

반응형 아키텍처 기반 무기체계 시뮬레이션 소프트웨어 설계 방안

심준용, 이원식

LIG넥스원(주)

junyong.shim2@lignex1.com, wonsik.lee@lignex1.com

A Method of Weapon System Simulation Software Design based on Reactive Architecture

Shim Jun Yong, Lee Won Sik

LIG Nex1 Co., Ltd.

요약

국방 분야는 시뮬레이션 소프트웨어를 무기체계와 상호 운용함으로써 실 환경에서는 어려운 시험을 수행하거나 무기체계의 구성 요소를 대체하여 해당 기능을 검증하기 위한 도구로 활용하고 있다. 이러한 시뮬레이션 소프트웨어는 더욱 복잡한 네트워크 구성과 실시간 데이터 교환 등의 이슈로 시뮬레이션 이벤트 및 데이터 변경 전파에 대한 높은 반응성을 요구받고 있다. 한편, 웹 환경의 개발 패러다임으로 정착된 반응형 시스템 및 프로그래밍은 사용자와 시스템 간 기민한 상호작용을 위해 무엇을 수행할지 선언하고, 메시지를 통해 변경된 데이터를 감지하고 전파하는 방법을 제공한다. 본 논문은 분산 환경에서 무기체계 시뮬레이션 소프트웨어 간 이벤트 처리 및 데이터 교환 성능을 높이기 위한 연구의 일환으로 반응형 시스템 구조와 반응형 프로그래밍 기법을 적용하고, 이에 따른 소프트웨어 구성 요소 및 설계 방법을 제안한다. 특히, 분산 환경에서의 수신 메시지 처리를 위한 추상화 모듈과 사용자까지의 메시지 전달 구조를 기술한다.

I. 서론

개발 무기체계의 기능을 검증하고, 성능을 확인하기 위해서는 다양한 교전 환경을 구성하고 지속적인 훈련이 필요하다. 하지만 개발 비용과 일정은 제한적이기 때문에 필요한 만큼 다양한 시험을 수행하는 것은 어렵다. 이를 해결하기 위해 최근 국방 소프트웨어 산업은 모델링 및 시뮬레이션 기술을 활용한 시뮬레이션 시스템 개발을 늘리고 있으며, 해당 무기체계를 시험 목적에 맞게 모델링하고, 시뮬레이션 함으로써 소요제기, 무기 획득 및 훈련에 이르기까지 무기 체계 개발에 중요한 수단으로 활용하고 있다[1]. 한편, 시뮬레이션 시스템은 시험에 운용되는 정보가 제한적이기 때문에 실 체계와 연동하여 복합체를 구성함으로써 시뮬레이션 환경의 현실성 및 신뢰성을 제고한다. 하지만 이는 실 장비 연동에 의한 교환 데이터의 높은 실시간성과 시뮬레이션 시스템에서 발생하는 다양한 이벤트를 기민하게 처리하도록 요구한다.

본 논문은 이러한 요구를 해결하기 위해 반응형 아키텍처 기반 무기체계 시뮬레이션 소프트웨어 구조를 제안하고, 시뮬레이션 시스템 및 소프트웨어 관점에서 반응형 방식의 적용 방법을 살펴본다. 특히, 국방 분야의 시뮬레이션 시스템 개발에 사용되는 HLA(High Level Architecture)[2] 및 DDS(Data Distribution Services)[3]의 시뮬레이션 이벤트 처리와 소프트웨어 내부의 비동기식 메시지 전달 구조를 설계함으로써 반응형 아키텍처의 주요 속성에 대한 적용 결과를 기술한다. 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 적용 기술인 반응형 시스템과 반응형 프로그래밍에 대한 내용을 살펴보고, 3장에서 반응형 아키텍처 기반 무기체계 시뮬레이션 시스템을 제안하고, 이벤트 처리 및 메시지 전달 구조를 기술한다. 마지막 4장은 적용 결과 및 향후 과제를 다룬다.

