

# IEEE 1516 HLA/RTI 기반 연동 Adaptor의 설계 및 구현 Design and Implementation of Interoperable Adaptor based on IEEE 1516 HLA/RTI

안정현, 홍정희, 성창호, 김탁곤

Jung Hyun Ahn, Jeong Hee Hong, Chang Ho Sung, Tag Gon Kim

한국과학기술원 전자전산학과

안정현, *jhahn@smslab.kaist.ac.kr*

## ABSTRACT

In order to interoperate simulators, it is essential to define standard protocols for data exchange and time synchronization among heterogeneous simulators, for which the High Level Architecture(HLA) provides a specification of common services. However, to build fully interoperable simulators complying with the IEEE 1516 HLA/RTI, developers have to create completely new distributed simulators from scratch or modify currently available ones. Although both of them need lots of effort and time, the simulators development could be drastically alleviated when supporting tools for common services are available. This paper introduces the design and implementation of associated tools which support development of interoperable simulators under the IEEE 1516 HLA/RTI environment. The core functionality for development of HLA-compliant simulators is implemented as a library form called HLA Adaptor. Using this library, developers can easily build the interoperation environment for various simulators.

## 1. 서론

연동 시뮬레이션이란 각기 다른 컴퓨터에서 수행되고 있는 시뮬레이션 프로그램들이 독립적인 기능을 하며 이질적인 언어 혹은 환경에서 수행되고 있는 경우를 말한다. 이처럼 분산된 환경에서 개별 시뮬레이터들을 연동하기 위해서는 이들 시뮬레이터들 사이의 시뮬레이션 시각 동기화와 데이터 교환이 가능해야 한다.

HLA(High Level Architecture)[1-3]는 서로 다른 타입의 시뮬레이터들의 연동을 지원하기 위한 상위 레벨 개념으로서 2000년도에 IEEE 1516 표준으로 채택되었으며 여기에서 정의된 명세(Specification)를 구현한 소프트웨어가 RTI(Run Time Infrastructure)이다.

현재 RTI는 다양한 국방 위 게임 분야와 이미 사용 중이며 이에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 또한 미국 DMSO((Defense Modeling Simulation Office)에서는 RTI 1.3-NG(Next Generation)[4]를 개발하여 발표 공개하였고 2000년 이후 개발되는 모든 국방 분야 시뮬레이션을 RTI 기반에서 실행되도록 의무화하고 있다. 이에 따라 기존의 RTI 1.3-NG로 개발된 HLA Adaptor[5-6]를 IEEE 1516 표준을 만족시키는 HLA Adaptor으로 개발하는 것이 필요한 시점이다. 또한 기존의 단일 시뮬레이션(Stand-alone Simulation) 환경의 개발자에게 HLA/RTI를 사용하여 연

동 시뮬레이터를 개발하는 것은 익숙하지 않다. 상호 연동을 위해서는 HLA 인터페이스 명세에 만족하는 연동 시뮬레이터를 개발해야 하기 때문이다[6-8].

본 논문은 HLA/RTI 1516기반 연동 시뮬레이터를 개발할 때 이를 도와주는 HLA Adaptor 라이브러리를 설계하고 구현한다. 이 라이브러리를 사용함으로써 개발자는 시뮬레이터의 재사용성을 높이고 분산 시뮬레이션에서 연동할 수 있는 개발환경을 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 HLA/RTI에 대해서 간략히 살펴보고 3장에서는 HLA Adaptor 라이브러리의 설계 및 구현에 대해서 설명한다. 4장에서는 간단한 예제를 보여주고 마지막으로 5장에서 결론을 맺기로 한다.

## 2. HLA/RTI

### 가. HLA

HLA는 여러 가지 다른 타입의 시뮬레이터들의 연동을 지원하기 위해 정의된 아키텍처이다. HLA는 모의 시뮬레이션 시스템의 구성 요소, 디자인 룰, 인터페이스 등에 관한 전반적인 아키텍처이다. 페더레이트(Federate)는 HLA를 따르는 연동 시뮬레이터를 나타내고 이 페더레이트의 모임을 페더레이션(Federation)이라고 한다. HLA의 목적은 시뮬레이션간의 상호 연동성과

시물레이션 컴포넌트의 재사용성을 높이기 위한 것으로 다음의 세 가지 세부적인 기본 개념으로 구성된다.

