한국군사과학기술학회지 제12권 제1호, pp. 88~96, 2009년 2월

학술논문 정보기술 부문

IEEE 1516 HLA/RTI 기반 연동 시뮬레이션을 위한 연동 어댑터의 설계 및 구현

Design and Implementation of Interoperable Adaptor for Simulators Interoperation using IEEE 1516 HLA/RTI

홍 정 희* 성 창 호* 안 정 현* 김 탁 곤*
Jeong Hee Hong Chang Ho Sung Jung Hyun Ahn Tag Gon Kim

Abstract

Interoperation between heterogeneous simulators employs definition of standard protocols for data exchange and time synchronization among simulators. The High Level Architecture(HLA) is a specification of common services for such interoperation, which is approved as IEEE standard 1516. This paper presents the design and implementation of an interoperable adaptor which supports development of interoperable simulators under the IEEE 1516 HLA/RTI environment. The adaptor, KHLAAdaptor1516, is implemented as a library form which is linked to HLA-compliant simulators. Design of the adaptor employs a protocol conversion method, the model of which is finite state machine. KHLAAdaptor1516 allows developers to separate interoperable adaptors from stand-alone simulators. The interoperable adaptor manages mapping between HLA services and simulation messages for simulator. This separation increases robustness of a federation and reusability of simulators as well as alleviates much effort and time for maintenance.

Keywords : HLA, RTI, IEEE 1516, Simulators Interoperation(연동), Adaptor(어댑터)

1. 서 론

연동 시뮬레이션이란 서로 다른 컴퓨터에서 시뮬레이터들이 독립적인 기능하며 서로 데이터를 주고받으면서 시뮬레이션을 수행하는 것을 말한다. 이처럼 분산 환경에서 시뮬레이터들을 연동하기 위해서는 시뮬레이션 시간 동기화 및 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 각자 다른 시뮬레이터에서 발생한 이벤트를 시간 순서대로 처리할 수 있도록 시뮬레이션 시간을 동기화하는 기능이다.

이러한 이기종 분산 시뮬레이션에서 연동을 위하여 2000년에 IEEE 1516 표준으로 HLA(High Level

† 2008년 11월 20일 접수~2009년 1월 16일 게재승인
* 한국과학기술원(KAIST)
책임저자 : 홍정희(jhhong@smslab.kaist.ac.kr)

Architecture)가 채택되었으며 이를 지원하는 도구 RTI (Run-Time Infrastructure)가 있다[1~3]. HLA는 이기종 시뮬레이터간의 연동을 위한 명세 규약으로 앞서 언급한 연동 시뮬레이션을 위하여 필수적인 요건인 데이터 교환과 시뮬레이션 시간 동기화를 표준으로 규약화한 것이다. HLA의 또 하나의 목적은 재사용성이다. 이미 개발한 시뮬레이터를 다른 목적의 시뮬레이션에도 쉽게 재사용할 수 있도록 주고받는 데이터에 대한 정보를 표준화하여 기술할 수 있도록 하였다.

연동 시뮬레이션을 구성하고자 할 때 개별 시뮬레이터와 분리된 연동 어댑터 방식으로 개발하면 시뮬레이터와 통신 프로세스의 분리로 인해 연동시 안정성 확보하고 기존 시뮬레이터의 재사용성을 높임과 동시에 연동 데이터 형식의 변화 등에 대해 유지/보수에 대한 비용을 줄일 수 있다. HLA 1.3 버전에 대해서는 이와 같은 접근방식으로 연구가 진행된 바 있으나[4] IEEE 1516 HLA/RTI에 대해서는 현재까지 그 연구가 활발히 이루어지지 않았다. 이에 본 논문은 IEEE 1516 HLA/RTI 기반 연동 시뮬레이터 개발시 연동 어댑터 방식으로 개발이 가능하도록 KHLAAdaptor1516 라이브러리를 설계하고 구현 방안을 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 HLA/RTI을 이용한 연동 시뮬레이션에 대해서 간략히 살펴보고 3장에서는 연동 어댑터 방식으로 연동 시뮬레이션을 구성했을 시에 얻을 수 있는 이점들에 대해서 자세히 살펴본다. 다음으로 4장에서는 개발환경인 KHLAAdaptor1516의 설계 및 구현에 대하여 살펴보고 5장에서는 이 라이브러리를 이용한 연동 시뮬레이션에 대한 예제에 대해 언급한다. 마지막으로 6장에서는 결론을 맺기로 한다.

