

# RTI 용 만능 어댑터 플랫폼 기반 연동 페더레이션 개발 방법론 Federation Development Methodology with RTI Smart Adaptor Platform

홍정희                      김탁곤

Jeong Hee Hong      Tag Gon Kim

한국과학기술원 전자전산학과

042-350-5454, [jhhong@smslab.kaist.ac.kr](mailto:jhhong@smslab.kaist.ac.kr)

## ABSTRACT

Interoperation among heterogeneous simulators employs a definition of standard protocols for data exchange and time synchronization. The High Level Architecture(HLA) is a specification of common services for such interoperation, approved as IEEE standard 1516. This paper proposes a federation development methodology with RTI smart adaptor platform. In this paper, a federate joining a federation consists of a stand-alone simulator and an RTI smart adaptor. The stand-alone simulator can be any model(discrete event or continuous system model), developed by any simulation tool(DEVSImHLA, MATLAB etc.) and applied to any algorithm. The RTI smart adaptor provides the interface between the stand-alone simulator and RTI. The paper presents a development process of a simple federation including heterogeneous models with the RTI smart adaptor platform.

## 1. 서 론

연동 시뮬레이션이란 서로 다른 컴퓨터에서 수행되고 있는 시뮬레이터들이 독립적인 기능을 하며 서로 데이터를 주고받으면서 시뮬레이션을 수행하는 것을 말한다. 이처럼 분산된 환경에서 개별 시뮬레이터들을 연동하기 위해서는 이들 시뮬레이터들 사이의 시뮬레이션 시각 동기화와 데이터 교환이 가능해야 한다. 데이터 교환은 일반적인 네트워크 응용 프로그램의 경우와 마찬가지로 시뮬레이터 사이에 필요한 정보를 주고받는 것이다. 시간 동기화는 시뮬레이터 연동의 경우에만 필요한 것으로 시뮬레이터들이 각기 다른 시뮬레이터에서 발생한 이벤트를 시간 순서대로 처리할 수 있도록 하는 것이다.

이러한 이기종 분산 시뮬레이션 연동을 위하여 2000년도에 IEEE 1516 표준으로 HLA(High Level Architecture)[1-3]가 채택되었으며 이를 지원하는 도구로 RTI(Run Time Infrastructure)가 있다.

현재 RTI는 다양한 국방 위게임 분야에 이미 사용중이며 이에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 또한 미국 DMSO(Defense Modeling Simulation Office)에서는 RTI 1.3-NG[4]를 개발하여 공개하였고 2000년 이후 개발되는 모든 국방 분야 시뮬레이션을 RTI 기반에서 실행되도록 의무화하고 있다. 그러나 기존의 단일 시뮬레이션 환경의 개발자가 HLA/RTI를 사용하여 연동 시뮬레이터를 개발하는 것은 낯선 작업이다. 상호 연동을 위해서 HLA 인터페이스 명세에 만족하는 연동 시뮬레이터를 개발해야 하기 때문이다[5].

본 논문에서는 연동 시뮬레이션 구성시 개별 시뮬레이터와 분리된 만능 어댑터 플랫폼[6] 기반에서 페더레이션을 개발하는 방법을 제안함으로써 연동 개발자로

하여금 모델, 시뮬레이션 환경, 알고리즘에 관계없이 연동 시뮬레이터를 구성할 수 있는 편의를 제공하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 HLA/RTI를 이용한 연동 시뮬레이션에 대해서 간략히 살펴보고 3 장에서는 만능 어댑터 플랫폼에 대해 설명한 뒤 만능 어댑터 플랫폼을 이용한 페더레이션 개발 절차에 대해서 살펴본다. 4 장에서는 간단한 예제를 보여주고 마지막으로 5 장에서 결론을 맺기로 한다.

## 2. HLA/RTI를 이용한 연동 시뮬레이션

### 가. HLA/RTI

HLA는 여러 가지 다른 타입의 시뮬레이터들의 연동을 지원하기 위해 정의된 명세로서 모의 시뮬레이션 시스템의 구성 요소, 디자인 규칙, 인터페이스 등에 관한 전반적인 아키텍처이다. 페더레이트(Federate)는 HLA 표준을 따르는 연동 시뮬레이터를 의미하며 이런 페더레이트들의 모임을 페더레이션(Federation)이라고 한다. HLA의 목적은 시뮬레이션간의 상호 연동성과 시뮬레이션 컴포넌트의 재사용성을 높이기 위한 것으로 다음의 세 가지 요소로 구성된다.