먼저 HLA 프레임워크와 규칙은 HLA를 만족하는 시물레이션이 되기 위해 필수적으로 따라야 하는 페더레이션 구성요소들의 역할과 상호관계에 관한 전반적이고 기본적인 10가지 규칙이다. 다음으로 페더레이트 인터페이스 명세(Federate Interface Specification)는 각 페더레이트와 RTI간의 기능적 인터페이스에 대한 규약으로 페더레이트 개발 단계에서 API(Application Programming Interface) 명세를 제공한다. 마지막으로 OMT(Object Model Templates)는 페더레이션을 구성하는 페더레이트 간에 존재할 객체와 객체의 속성, 페더레이트 간에 주고받는 상호작용을 표현하기 위한 수단이다. OMT에는 페더레이션을 구성하는 페더레이트들 사이에 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. RTI

RTI는 시물레이션 요소들이 공통적으로 필요로 하는 서비스를 제공하는 소프트웨어를 모아놓은 것이다. 그림1과 같이 그 특징으로는 기반 운영 체제 및 통신 시스템을 포함한 여러 하드웨어 플랫폼으로의 편리한 이식성을 제공하고, 시물레이터 간의 상호 연동성을 제공한다.

RTI 서비스는 HLA 인터페이스 명세에 기술된 대로 구현함으로써 전체 연동 페더레이션 내에서 각 페더레이트가 정보를 교환할 수 있는 인터페이스를 제공한다. 페더레이션 관리 서비스, 선언 관리 서비스, 객체 관리 서비스, 데이터 분산 관리 서비스, 시간 관리 서비스, 소유권 관리 서비스의 6가지 서비스 관리 영역으로 나뉘어져 있다.

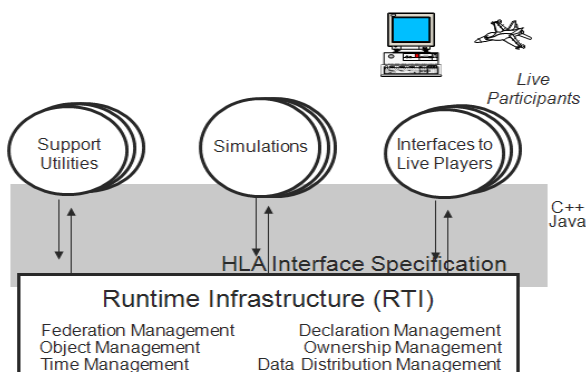


그림 1. RTI 개요[4]

### 3. HLA Adaptor 설계 및 구현

HLA Adaptor는 RTI와 연동 시물레이터 사이의 통신 인터페이스를 제공한다. HLA Adaptor의 주된 역할은 RTI와 연동 시물레이터 간에 주고받는 데이터 변환과 RTI와의 통신이다. 이것은 개발자에게 HLA/RTI 서비스를 손쉽게 사용할 수 있도록 라이브러리를 제공한다. 이 라이브러리를 사용함으로써 개발자는 손쉽게 연동 시물레이터를 개발할 수 있다.

그림 2는 HLA Adaptor의 전체 구조를 나타낸다. 메시지 핸들러는 RTI의 콜백 함수를 처리한다. 연동 시물레이터로부터 오는 메시지는 정의된 메시지 큐에 추가됨으로 처리할 수 있다. 다음으로 HLA Adaptor의 세부적인 내용을 살펴보겠다.

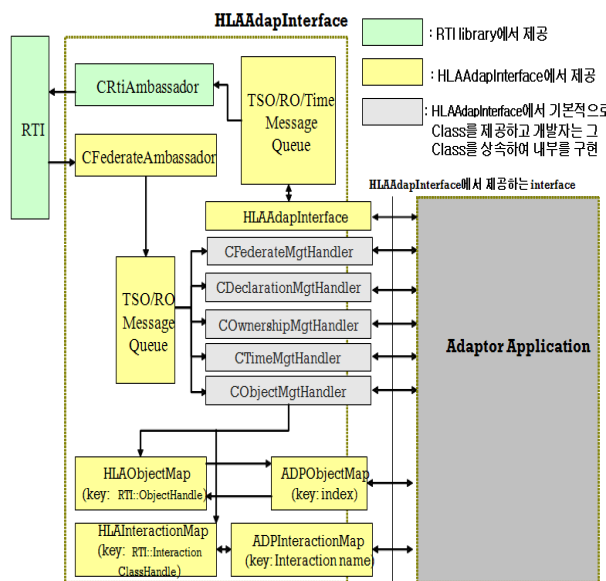


그림 2. HLA Adaptor 전체 구조

#### 가. 메시지 핸들러와 메시지 큐

HLA Adaptor 라이브러리는 여러 메시지 핸들러를 가지고 있다. 이는 개발자에게 RTI 콜백 함수에 의한 사용자 정의 프로세스를 처리하도록 도와준다. 예를 들면 객체 메시지 핸들러(CObjectMgtHandler)는 객체 관리 서비스에 대한 콜백 함수를 처리하기 위한 것이며 개발자는 이 핸들러 클래스를 상속받아 자신의 콜백 함수로 재정의할 수 있다.