2. Simulators Interoperation Using HLA/RTI

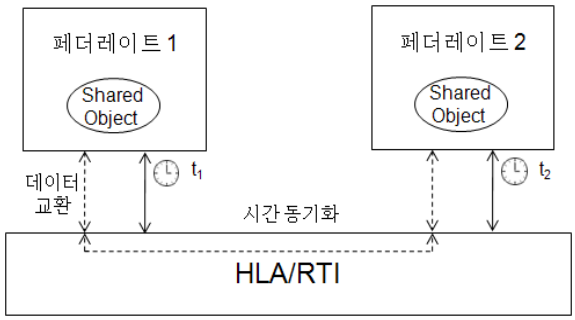
HLA는 여러 가지 다른 타임의 시뮬레이터들의 연동을 지원하기 위하여 정의된 아키텍처이며 2000년에 IEEE 1516 표준으로 채택되었다. 페더레이트(Federate)는 HLA 표준을 따르는 연동 시뮬레이터를 의미하며 이런 페더레이트들의 모임을 페더레이션(Federation)이라고 한다. HLA의 목적은 시뮬레이터간의 상호 연동성과 재사용성을 높이기 위한 것으로 HLA 프레임워크와 규칙(HLA Framework and Rules)[1], 페더레이트 인터페이스 명세(Federate Interface Specification)[2], 그리고 객체 모델 탬플릿(OMT : Object Model Template)[3]의 세 가지로 구성되어 있다.

먼저, HLA 프레임워크와 규칙은 페더레이션에 포함되는 구성요소들의 역할과 상호 관계에 관한 전반적이고 기본적인 10개의 규칙이다.

다음으로 페더레이트 인터페이스 명세는 각 페더레이트와 RTI 간의 기능적인 인터페이스에 관한 규약으로 다양한 프로그램 언어별로 API(Application Programing Interface)를 기술하고 있다. RTI는 페더레이트 인터페이스 명세를 라이브러리 형태로 구현한 것이다.

마지막으로 OMT는 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)으로 구성된다.

연동 시뮬레이션을 수행하기 위하여 가장 주요한 기능은 시간 동기화, 데이터 교환 그리고 시뮬레이션 관리이다. 페더레이트 인터페이스 명세는 6개의 서비스 관리영역으로 나누어 이러한 기능들을 서술하였다. 그림 1은 HLA/RTI를 이용한 연동 시뮬레이션에서의 시간 동기화와 데이터 교환에 대한 개념을 보여준다.



[그림 1] HLA/RTI를 이용한 연동 시뮬레이션[5]

HLA/RTI는 시간 동기화를 위하여 시간 관리 서비스를 제공한다. 시간 관리 서비스는 병렬 및 분산 시스템에서 많이 연구되어 왔던 분산 시간 동기화 알고리즘을 바탕으로 이벤트 기반(Event-Driven), 시간 스텝 기반(Time-Stepped), 낙관적인 시간 동기화(Optimistic

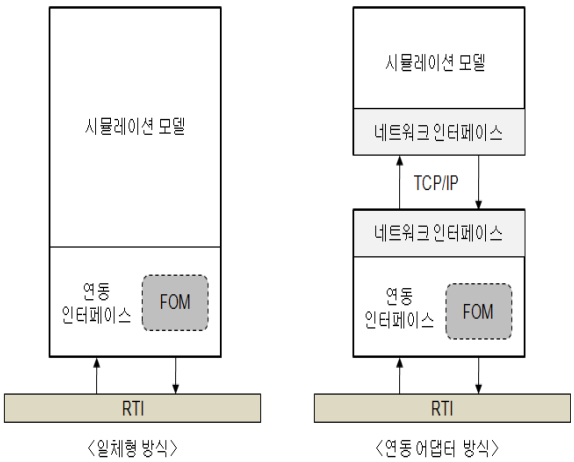
Time Synchronization) 서비스를 담고 있다. 또한, 데이터 교환을 위하여 선언 관리 서비스와 객체 관리 서비스를 제공한다. 페더레이트는 공용 객체와 상호작용(Interaction)의 두 가지 방식으로 다른 페더레이트와의 데이터 교환을 가능하게 해준다. 이러한 공용 객체나 상호작용은 앞서 언급한 FOM에 등록되어 있어야 하며 선언 관리 서비스는 이들을 등록하도록 해주며 이들의 값이 변경되었을 경우 객체 관리 서비스에서 제공하는 서비스들로 그 값들을 다른 페더레이트로 전달할 수 있다. 마지막으로 시뮬레이션 관리를 위하여 HLA/RTI는 페더레이션 관리 서비스 및 MOM (Management Object Model)을 통하여 페더레이션을 구성하고 시뮬레이터 동기화(Synchronization Point), 저장, 복구 및 페더레이션 모니터링 기능도 제공한다.

3. 연동 어댑터 설계

가. 연동 어댑터 방식 시뮬레이터 연동의 이점

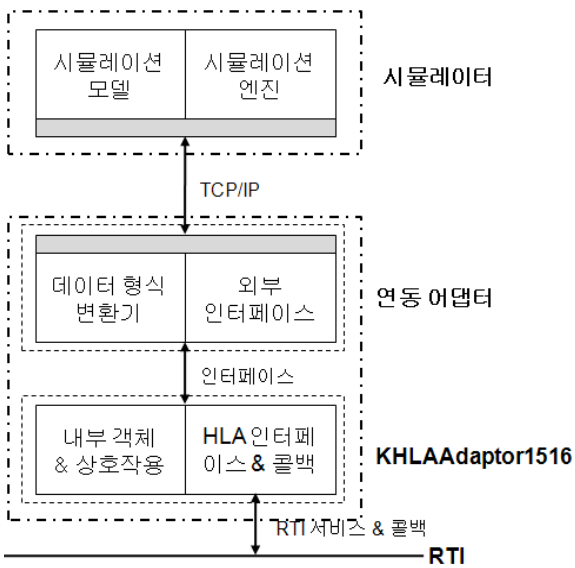
시뮬레이터와 분리된 연동 어댑터 방식을 이용하여 페더레이트를 분리하면 여러 가지 이점을 얻을 수 있다.