II. 관련 연구

반응형은 비동기(Asynchronous)와 이벤트 주도(Event-Driven) 기술

을 기반으로 하며, 반응형 시스템, 프로그래밍 및 스트림으로 나뉜다[4]. 반응형 시스템은 비동기 메시지 처리나 논블록(Non-blocking) I/O를 통해 특정 대상으로부터 발생하는 데이터 항목을 다루며, 분산 환경에서 구성 요소 간 반응성(Responsiveness)에 대한 아키텍처 속성을 제공한다. 반응형 프로그래밍과 스트림은 데이터 흐름과 변경사항의 전파에 대한 구현을 다루는데, 이벤트가 주어진 상태에 도달했을 때 구성요소가 내보낸 신호를 처리하도록 비동기 구현 모델(Futures, Promises 및 Callbacks)과 발행-구독(Publish-Subscribe) 처리 등을 제공한다. 따라서 각 반응형 모델의 아키텍처를 고려하여 시뮬레이션 시스템의 구성요소 간 연동 모델과 시뮬레이션 소프트웨어의 내부 데이터 전파에 대한 설계가 필요하다.

III. 반응형 아키텍처 기반 무기체계 시뮬레이션 시스템

본 논문에서 다루는 대공유도무기 개발을 위한 시뮬레이션 시스템의 구성은 그림 1과 같다.

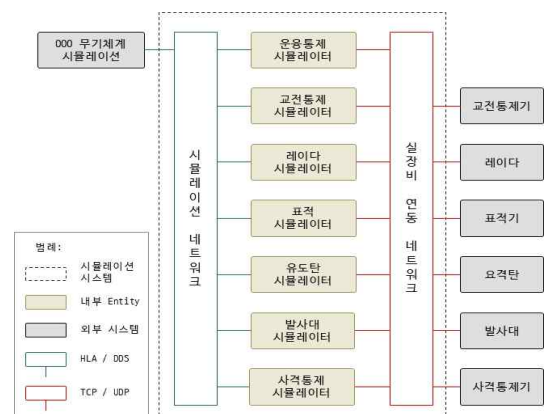


그림 1 무기체계 시뮬레이션 시스템

무기체계 시뮬레이션 시스템은 일반적으로 대상 무기체계의 점검 및 시험평가를 지원하기 위해 다수의 모의 소프트웨어 및 관련 장치로 구성되며, 구성 장비 간 교환 메시지 및 통신 프로토콜 규격을 기술한 연동통제문서를 구현한다. 즉, 실 장비 변경에 따른 시뮬레이션 시스템의 규모 변경이 용이해야 하며, 연동통제문서 구현을 위한 모듈이 공통으로 포함되어야 한다. 따라서 반응형 시스템 기반 시뮬레이션을 위해 메시지 주도 방식의 연동통제문서 교환과 더불어 장비 확장이 되도록 발행-구독 방식이나 멀티캐스트 방식의 통신이 지원되어야 하며, 메시지 전달이 보장되도록 해야 한다. 국방 분야는 TCP/UDP 뿐만 아니라 HLA와 DDS 표준을 연동 규격으로 활용하는데 이를 고려한 통신 모듈 설계 요소는 그림 2와 같다.

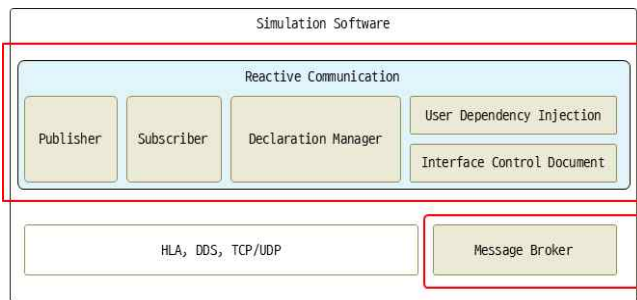


그림 2 반응형 통신 모듈 구성요소

Publisher와 Subscriber는 데이터 송신과 수신 처리를 정의하고, 교환 데이터 처리를 위해 Message Broker를 활용한다. Message Broker는 메시지 큐잉 및 라우팅 서비스를 제공하며, HLA와 DDS는 자체 Broker를 활용할 수 있다. UDP의 경우 멀티캐스트를 활용하여 Broker를 대체할 수 있다. 발행-구독 방식을 통해 시스템의 규모 변경을 용이하게 했다면, 메시지의 전달 보장을 위해 Declaration Manager를 정의하여 사전에 송신지와 수신지를 선언할 수 있도록 하고, 이를 문서화함으로써 통신 구조를 코드 구현에 독립적으로 구성할 수 있다. 앞에서 설명했듯이 시뮬레이션 소프트웨어는 연동통제문서 규격에 의해 정보를 교환하므로 장비 별 메시지 처리를 구현할 수 있도록 Interface Control Document 모듈을 정의하고, 메시지 별 구현은 사용자로부터 구현된 모듈을 입력받을 수 있도록 User Dependency Injection 모듈을 정의했다.

