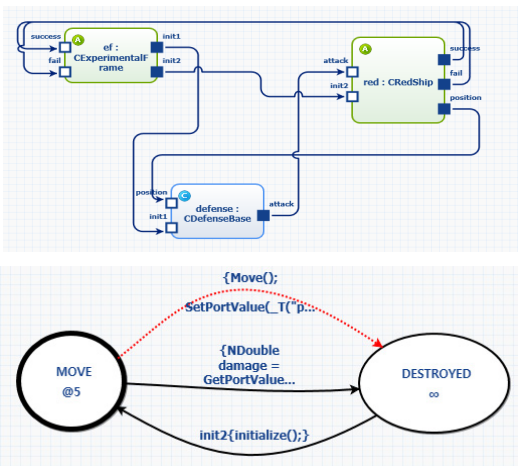


Fig. 11. Block Diagram & Redship State Transition Diagram: Simple Wargame

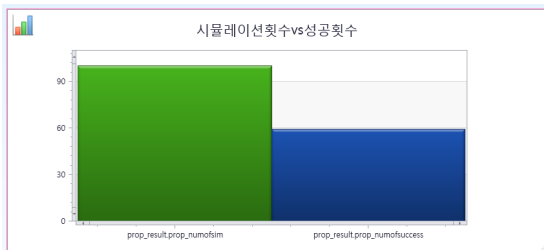


Fig. 12. Result of Simplewargame Model Execution

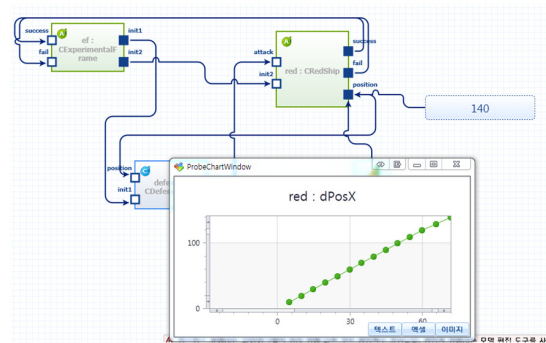


Fig. 13. Text & graph probe of port data

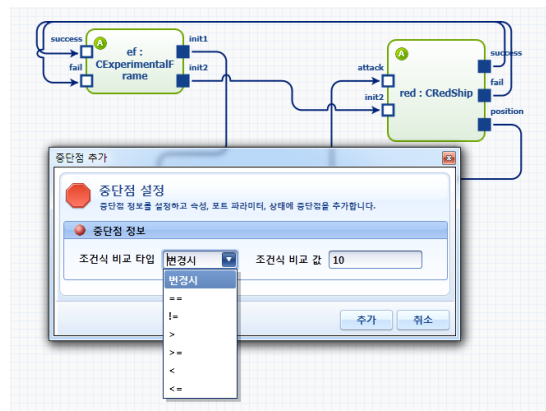


Fig. 14. Breakpoint Setting for Debugging

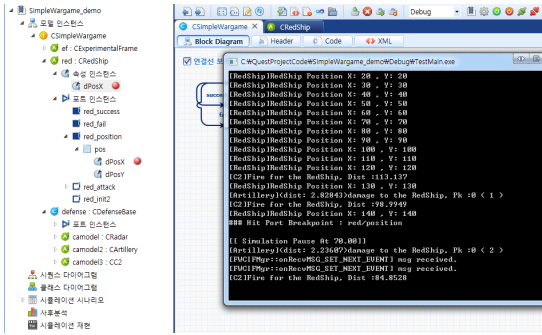


Fig. 15. Debugging Execution

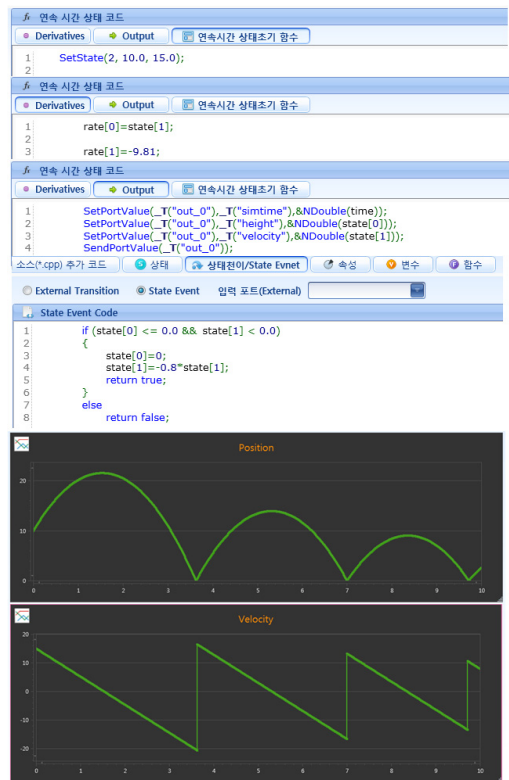


Fig. 16. Result of proposing Methods : Bouncing Ball

연속시간 모델 테스트를 위해서는 Matlab Simulink의 Bouncing ball 모델을 구현하였다. 통합개발환경의 연속시간 모델 다이어그램에 연속시간 모델 블록을 추가하고 연속시간 모델 속성 창에서 상태전이 함수(Derivatives), Output 함수, 상태 초기값 및 사건 변환 조건 함수를 기술하면 Fig. 16의 결과를 얻을 수 있다.

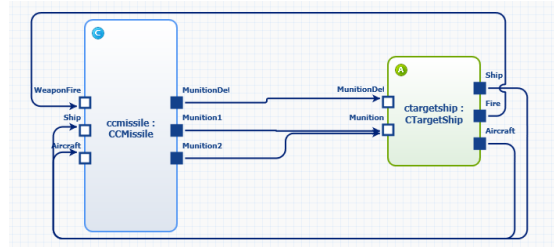


Fig. 17. Simulation Configuration using Model Block