먼저 시뮬레이터와 통신 프로세스의 분리로 인해 연동시 시뮬레이터가 비정상적으로 종료될 경우 연동 어댑터(Adaptor Application)와 시뮬레이터의 연결을 해제함으로써 전체 연동 시뮬레이션에는 영향을 주지 않도록 할 수 있으므로 안정성을 높일 수 있다.



[그림 2] 데이터 형식 변환의 위치에 따른 연동 인터페이스 방식의 비교

다음으로 FOM 변화에 따라 데이터 형식이 바뀌어야 하므로 연동 어댑터 형식으로 페더레이트를 구성함으로써 FOM 변화에 상관없이 기존의 시뮬레이터를 그대로 사용할 수 있다[6]. 이와 관련하여 그림 2가 잘 보여주고 있다. 일반적으로 일체형 방식에서는 연동 데이터를 받아서 시뮬레이터에서 데이터 형식을 변환하여 시뮬레이션하게 된다. 이 데이터 형식 변환은 FOM이 바뀜에 따라 시뮬레이터 데이터와의 매핑이 달라지는데, 시뮬레이터 내부에서 데이터 형식을 변환함으로써 FOM의 변화가 단독 시뮬레이터의 변화를 야기한다. 또한 연동 데이터를 네트워크를 통해 보내게 되는데 이로 인한 프로토콜이 변하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 분리형 연동 기술을 이용하여 연동 어댑터 방식으로 연동 엔진 내부에서 데이터 형식 변환을 한다. 그렇기 때문에 시뮬레이터는 FOM이 변한다고 하더라도 그대로 사용할 수 있다. 또한 연동 어댑터와 시뮬레이터 사이의 네트워크 프로토콜이 바뀔 이유도 없으므로 유지/보수의 비용이 절감된다.

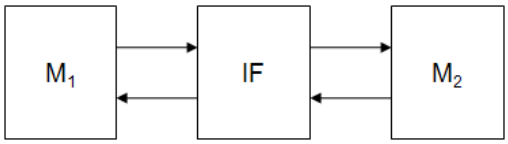


[그림 3] HLA/RTI 연동 어댑터 구조

마지막으로 분리형 연동 기술인 HLA Adaptor를 사용함으로써 기존 시뮬레이터의 재사용성을 높일 수 있다. 그림 3은 HLA/RTI 연동 어댑터 구조를 개략적으로 보여주고 있다. 기존 시뮬레이터를 이용하여 연동 시뮬레이션을 구성할 시, KHLAAdaptor 1516에 기

반하여 연동 어댑터를 개발하고 시뮬레이터와 연동 어댑터 사이의 네트워크 통신 프로토콜만을 정의하여 추가하면 기존 시뮬레이터를 재사용할 수 있어 사용자의 노력을 줄일 수 있다.

나. 인터페이스 설계

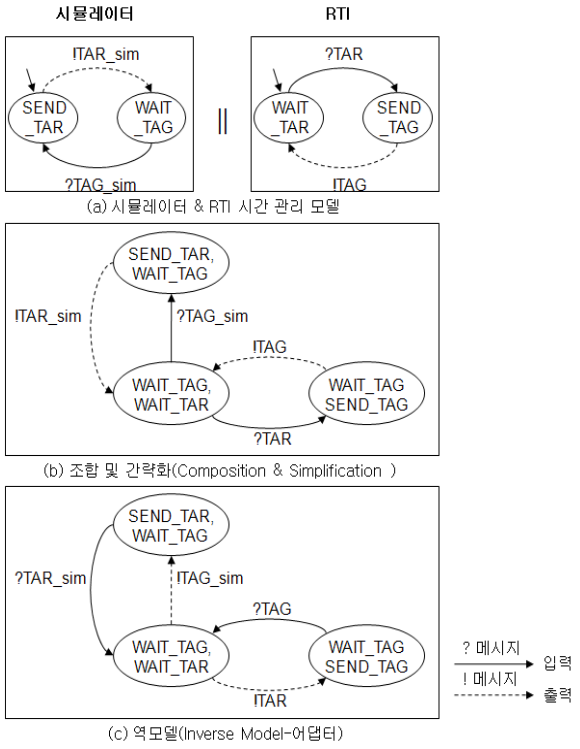


[그림 4] 모델 간 인터페이스 설계

그림 4와 같이 두 모델 M1과 M2 사이의 프로토콜 변환기라 할 수 있는 인터페이스 IF를 설계하고자 할 때 다음과 같이 3단계의 절차를 거치게 된다[7,8].