또한 HLA Adaptor 라이브러리는 3가지 메시지 큐가 있다. 먼저 Time 메시지 큐는 시간 진행 요청을 외부에서 받거나 자체적으로 시간 진행을 할 경우 Time 메시지를 시간 순으로 관리하는 큐이다. 연동 시물레이터에서 시간 진행 요청을 했을 경우, 이를 Time 메시지 큐에 넣고 HLA Adaptor는 이 메시지를 가지고 RTI에 시간 진행 요청을 한다. 다음으로 RO(Receive Order) 메시지 큐는 외부에서 들어오는 RO 메시지를 저장한다.

RTI에서 콜백 함수가 불러 졌을 때, CFederateAmbassador는 콜백 함수에 해당하는 메시지를 만들어 이를 RO 메시지 큐에 저장하여 메시지 핸들러가 처리할 수 있도록 한다. 마지막으로 TSO(Time Stamp Order) 메시지 큐는 외부에서 들어오는 TSO 메시지를 저장하고 시간 순서로 메시지 핸들러가 처리할 수 있도록 한다.

#### 나. 시간 관리 방법

연동 시뮬레이터는 HLA Adaptor로 시간 진행을 요청할 수 있다. 이는 크게 두 가지 모드가 있다. 하나는 TAR(Time Advance Request) 모드이고 다른 하나는 NMR(Next Message Request) 모드이다.

그림 3은 TAR 모드의 시퀀스 다이어그램을 나타낸다. HLA Adaptor는 Time 메시지 큐에 저장된 메시지로 시간 진행 요청을 하여 직접적으로 RTI의 서비스를 호출하게 된다. 마찬가지로 그림 4는 NMR 모드의 시퀀스 다이어그램을 나타내며 동작방식은 TAR 모드와 거의 유사하다.

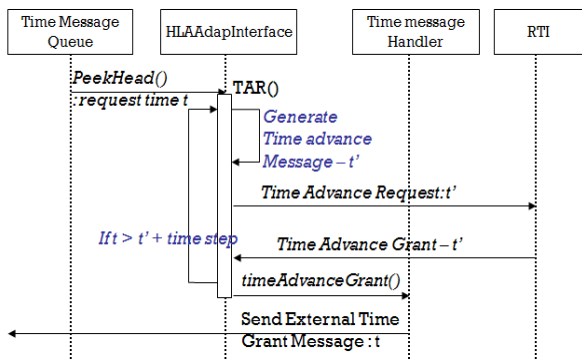


그림 3. TAR 모드의 시퀀스 다이어그램

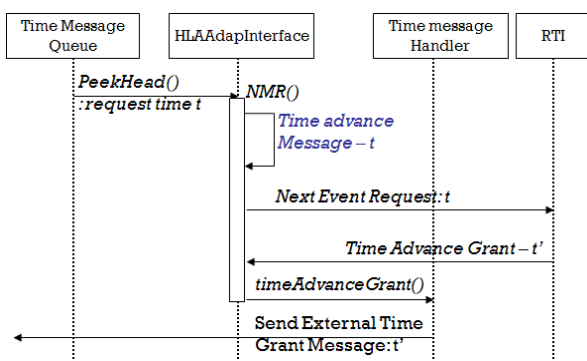


그림 4. NMR 모드의 시퀀스 다이어그램

#### 다. 데이터 관리 방법

일반적으로 시뮬레이터에서 사용하는 데이터 포맷은 연동 데이터가 정의된 FOM과는 다르다. 그것은 개별 시뮬레이터에서 사용하는 데이터는 연동을 감안해서 선별한 것이 아니기 때문이다. 따라서 HLA Adaptor는 이

들 사이에 데이터 교환을 자동적으로 할 수 있는 기능을 제공한다. 하지만 개발자는 HLA Adaptor 라이브러리를 사용하여 실제 데이터 변환 함수를 구현해야 한다. 실제 개별 시뮬레이터에서 HLA Adaptor로 보내는 데이터를 인코딩(Encoding)해야 하며 HLA Adaptor에서 개별 시뮬레이터로 전달되는 데이터를 디코딩(Decoding)해야 한다. 이는 데이터가 변환되어야 하는 이벤트가 발생할 때마다 HLA Adaptor에 의해서 자동적으로 개별 시뮬레이터에 구현되어 있는 인코딩/디코딩 함수가 불러진다.