먼저, HLA 프레임워크와 규칙은 HLA를 만족하는 시뮬레이션이 되기 위해 필수적으로 따라야 하는 페더레이션 구성 요소들의 역할과 상호관계에 관한 기본적인 10가지 규칙이다. 다음으로 페더레이트 인터페이스 명세(Federate Interface Specification)는 각 페더레이트와 RTI간의 기능적인 인터페이스에 관한 규약으로 다양한 프로그램 언어별로 API(Application Programming Interface)를 기술하고 있다. 마지막으로 OMT(Object Model Template)

는 페더레이션을 구성하는 페더레이트들이 주고받는 공용 객체와 메시지를 정의한 문서이다. 페더레이션을 구성하는 페더레이트들 사이의 공유 데이터 교환 구조를 서술하는 FOM (Federation Object Model)과 특정 페더레이트가 주고받는 데이터 교환 구조를 서술하는 SOM(Simulation Object Model), 그리고 페더레이션 관리를 위해 사용되는 MOM(Management Object Model)이 포함되어 있다.

나. 페더레이션 개발 절차(FEDEP)

그림 1 은 페더레이션 개발 및 실행 표준 프로세스 절차(FEDEP, Federation Development and Execution Process)[6] 이다.

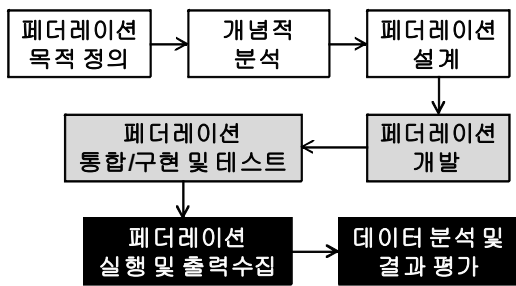


그림 1 구현/개발

그림 1 에서 보듯이 설계(흰색 상자), 구현(회색 상자), 실행(검은색 상자) 단계로 나눌 수 있다. 먼저 페더레이션 목적 정의 단계에서는 사용자의 요구사항을 파악하고 시뮬레이션의 목적을 정의하게 된다. 다음으로 개념적 분석 단계에서는 최종 결과물에 대한 시나리오 개발 및 페더레이션의 개념 모델을 개발하고 요구사항을 명세하게 되며 페더레이션 설계 단계에서 페더레이트 및 인터페이스를 설계한다. 구현 단계에서는 우선 페더레이션 개발 단계에서 SOM 과 FOM 개발, 페더레이트 구현 및 페더레이션 기반 구조를 구현하며 페더레이션 통합/구현 및 테스트 단계에서 이전 단계에서 개발된 페더레이트들을 통합하고 페더레이션 테스트를 하게 된다. 실행 단계에서 페더레이션을 실행 시킨 결과물을 수집하여 데이터 분석을 한 뒤 결과를 평가함으로써 페더레이션 개발 절차를 완료한다.

3. 만능 어댑터 플랫폼

만능 어댑터는 RTI 와 연동 시뮬레이터 사이의 통신 인터페이스를 제공한다. 만능 어댑터의 주된 역할은 RTI 와 연동 시뮬레이터 간에 주고받는 데이터 변환과 RTI 와의 통신이다. 이것은 연동 개발자에게 HLA/RTI 서비스를 손쉽게 사용할 수 있도록 KHLAdaptor1516[7] 라이브러리를 제공한다. 이 라이브러리를 사용함으로써 개발자는 손쉽게 연동 시뮬레이터를 개발할 수 있다.

가. 만능 어댑터 특징

그림 2 와 같이 시뮬레이터와 스마트 어댑터는 독립적인 프로세스로서 시뮬레이터의 형태, 개발도구, 구현/개발도구 사용 언어에 무관하게 사용할 수 있다. 즉, 시뮬레이터의 형태가 이산 사건 시스템(DES, Discrete Event System), 연속 사건 시스템(CS, Continuous System) 또는 알고리즘이 될 수 있다. 또한 시뮬레이터 개발 도구가 DEVSimHLA, MATLAB, OPNet 등이 될 수도 있으며 시뮬레이터 구현/개발 도구 사용 언어가 C, C++, Java, C# 이든지에도 구애받지 않는다.