1) M1과 M2의 조합 M(M = M1 ‖ M2)
   모델 M1과 M2를 하나의 모델 M으로 조합한다.
2) 간략화(M' = Simplification of M)
   조합된 모델을 불필요하거나 중복되는 부분을 간략화하여 M'를 구한다.
3) 인터페이스 IF(IF = $(M')^{-1}$)
   인터페이스는 간략화된 M'의 역(Inverse)으로 구할 수 있다.

어댑터는 시뮬레이터와 RTI 사이의 인터페이스로서 위의 절차를 이용하여 설계할 수 있으며 시간 진행에 대한 예를 그림 5와 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. 이는 시뮬레이터가 어댑터로 시간 진행을 요청하면 시간 진행 승인을 받을 때까지 기다렸다가 승인을 받으면 시간 진행을 하게 된다. RTI는 페더레이트로부터 시간 진행 요청을 받으면 내부의 시간 관리 서비스의 알고리즘에 따라 승인 조건을 만족할 경우 승인을 해준다. 어댑터는 시뮬레이터로부터 받은 시간 요청 메시지를 RTI 서비스로 변환하여 RTI로 호출해주며 역으로 RTI로부터 시간 진행 승인 콜백을 받아 시뮬레이터 메시지로 변환하여 전달해 준다. 다른 103개의 HLA 서비스와 38개의 콜백들도 이와 마찬가지로 수행된다.

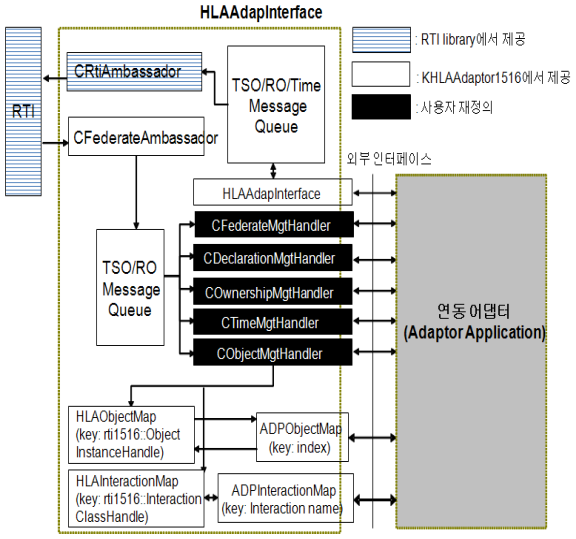


[그림 5] 어댑터의 설계

4. 연동 어댑터 구현: KHLAAdaptor1516 Library

HLA Adaptor를 라이브러리 형태로 설계 및 구현한 것을 KHLAAdaptor1516이라고 명명하며 이 라이브러리는 사용자로 하여금 연동 시뮬레이터 개발시 손쉽게 개발할 수 있도록 해준다. 연동 시뮬레이션에서 주요한 요소인 시간 관리, 데이터 관리를 제공할 뿐만 아니라 RTI 콜백 메시지를 처리하기 위해 콜백 메시지 핸들러를 사용자가 재정의하여 사용할 수 있다.

그림 6은 KHLAAdaptor1516 라이브러리의 전체 구조를 보여준다. HLAAdapInterface는 시뮬레이터로부터 RTI로 호출되는 서비스를 변환하여 주는 역할을 수행하며 각 서비스 별로 나뉘어져있는 메시지 핸들러는 RTI의 콜백 함수를 처리하기 위한 것이다. 그리고 시뮬레이터로부터 전달되는 외부 메시지는 어댑터 내부에 정의된 메시지 큐에 추가된다. 이들에 대한 자세한 설명은 다음과 같다.



[그림 6] KHLAAdaptor1516 전체 구조[4,9]

가. 메시지 핸들러와 메시지 큐

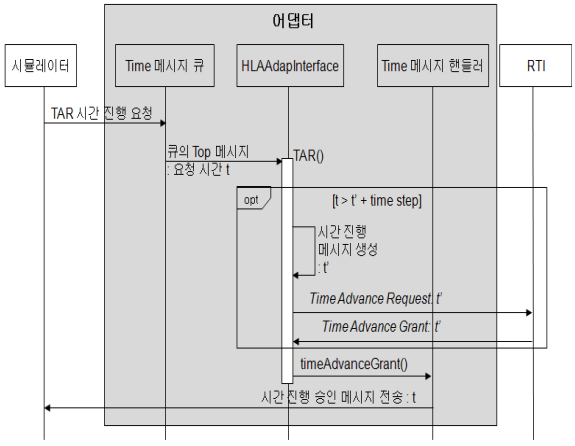
앞서 언급한 바와 같이 사용자 재정의 메시지 핸들러를 제공함으로써 사용자에게 RTI 콜백 메시지를 처리할 수 있도록 한다. RTI가 제공하는 6가지 서비스에 대해 각각의 메시지 핸들러를 나누어 필요한 콜백 메시지를 담고 있는 서비스 영역만을 재정의하여 사용할 수 있다. 예를 들어 CFederationMgtHandler와 같은 경우 페더레이션 관리 서비스에 대한 콜백 함수를 처리하기 위한 것이며 사용자는 이 핸들러를 상속받아 자신의 콜백 함수로 재정의할 수 있다.