HLA 객체/상호작용 및 사용자 정의 데이터는 라이브러리 내에 저장된다. HLA Adaptor는 RTI에 등록된 객체/상호작용을 맵(Map)형태로 관리한다. 그림 5는 객체를 관리하는 맵으로 HLAObjectMap은 RTI에서 제공하는 핸들로 관리하고 ADPObjMap은 사용자가 정의한 인덱스(Index)로 관리한다.

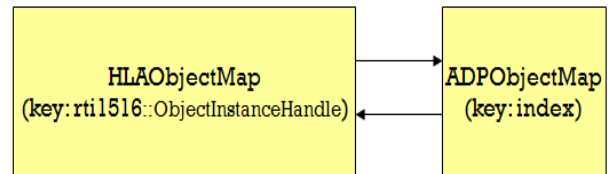


그림 5. 객체 맵

ADP 객체는 개발자에 의해 생성된 객체로 이는 HLA 객체에 상응하는 객체이다. ADP 객체와 HLA 객체는 서로 참조 포인터를 가지고 있으며 HLA Adaptor는 이들을 생성하고 맵으로 저장한다. 또한 상호작용도 이와 동일한 방식으로 처리한다.

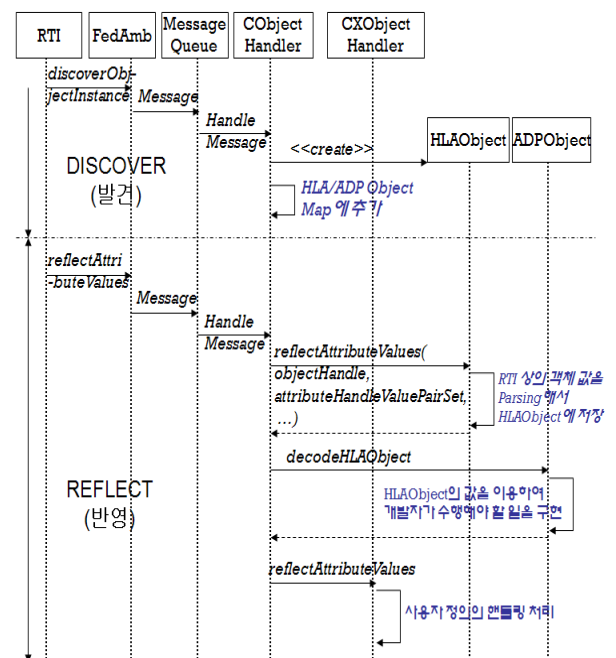


그림 6. 객체 발견/반영 시퀀스 다이어그램

객체를 생성하는 측면에서 보면 연동 시뮬레이터가 등록(Register) 또는 갱신(Update)을 요청했을 때 HLA Adaptor는 RTI로 서비스를 호출한다. 객체를 수신하는 측면에서 보면 RTI로부터 발견(Discovery) 또는 반영(Reflect) 콜백 함수가 불려지면 이를 연동 시뮬레이터로 전달한다. 이때마다 HLA Adaptor는 이를 자동적으로 객체 맵에 저장하고 decodeHLAObject 함수를 호출한다. 이렇게 함으로써 실질적인 데이터 변환이 이루어지는 것이다. 그림 6은 객체의 발견과 반영 시퀀스 다이어그램을 보여준다. 이탤릭체로 표현된 것은 HLA Adaptor 라이브러리에서 자동화된 부분을 의미한다.

#### 4. Case Study

본 논문에서 구현한 HLA Adaptor의 동작의 정확성을 확인하기 위해 그림 7과 같이 간단한 위 게임 모델인 대함 미사일 방어 시스템에 적용하여 보았다. 대함 미사일 방어 시스템의 간단한 시나리오는 대함 미사일이 아함을 향해 날아오고, 아함은 미사일을 표적으로 탐지하여 방어 시스템을 가동하여 대공 미사일을 발사할 수 있는 범위 내로 표적이 들어온다면 대공 미사일을 발사한다. 그 후 아함의 파괴 여부 또는 대함 미사일의 파괴여부를 결정한다.