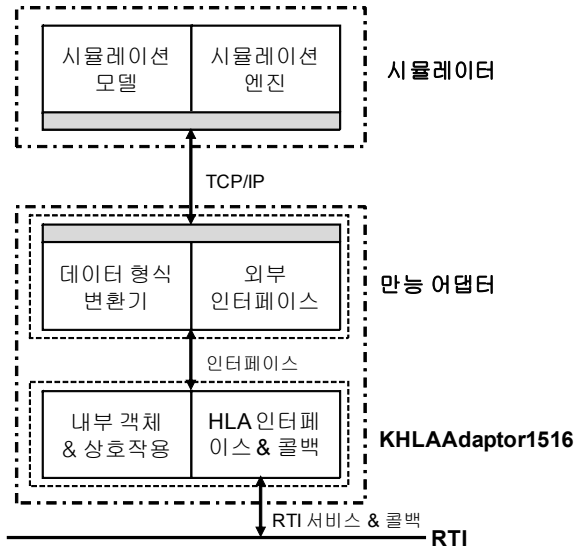


그림 2 만능 어댑터 특징

또한 만능 어댑터를 사용함으로써 기존 시뮬레이터를 그대로 이용할 수 있으며 단지 만능 어댑터와 시뮬레이터 사이의 네트워크 통신 프로토콜만을 정의하여 추가함으로써 연동 시뮬레이터를 구성할 수 있다.

나. 인터페이스 정의

만능 어댑터는 시뮬레이터와 RTI 사이의 인터페이스로서 그림 3 과 같은 개념으로 설계되었으며  $M_1$ ,  $M_2$  각각이 시뮬레이터와 RTI가 되며 IF가 만능어댑터에 해당한다.

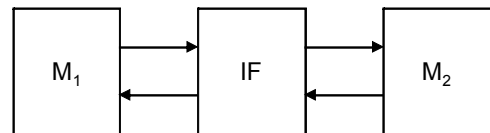


그림 3 모델 간 인터페이스 설계[7]

그림 3 과 같이 두 모델  $M_1$ ,  $M_2$  간 인터페이스 IF 를 설계하고자 할 때 다음과 같이 3 단계의 절차를 거치게 된다[8].

- 1)  $M_1$  과  $M_2$  의 조합  $M (M = M_1 \parallel M_2)$   
 모델  $M_1$  과  $M_2$  를 하나의 모델  $M$  으로 조합

- 2) 간략화 (M' = Simplification of M)  
 조합된 모델 M에서 불필요하거나 중복되는 부분을 간략화한 모델 M'
- 3) 인터페이스 IF (IF = (M')<sup>-1</sup>)  
 간략화된 모델 M'의 역(Inverse)

위의 절차대로 설계된 인터페이스의 시간 진행에 대한 예를 그림 4와 같이 보일 수 있다. 시뮬레이터와 RTI의 시간 진행 요청 및 승인에 관련된 모델이 (a)와 같을 때 이 두 모델을 조합 및 간략화를 하게 되면 (b)가 나오게 된다. 다음으로 이에 대한 역모델을 취하게 되면 (c)와 같은 어댑터를 얻을 수 있다. 어댑터는 시뮬레이터로부터 받은 시간 요청 메시지 TAR\_sim을 RTI 서비스 TAR로 변환하여 RTI로 호출해주며 역으로 RTI로부터 시간 진행 승인 콜백 TAG를 받아 시뮬레이터 메시지 TAG\_sim으로 변환하여 전달해 준다. 다른 103개의 HLA 서비스와 38개의 콜백들도 이와 마찬가지로 수행된다.

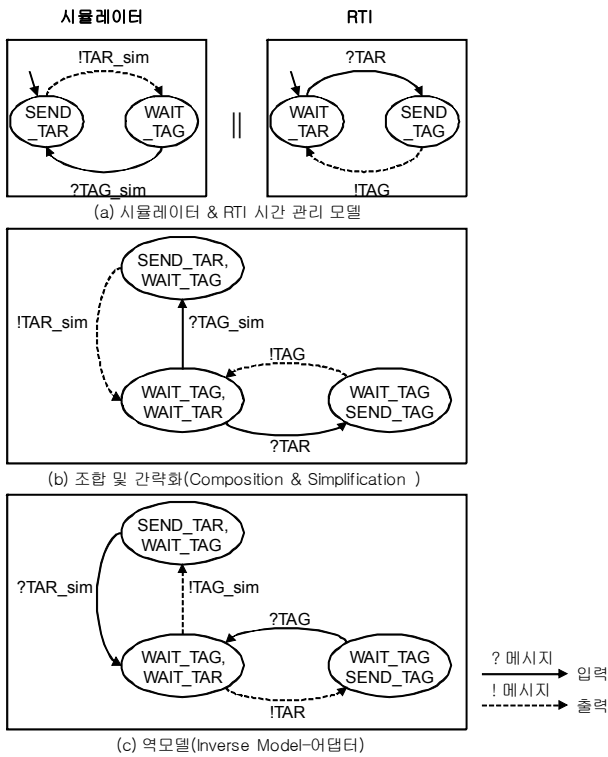


그림 4 시간 진행 인터페이스의 예

다. 만능 어댑터 플랫폼 기반 연동 페더레이션 개발  
 만능 어댑터 플랫폼 기반에서 연동 페더레이션을 개발 방법은 그림 5와 같다. 개발자는 시뮬레이터와 RTI 사이의 어댑터 어플리케이션을 구성해줌으로써 연동 페더레이션을 구성할 수 있다. 개발자가 해주어야 하는 일과 같다.