또한 KHLAAdaptor1516은 Time 메시지 큐, TSO (Time-Stamp Order) 큐, RO(Receive Order) 큐의 세 가지의 메시지 큐를 제공한다. Time 메시지 큐는 시간 진행 요청을 외부에서 받거나 자체적으로 시간 진행을 할 경우 그에 해당하는 메시지를 시간 순서대로 관리하여 RTI에 시간 진행 요청을 한다. RO 큐와 TSO 큐는 각각 RO 메시지와 TSO 메시지를 관리하며 해당 메시지 핸들러에서 처리할 수 있도록 한다. 예를 들어 RTI에서 콜백 함수가 불려졌을 때, CFederateAmbassador는 콜백 함수에 해당하는 메시지를 만들어 이를 RO 큐에 저장하고 사용자가 재정의한 메시지 핸들러가 처리할 수 있도록 한다. 세 종류의 큐가 수행되는 과정은 다음과 같다. 먼저 Time 메시지 큐의 상위에 위치한 Time 메시지를 얻어 현재 시간 진행 모드(TAR/NMR)에 맞게 시간 진행을 RTI에 요청한다. 다음으로 tick을 수행하면서 RO 큐에 있는 메시지를 처리하며 시간 진행 허가를 받았을 경우 그 시간까지의 TSO 메시지를 처리한다.

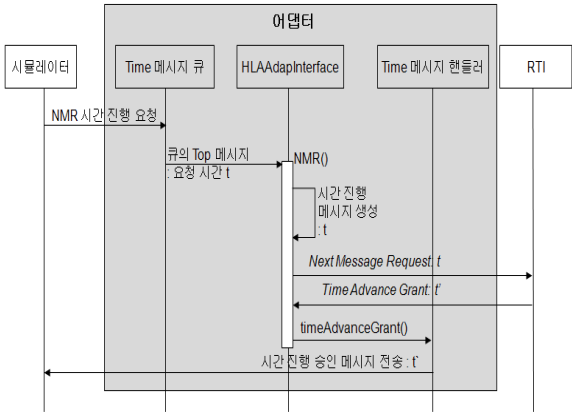
나. 시간 관리

KHLAAdatpor1516은 시뮬레이터로부터 시간 진행 요청메시지를 받아 RTI로 시간 진행 요청을 한다. 이때 TAR(Time Advance Request)와 NMR(Next Message Request)의 두 가지 시간 진행 모드가 있다.

그림 7은 TAR 모드의 시퀀스 다이어그램을 보여주며 그림 8은 NMR 모드의 시퀀스 다이어그램을 나타낸다. KHLAAdaptor1516은 Time 메시지 큐의 첫 번째 메시지로부터 시간 진행 요청 시간을 받아 RTI로 시간 진행 요청을 하고 RTI로부 시간 진행 승인 콜백을 받으면 Time 메시지 핸들러를 통해 시뮬레이터로 승인 메시지를 보내준다.



[그림 7] TAR의 시퀀스 다이어그램

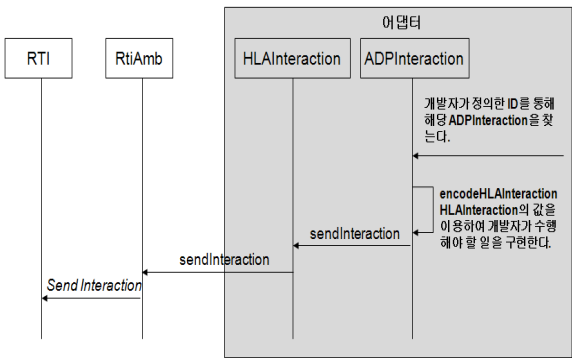


[그림 8] NMR의 시퀀스 다이어그램

다. 데이터 관리

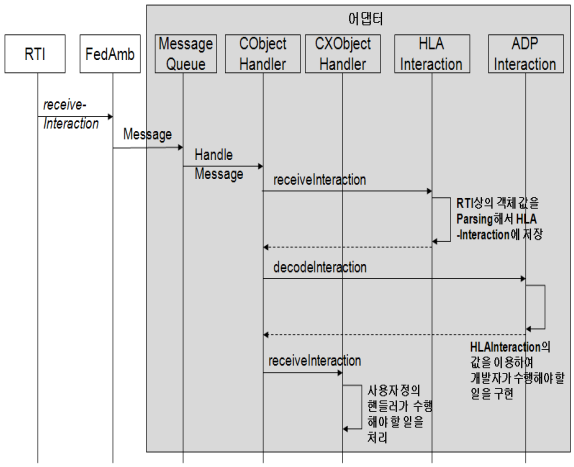
일반적으로 시뮬레이터에서 사용하는 데이터 양식은 연동 시뮬레이션을 위하여 정의된 FOM과는 일치하지 않는다. KHLAAdaptor1516은 시뮬레이터와 어댑터 사이의 양방향 데이터 교환을 자동적으로 할 수 있는 프로세스를 제공한다. 하지만 이를 위해서는 사용자가 KHLAAdaptor1516 라이브러리를 사용하여 실제 데이터 변환 함수를 구현해야 한다. 시뮬레이터에서 어댑터로 보내는 데이터는 인코딩(Encoding)을 해주어야 하며, 어댑터에서 시뮬레이터로 전달되는 데이터는 디코딩(Decoding)을 해주어야 한다. KHLAAdaptor1516에서는 데이터가 변환되어야 하는 이벤트가 발생할 때마다 자동으로 어댑터에서 구현되어 있는 인코딩/디코딩 함수가 불려지게 함으로써 이를 가능하게 해준다.