플랫폼 모델 안에는 크게 아함의 교전을 분석하는 교전 분석 모델과 표적 모델이 존재한다. 교전 분석 모델은 시나리오를 입력한 후 아함을 생성하고 입력한 초기 위치, 속력 및 침로를 이용하여 주기적으로 기동을 한다. 또한 표적 모델은 아함 쪽으로 기동을 수행한다.

레이다 모델은 주기적으로 아함 및 표적의 위치정보를 수신하고 탐지 거리 내에 있는 표적이 있을 시 이를 플랫폼 모델에 전달하여 플랫폼 모델의 교전 분석 모델에게 대공 미사일로 공격하도록 한다.

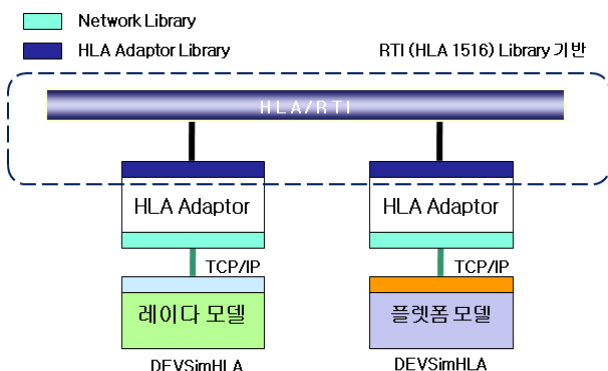


그림 7. HLA Adaptor를 이용한 연동 시뮬레이션

플랫폼 모델안의 교전 분석 모델과 표적 모델과 레이다 모델은 DEVS(Discrete Event Systems Specification)[7]로 모델링하고 DEVSimHLA[8]로 구현하였다. 이 플랫폼 모델과 레이다 모델을 각각의 페더

레이트로 구성하고 전체 페더레이션을 구성하였다.

그림 7과 같이 대함 미사일 방어 체계를 HLA Adaptor 라이브러리를 적용하여 구축하고 HLA/RTI 상에 연동하여 시뮬레이션 할 수 있었다. 이렇게 함으로 HLA Adaptor 라이브러리를 이용하여 연동 시뮬레이터를 모델링하고 시뮬레이션을 쉽게 할 수 있음을 확인하였다.

#### 5. 결론

본 논문에서는 HLA/RTI 기반의 연동 시뮬레이터의 개발을 도와주는 HLA Adaptor를 설계하고 구현하였다. HLA Adaptor는 TAR 모드와 NMR 모드의 시간 관리 방법을 제공한다. 또한 개발자가 사용하는 객체와 HLA가 사용하는 객체를 잘 관리하도록 데이터 관리 방법을 제공한다. 그러므로 개발자는 HLA Adaptor 라이브러리를 사용함으로써 HLA/RTI를 이용한 연동 시뮬레이터를 손쉽게 개발할 수 있다. 이를 간단한 위 게임예제인 대함 미사일 방어 시스템을 통하여 HLA Adaptor의 동작의 정확성을 검증하였다.

#### 참고문헌

- [1] IEEE, IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA) - Framework and Rules, IEEE Std 1516, 2000.
- [2] IEEE, IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA) - Federate Interface Specification, IEEE Std 1516.1-2000.
- [3] IEEE, IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA) - Object Model Template(OMT), IEEE Std 1516.2-2000.
- [4] DMSO. High Level Architecture Run-Time Infrastructure RTI 1.3-Next Generation Programmer's Guide Version 5, 1999.
- [5] Jae-Hyun Kim, Su-Youn Hong and Tag Gon Kim, "Design and Implementation of Simulators Interoperation Layer for DEVS Simulator," *M&S-MTSA'06*, Ottawa, Canada, pp. 195~199, July, 2006.
- [6] 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 24~27, 2005, Invited Paper.
- [7] Bernard P. Zeigler, Herbert Praehofer and Tag Gon Kim, *Theory of Modeling and Simulation 2nd edition*, Academic Press, 2000.
- [8] Tag Gon Kim, "DEVSimHLA User's Manual", Ver. 3.0.0, 2007, <http://smslab.kaist.ac.kr>.