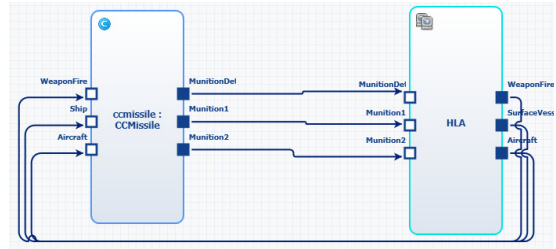


Fig. 18. Distributed Simulation using HLA Block

4.2 모델 및 외부체계 연동 블록 사용 예시

전투실험 공학분석 체계 프레임워크에서 개발된 모델은 플러그인 프레임워크의 XML 기반 객체 모델로 포트간 통신을 수행한다. 따라서 모델 내부 코드 수정 없이 입출력 포트에 정의된 XML만 수정하면 시뮬레이션 구성을 변경할 수 있다.

Fig. 17은 모델 블록간의 연결 관계를 통해 단독 시뮬레이션을 구성한 실제 화면이다. 단독 시뮬레이션 구성을 통해 외부체계 연동을 수행하기 전 사전 시험을 수행할 수 있다.

Fig. 18은 Fig. 17의 단독 시뮬레이션에서 Missile 모델은 수정하지 않고 연결 관계만을 변경하여 HLA 연동을 수행하는 실제 화면이다. 모델 개발자는 사전에 단독 시뮬레이션을 통해 검증된 모델을 HLA 블록에 연결함으로써 HLA/RTI 연동을 수행할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서 제안한 전투실험 공학분석 체계 프레임워크는 GUI기반 모델링 및 시뮬레이션 도구인 통합개발환경을 통해 사용자 친화적인 개발 환경을 제공함으로써 모델 개발의 신속성을 높이고 연동 시뮬레이션 구성을 용이하게 하였다. 또한 형식론 기반의 모델링 틀과 시뮬레이션 엔진을 제공하여 기존 모델의 재사용성을 높일 수 있

다. 통합개발환경을 통해 개발된 모델은 플러그인 프레임워크 기반의 컴포넌트로 생성되고 실행 시간 조립 방식을 통해 다양한 시뮬레이션 지원 컴포넌트와 유연하게 연동이 가능하여 사용자가 원하는 시뮬레이션 환경을 신속하고 유연하게 구성할 수 있다.