KHLAAdaptor1516은 연동을 위한 데이터인 객체와 상호작용을 그림 6에서 보는 바와 같이 맵(Map) 형태로 관리할 수 있도록 해준다. 객체 관리를 위해서는 HLAObjectMap과 ADPObjectMap을 이용한다. HLAObjectMap은 RTI에서 제공하는 핸들로 관리하고 ADPObjectMap은 사용자가 정의한 인덱스로 관리한다. ADP 객체는 사용자에 의해 정의된 객체로 이는 HLA 객체에 상응하는 객체이다. ADP 객체와 HLA 객체는 서로 참조 포인터를 가지고 있다. 상호작용 관리를 위해서는 HLAInteractionMap과 ADPInteractionMap을 제공하며 그 기능은 객체 맵과 유사하다.



[그림 9] 상호작용 전송(Send Interaction)

상호작용을 주고받는 측면을 살펴보면 그림 9, 그림 10과 같다. 상호작용을 전송할 때, 사용자가 정의한 ID를 통해 해당 ADPInteraction을 찾은 후에 encodeHLAInteraction 함수를 호출하여 ADPInteraction에 상응하는 HLAInteraction의 값을 이용하여 사용자가 수행해야 할 일을 구현할 수 있다. 그런 다음 RTI 서비스 중 sendInteraction을 이용하여 상호작용을 전송하게 된다. 데이터를 수신하게 되는 시뮬레이터에서는 RTI로부터 receive Interaction 콜백을 받아 해당 메시지 핸들러를 통해서 decodeInteraction을 호출함으로써 사용자가 하고자 하는 일을 수행할 수 있다. 이와 유사한 방식으로 객체와 관련된 등록(Register), 갱신(Update) 및 그에 해당하는 콜백인 발견(Discover), 반영(Reflect)이 이루어진다.

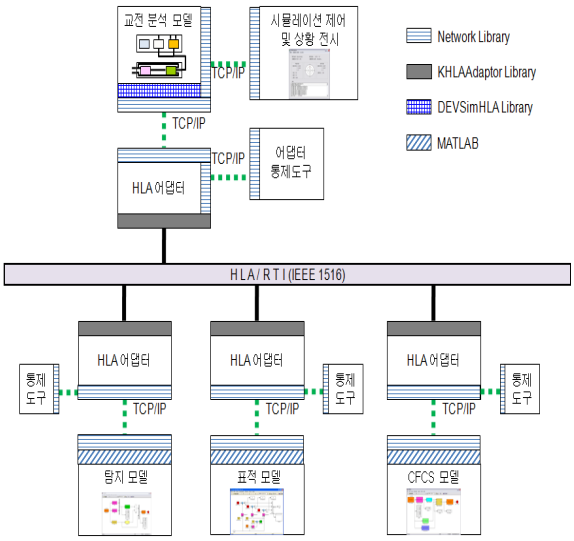


[그림 10] 상호작용 수신(Receive Interaction)

5. Case Study

그림 11과 같은 간단한 워게임 연동 시뮬레이션인 대함 미사일 방어 시스템에 적용하여 봄으로써 본 논문에서 설계/구현한 KHLAAdaptor1516 라이브러리의 동작성의 정확성을 확인하였다. 대함 미사일 방어 시스템의 간단한 시나리오는 대함 미사일이 아함을 향해 날아오면, 아함은 미사일을 표적으로 탐지하여 방어 시스템을 가동함으로써 대공 미사일을 발사할 수 있는 범위 내로 들어오는지를 판단한다. 발사 범위 내로 표적이 들어온다면 대공 미사일을 발사하며 그 후, 아함의 파괴여부 또는 대함 미사일의 파괴여부를 결정한다[10].

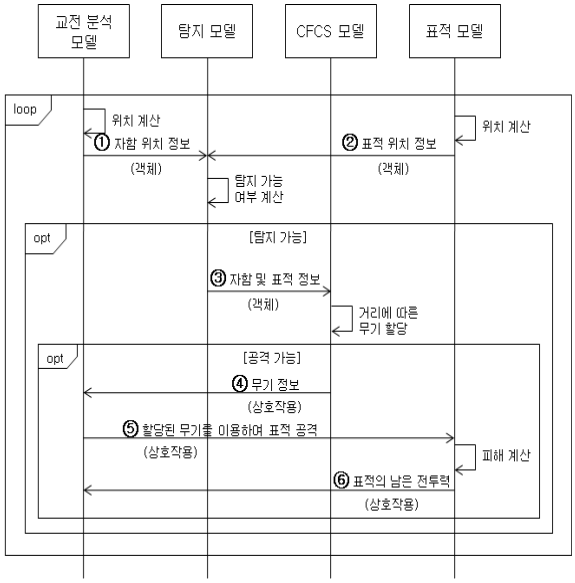
미사일 방어 체계 시스템은 4개의 독립된 시뮬레이터로 구성되어 있으며, 분리된 시스템 및 시나리오는 다음과 같다.