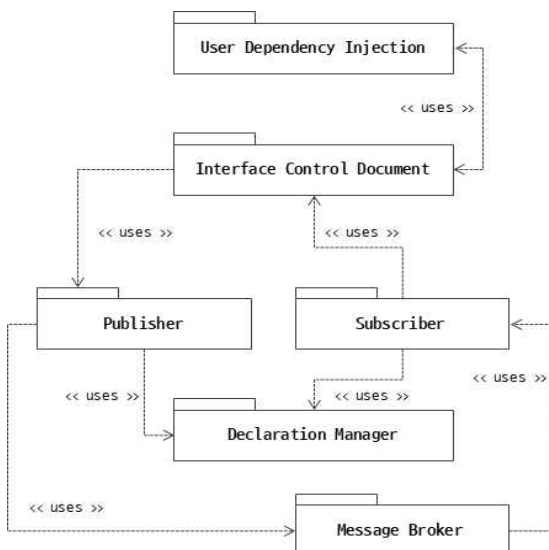


그림 3 구성 모듈의 패키지 다이어그램

그림 3은 구성요소 간 사용관계를 나타낸다. 시뮬레이션 소프트웨어의 구성 모듈에 최신의 메시지 전달을 위해 Interface Control Document는 데이터 변경 발생 시점에 관련 모듈에 즉시 전달할 수 있어야 하며, 이는 관련 모듈이 데이터가 필요한 시점에 요청하는 방식이 아닌 값이 변경될 때마다 Interface Control Document가 값을 전파하는 방식을 적용해야 한다. 이를 고려하여 제안 모듈과 구성 모듈 간 관계는 그림 4와 같이 관찰자 패턴[5]을 적용하고, 메시지 전달 성능을 높이기 위한 비동기 처리를 설계했다.

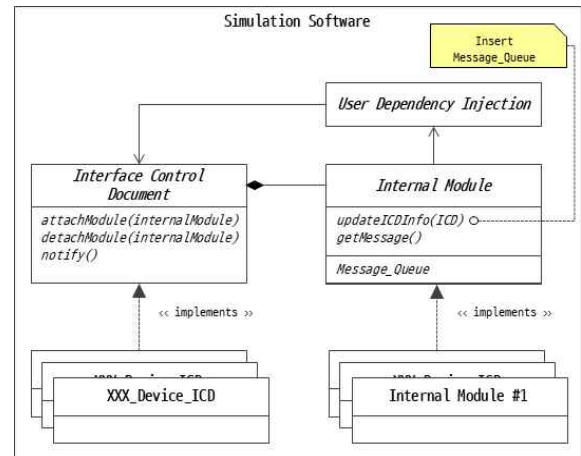


그림 4

시뮬레이션 시스템으로부터 메시지를 수신하면 변경 이벤트를 발생시켜 내부 모듈에 값을 갱신한다. 이 때, 메시지 버퍼를 통해 비동기 처리를 수행함으로써 반응성을 높인다.

IV. 결론 및 향후과제

최근 무기체계 시뮬레이션 시스템은 시험에 운용되는 정보가 제한적이기 때문에 실 체계와의 연동을 통해 시뮬레이션 환경의 현실성 및 신뢰성을 제고했다. 하지만 데이터 교환의 실시간성과 시뮬레이션 이벤트의 빠른 처리가 요구되었다. 본 논문은 이를 개선하기 위해 반응형 아키텍처를 적용한 시뮬레이션 시스템을 제안하고, 설계 방안을 기술했다. 향후 구현을 통해 시뮬레이션 소프트웨어의 성능에 대한 검증이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Fil Joong Lee, Young Wook Lee, "A Study on Weapon Systems Acquisition for the Use of Modeling & Simulation(M&S)", Journal of The KIAS Vol. 11 No.3, 2011.
- [2] IEEE, "IEEE Standard for Modeling and Simulation(M&S) High Level Architecture (HLA) - Federate Interface Specification." IEEE Standard No.: 1516.1 - 2000.
- [3] Andrew Foster, "Using DDS for scalable, high performance, real-time data sharing in next generation Modeling & Simulation systems", (DDS Modeling-Simulation-WP-050914), Prismtech., 2014.
- [4] Clement Escoffier, Ken Finnigan, "Reactive Systems in Java: Resilient, Event-Driven Architecture with Quarkus", O'Reilly, 2022.
- [5] Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, John Vlissides, "Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software", Addison-Wesley, 1994.