References

1. Simulation Based Acquisition Industry Steering Group (SBA ISG), "SBA Functional Description-Version 1.1," 1999
2. Cho, K.T., Shim, J.Y., Lee, Y.H., Lee, S.Y., Kim, S.H. (2010), "Simulation Architecture Framework Development for Component Reusability and Interoperability", *Journal of the Korea Society For Simulation*, Vol. 19, No. 3.
3. Won, G.Y., Choi, S.Y. (2009), "M&S PlugIn-Based Architecture Framework Development", *Journal of KIISE*, Vol.36, No.2, pp.53-59.
4. Cho, K.T., Lee, S.Y., Lee, H.M., Kim, S.H., Jeong, H.M. (2012), "Enhancing the Efficiency and Reliability for M&S based Test and Evaluation System Development", *Journal of the Korea Society For Simulation*, Vol. 22, No. 2, pp. 11-19.
5. Zeigler BP, Praehofer H and Kim TG., "Theory of Modeling and Simulation", 2nd ed. San Diego, New York: Academic Press, 2000
6. Sung, C.H. and Kim, T.G. (2012), "Collaborative Modeling Process for Development of Domain-Specific Discrete Event Simulation Systems", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part C: Applications and Reviews*, Vol. 42, No. 4, pp. 532-546.
7. Doug Buchy, "Joint Modeling and Simulation System", Joint Modeling and Simulation System Program Office, 2000
8. Robert J. Meyer, "Joint Modeling and Simulation System(JMASS)-What it does,... and What is doesn't!"
9. Ha, S., Lee, K.Y., Ku, N.K., Roh, M.I. (2013), "Development of Battle Space Model Based on Combined Discrete Event and Discrete Time Simulation Model Architecture for Underwater Warfare Simulation", *Journal of the Korea Society For Simulation*, Vol. 22, No. 2, pp. 11-19.
10. <http://www.anylogic.com>
11. Lim, S.Y. and Kim, T.G., "Hybrid Modeling and Simulation Methodology based on DEVS Formalism," SCSC'2001, Orlando, USA, pp. 188-193, July, 2001
12. Tag Gon Kim, "Engine Structure", IE801 Lecture Slide, <http://smslab.kaist.ac.kr>, 2013.
13. Shim, J.Y., Lee, Y.H., Kim, S.H., "A design of DLL Plug-in Framework for Component Reuse", *Proceeding of the Korea Information Processing Society*, Vol. 17, No. 2
14. Lee, Y.H., Shim, J.Y., Cho, K.T., Lee, S.Y., Kim, S.H., "The design of XML based object model for Publish-subscribe message protocol", *Proceeding of the Korea Society For Simulation*, 2010. 05.
15. Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, John Vlissides, "Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software", Addison-Wesley, 1984
16. IEEE 1516.2-2000 - IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA) - HLA Object Model Template (OMT) Specification



이 용 현 (yongheon.lee@lignex1.com)

2007 포항공과대학교 컴퓨터공학과 학사
2007~현재 LIG넥스원 S/W연구센터 선임연구원

관심분야 : 모델링&시뮬레이션, HLA/RTI, 프레임워크, 객체지향 설계



조 규 태 (kyutae.cho@lignex1.com)

2002 숭실대학교 컴퓨터학부 학사
2004 한국과학기술원 전산학과 석사
2007 한국과학기술원 전산학과 박사수료
2007~현재 LIG넥스원 S/W연구센터 선임연구원

관심분야 : 모델링&시뮬레이션, 실시간 스케줄링, 지능시스템



이 승 영 (seungyoung.lee@lignex1.com)

2000 인하대학교 전자공학과 학사
2002 인하대학교 전산학과 석사
2002~현재 LIG넥스원 S/W연구센터 수석연구원

관심분야 : 모델링&시뮬레이션, SBA, T&E



황 근 철 (hkchul@add.re.kr)

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

관심분야 : 무기체계 모델링&시뮬레이션, 체계시뮬레이션 및 체계성능분석(System Simulation & System Operational Performance Analysis), 모델기반 시뮬레이션, 시뮬레이션 프레임워크



김 세 환 (saehwan.kim@lignex1.com)

1985 경북대학교 전자공학과 학사
1987 경북대학교 전자공학과 석사
2005~현재 LIG넥스원 S/W연구센터 수석연구원(팀장)
2007~2008 국방과학기술조사 M&S자문위원
2009~현재 국방과학기술수준조사 기술전문가

관심분야 : 모델링&시뮬레이션, SBA, LVC