[그림 11] HLA 어댑터를 이용한 연동 시뮬레이션

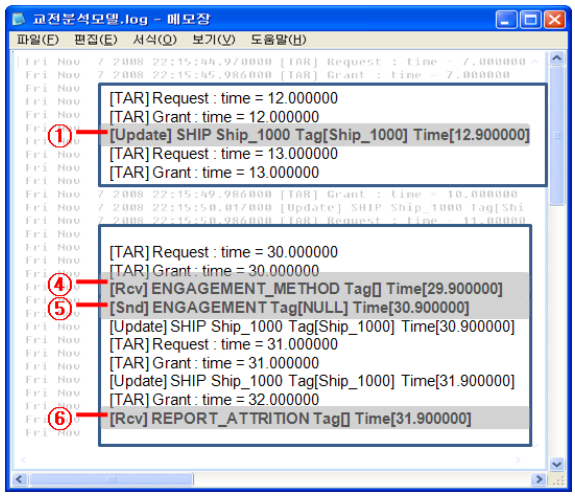
우선 교전 분석 모델은 시나리오를 입력한 후 아함을 생성하며 사용자가 입력한 초기 위치, 속력 및 침로를 이용하여 주기적으로 기동을 한다. 이 정보는 탐지 모델로 전달되고 탐지 모델로부터 표적 위치를 수신하고, CFCS 모델로부터 공격 정보를 수신하며 이 정보를 표적 모델로 전달한다. 표적으로부터 교전 결과를 수신하고 그 정보를 저장한다. 이 모델은 이벤트에 의해 상태가 변화하는 교전급 모델로 DEVS (Discrete Event Systems Specification)[11]로 모델링하고 DEVSimHLA[12]로 구현하였다. 표적 모델은 기동방정식을 수행하면서 주기적으로 위치 정보를 교전 분석 모델에 전송한다. 탐지 모델은 주기적으로 아함 및 표적의 위치 정보를 수신하고 탐지 거리 내에 표적이 있을 시 아함 및 표적 위치 정보를 CFCS 모델로 송신한다. CFCS 모델은 탐지 모델로부터 받은 표적의 위치 정보를 이용하여 공격 방법을 결정하여 교전 분석 모델로 전송한다. 교전 분석 모델을 제외한 나머지 세 모델은 공학급 모델로 표현되며 MATLAB[13]으로 구현하였다.

그림 12는 대함 미사일 방어 시스템의 연동 시뮬레이션시 각 시뮬레이터가 HLA/RTI를 통해 주고받는 메시지를 시퀀스 다이어그램으로 나타낸 것이다. 4개의 모델은 각각의 개별 시뮬레이터로 구성되며 각각의 시뮬레이터에는 HLA/RTI를 이용한 연동 시뮬레이션을 위한 HLA 어댑터를 가지며 TCP/IP로 정보를 주고받는다.

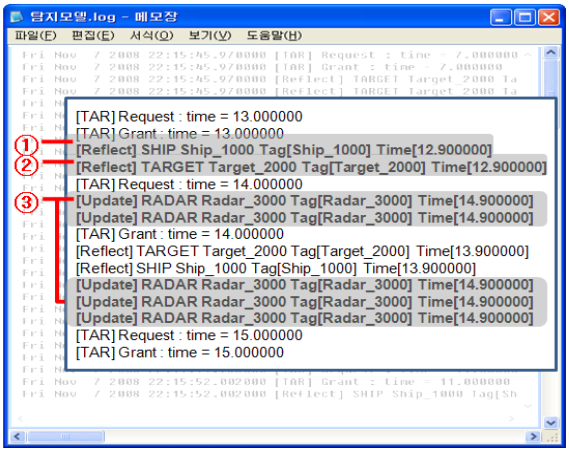


[그림 12] 대함 미사일 방어 시스템 연동 시뮬레이션의 메시지 시퀀스 다이어그램

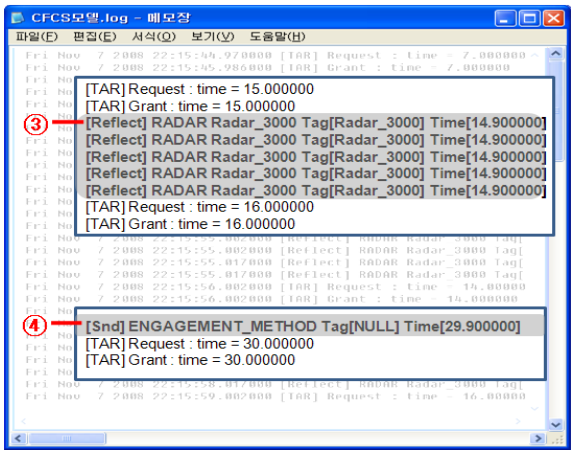
그림 13은 KHLAAdaptor1516 라이브러리를 이용하여 구현한 각 시뮬레이터의 연동 어댑터가 그림 12의 메시지 시퀀스대로 메시지를 주고받는지를 확인하기 위한 로그 파일이다. 그림 12와 그림 13을 비교해보면 각 시뮬레이터가 주고받아야 할 메시지가 순서대로 송수신 되고 있음을 확인할 수 있다. 따라서 시뮬레이터 간에 HLA/RTI를 통한 시간 진행 및 정보 교환이 제대로 이루어짐을 확인할 수 있다.