- 1) SOM, FOM을 설계하여 OMDT를 통하여 FED 및 OMD 파일 생성
- 2) 만능 어댑터 플랫폼 내의 FOM 변환기에 OMT 파일과 C++ 클래스 템플릿 파일을 입력으로 넣어 공유 객체와 메시지에 대한 C++ 클래스 자동 생성
- 3) 어댑터 어플리케이션과 시뮬레이터와의 인터페이스 정의 및 구현
- 4) 어댑터 어플리케이션에서 사용할 서비스 및 콜백 지정 및 콜백 내부 구현

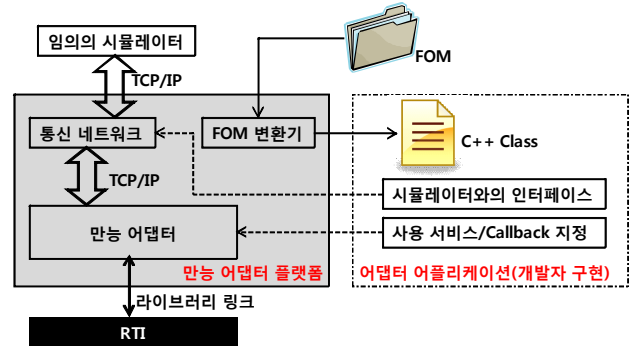


그림 5 만능 어댑터 플랫폼 기반 연동 모델 개발[1]

그림 2에서 보듯이 개발자는 만능 어댑터 어플리케이션과 시뮬레이터 사이의 인터페이스를 정의하고 RTI 서비스와 콜백을 위해서는 KHLAdaptor1516 라이브러리를 링크하여 사용하게 된다.

4. Case Study

본 논문에서 제안한 만능 어댑터 플랫폼 기반 연동 페더레이션 개발 방법론을 그림 6과 같이 간단한 위계임 모델인 대함 미사일 방어 시스템에 적용하여 보았다.

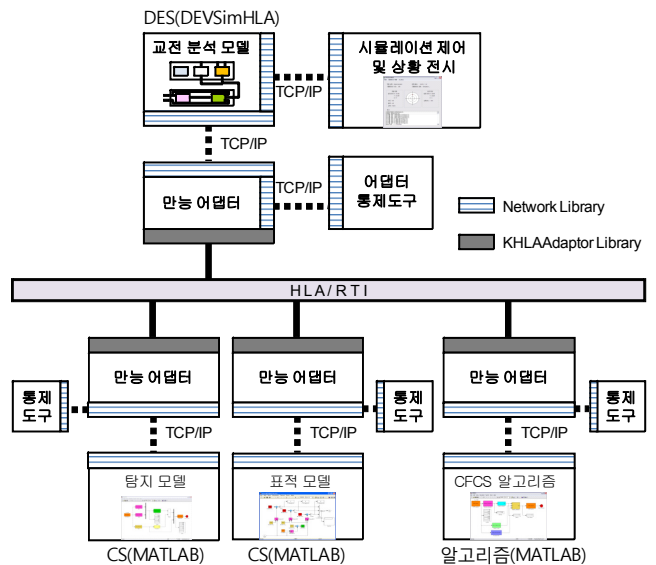


그림 6 만능 어댑터 플랫폼 기반 연동 위계임 예제

대함 미사일 방어 시스템의 연동 시뮬레이션 목적은 아함의 생존률을 계산하는 것이며 시나리오는 다음과 같다. 대함 미사일이 아함을 향해 날아오면 아함은 미사일을 표적으로 탐지하여 방어 시스템을 가동시켜 대공 미사일을 발사할 수 있는 범위 내로 표적이 들어올 때 대공 미사일을 발사하여 아함, 대함 미사일의 파괴 여부를 결정한다[10].

페더레이션을 구성하고 있는 시뮬레이터는 DEVSimHLA 로 구현된 이산 사건 시스템인 교전 분석 모델과 연속 사건 시스템인 탐지, 표적 모델은 MATLAB 으로 구현되었으며 CFCS 알고리즘 시뮬레이터도 MATLAB 으로 구현되었다. 이와 같이 여러 가지 형태의 모델과 환경으로 개발된 시뮬레이터들을 만능 어댑터 플랫폼을 이용함으로써 손쉽게 연동 페더레이션을 구성할 수 있다.