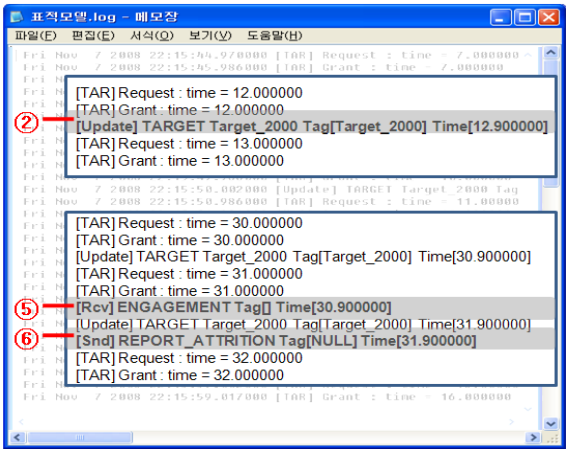
(a) 교전분석모델의 이벤트로그



(b) 탐지모델의 이벤트로그



(c) CFCS 모델의 이벤트로그



(d) 표적모델의 이벤트로그

[그림 13] 시뮬레이터들의 이벤트로그

6. 결 론

본 논문에서는 IEEE 1516 HLA/RTI 기반 연동 시뮬레이션을 위한 연동 어댑터 개발환경을 제공하는 KHLAAdaptor1516 라이브러리를 설계하고 구현하였다. KHLAAdaptor1516에서는 연동 시뮬레이션에서 주요한 기능인 시간 관리 측면에서 TAR 모드와 NMR 모드의 시간 관리 방법을 제공하며 데이터 교환 측면에서는 HLA가 사용하는 객체/상호작용과 사용자가 정의하여 사용하는 객체/상호작용으로 나누어 그 관리가 용이하도록 데이터 관리 방법을 제공하였다. KHLAAdaptor1516 라이브러리를 이용하여 개별 시뮬레이터와 분리된 연동 어댑터 개발을 가능하게 함으로써 연동시 안정성을 확보하고 시뮬레이터의 재사용성을 높이며 유지/보수 비용절감의 기대효과를 얻을 수 있다.

후 기

본 연구는 한국과학재단의 특정기초연구 연구비 지원(R01-2006-000-11118-0(2008))에 의해 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

Reference

[1] IEEE, IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture(HLA) - Framework and Rules, Std. 1516, 2000.

[2] IEEE, IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture(HLA) - Federate Interface Specification, Std. 1516.1, 2000.

[3] IEEE, IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture(HLA) - Object Model Template(OMT), Std 1516.3, 2000.

[4] Jae-Hyun Kim, Su-Youn Hong and Tag-Gon Kim, “Design and Implementation of Simulators Interoperation Layer for DEVS Simulator”, M&S-MTSA'06, pp. 195～199, Ottawa, Canada, 2006.

[5] Tag-Gon Kim and Jae-Hyun Kim, “DEVS Framework and Toolkits for Simulators Interoperation Using HLA /RTI”, Proceeding of Asia Simulation Conference/the

6th International Conference on System Simulation and Scientific Computing, pp. 16～21, Oct., 2005, Invited Paper.

[6] 김탁곤, “표준 HLA/RTI를 사용하여 구성한 페드레이션들의 연동 : 문제점 및 해결방안”, 국방 M&S 발전 세미나, pp. 159～179, 한국, 2008.

[7] Yong-Jae Kim, Jeong-Hun Cho and Tag-Gon Kim, “DEVS-HLA : Heterogenous Simulation Framework Using DEVS BUS Implemented on RTI”, SCSC'99, Chicago, USA, July, 1999.

[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] 안정현, 홍정희, 성창호, 김탁곤, “IEEE 1516 HLA/RTI 기반 연동 Adaptor의 설계 및 구현”, 2008년도 한국군사과학기술학회 종합학술대회, pp. 165～168, 한국, 2008.

[10] 성창호, 서경민, 김탁곤, “공학급/교전급 연동시뮬레이션을 위한 모델 개발 환경 연동 프레임워크”, 제7회 해양무기학술대회, pp. 362～375, 한국, 2008.

[11] Bernard P. Zeigler, Herbert Praehofer and Tag Gon Kim, Theory of Modeling and Simulation 2nd edition, Academic Press, 2000.

[12] 김탁곤, DEVSimHLA User's Manual, Ver. 3.0.0, 2007, http://smslab.kaist.ac.kr.

[13] MathWorks, Using MATLAB Manual, The MathWorks Inc., 2006.