각 모델들이 주고받을 정보를 취합하여 FOM 으로 구성하며 표 1 의 파라미터 값을 이용하여 시뮬레이션을 수행한 결과 그림 7 과 같은 결과를 얻었다. 그림 7 에서 보듯이 탐지 범위가 커질수록 표적에 대한 방어 가능성이 높아지면서 아함의 생존률이 높아지는 것을 확인할 수 있다.

표 1 시뮬레이션 파라미터

파라미터	값
전체 시뮬레이션 횟수	100 회
아함 수	1 척
아함 초기위치 (x, y, z) km	(0, 0, 0)
표적 수	1 개
표적 초기위치 (x, y, z) km	(20, 20, 0)
대공 미사일 수	6 개
근접 방어 함포 탄도 수	100 개
근접 방어 범위	5km 이내

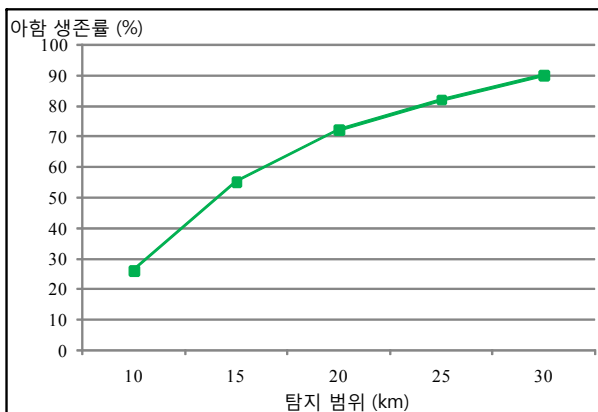


그림 7 실험 결과

5. 결 론

본 논문에서는 연동 시뮬레이션 구성시 개별 시뮬레

이터와 분리된 만능 어댑터 플랫폼 기반에서 페더레이션을 개발하는 방법을 제안하였다. 이는 연동 개발자에게 모델, 시뮬레이션 환경, 알고리즘에 관계없이 연동 시뮬레이터를 구성할 수 있는 편의를 제공한다. 이를 간단한 워게임 예제인 대함 미사일 방어 시스템에 적용하여 그 결과를 살펴보았다.

6. 후 기

본 연구는 민군겸용기술센터의 출연금으로 수행한 RTI 개발과제 시험개발 단계의 연구에 의해 수행되었다.

참고문헌

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

[2] “IEEE Standard for Modeling and Simulation(M&S) High Level Architecture (HLA) – Federate Interface Specification,” *IEEE Std 1516.1-2000*, pp.i-467, 2001.

[3] “IEEE Standard for Modeling and Simulation(M&S) High Level Architecture (HLA) – Object Model Template(OMT),” *IEEE Std 1516.2-2000*, pp.i-130, 2001.

[4] DMSO, High Level Architecture Run-Time Infrastructure RTI 1.3-Next Generation Programmer’s Guide Version 5, 1999.

[5] Tag Gon Kim and Jae Hyun Kim, “DEVS Framework and Toolkits for Simulators Interoperation Using HLA/RTI,” *Proceedings of Asia Simulation Conference/the 6th International Conference on System Simulation and Scientific Computing*, pp.16-21, Oct. 2005, Invited Paper.

[6] “IEEE Recommended Practice for High Level Architecture (HLA) – Federation Development and Execution Process(FEDEP),” *IEEE Std 1516.3<sup>TM</sup>-2000*, pp.i-22, Apr. 2003.

[7] 홍정희, 성장호, 안정현, 김탁곤, “ IEEE 1516 HLA/RTI 기반 연동 시뮬레이션을 위한 연동 어댑터의 설계 및 구현,” *한국군사과학기술학회지*, Vol.12, No.1, pp.88-96, 2009년 2월.

[8] Yong Jae Kim and Tag Gon Kim, “A Heterogeneous Distributed Simulation Framework Based on DEVS Formalism,” *AIS’96*, pp.116-121, San Diego, USA, Mar. 1996.

[9] 김탁곤, 강의노트: 국방 M&S 이론 및 기술-4. 연동, 전자전산학과, KAIST, 2009.

[10] Chang Ho Sung, Jeong Hee Hong and Tag Gon Kim, “Interoperation of DEVS Model and Differential Equation Models using HLA/RTI: Hybrid Simulation of Engineering and Engagement Level Models,” *2009 Spring Simulation Multiconference*, pp.387-392, San Diego, USA, Mar. 2006.