SMART-P 안전해석 전산 코드인 TASS/SMR 의 HLA 적용에 관한 연구

김희경[O] 김희철 지성균 김현수[1]
한국원자력연구소 신형원자로개발단[O], 충남대학교 전기정보통신공학부 컴퓨터전공[1]
{hkkim, hckim, zee}@kaeri.re.kr[O], hskim401@cnu.ac.kr[1]

A Study on the Application of TASS/SMR for SMART-P in Compliance with HLA

Hee-Kyung Kim[O] Hee-Cheol Kim Sung-Quun Zee Hyeon-Soo Kim[1]
Advanced Reactor Technology Development, Korea Atomic Energy Research Institute
Dept. of Computer Science & Engineering, Chungnam National University[1]

요 약

본 논문에서는 최근에 각광을 받고 있는 HLA의 연구 현황을 파악하고 HLA의 기본 개념, 구성 요소, HLA를 이용한 시뮬레이션의 개발 방법 등에 대하여 조사하였다. 그리고 SMART-P 안전해석 전산코드인 TASS/SMR을 HLA에 적용하기 위한 방법에 대하여 기술하였으며 랩퍼 (Wrapper)를 사용하여 TASS/SMR을 HLA에 적용하여 보았다. 이러한 연구 결과로 TASS/SMR을 HLA에 적용, 구현하여 실행됨을 확인하였으며 그 결과로 레거시 코드를 HLA에 적용할 수 있는 방향을 제시하였다.

1. 서론

TASS/SMR(Transient And Setpoint Simulation/Small and Medium Reactor)은 신형원자로 범주에서 중소형일체형 원자로인 SMART-P(System-integrated Modular Advanced ReacTor for Pilot)의 원자로 안전해석에 사용되고 있는 전산코드이다. SMART-P는 한국원자력연구소에서 개발하고 있는 새로운 개념의 원자로로서 65MWt의 열출력과 하루에 10만 톤의 해수를 담수화할 수 있는 전기를 생산하도록 설계되고 있다[1]. TASS/SMR은 SMART-P의 Engineering Simulator(ES)를 구성하고 있는 여러 엔진들 중의 하나로 사용되고 있다. ES란 컴퓨터를 이용해서 여러 가지 다양한 공학적인 모의실험을 할 수 있도록 구성된 시뮬레이터를 말한다.

High Level Architecture (HLA)는 시뮬레이터 분야의 표준 아키텍처로 현재 전장 시뮬레이션 분야 외에 교통시스템, 무선통신망 시스템 등과 같은 이기종 시뮬레이션 분야에서 상호연동성과 재사용을 위한 표준 프로토콜로서 사용이 확산되고 있다. 이에 TASS/SMR을 시뮬레이터 분야의 표준 아키텍쳐인 HLA에 적용하는 방법에 대한 연구의 필요성이 제기되고 있다.

2장에서는 분산시뮬레이션 기술과 관련된 연구 현황에 대해 알아보고, 3장에서는 HLA의 기본 개념, 구성요소에 대해 기술하였다. 4장에서는 TASS/SMR에 HLA를 적용하는 방법에 대하여 조사하고 이들 방법 중에서 랩퍼를 사용한 방법으로 구현하였으며 이에 대한 결과를 기술하였다. 그리고 5장에서는 결론 및 향후 연구 계획에 대하여 기술하였다.

2. 분산 시뮬레이션 관련 연구 현황

Simulator Networking (SIMNET)은 분산 시뮬레이션 프로그램으로서 실제와 동일한 군사 모의 훈련을 목적으로, 실제 전장과 거의 유사한 지형을 만들고 그 위에서 탱크, 헬리콥터, 비행기 등의 가상 시뮬레이터들이 서로 상호 작용할 수 있도록 한다. SIMNET은 100-300여대의 컴퓨터가 서로 연결되어 있는 소규모 네트워크인 근거리통신망을 이용해 다수 시뮬레이터를 연결한 세계 최초 군사 훈련용 분산 시뮬레이션 시스템이다.

Distributed Interactive Simulation (DIS)는 지리적으로 떨어진 둘 이상의 사용자들 간의 다양한 상호작용이 필요한 활동의 시뮬레이션을 위한 가상세계를 구축하는 기술로서 SIMNET의 근거리통신망에 기반한 시스템의 한계를 극복하였다.

HLA는 1995년 3월부터 개발에 착수한 미 국방부의 차세대 시뮬레이션 표준기술구조와 이의 대한 인터페이스 명세를 구현한 시뮬레이션 연동체계 (RTI: Run-Time Infrastructure)이다. HLA는 2000년에 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)에서 국제표준(IEEE1516)으로 채택되었다[2]. 선진국들은 HLA-RTI에 기반한 차세대 시뮬레이션 시스템의 개발 및 확산을 추진하여 기존 시뮬레이션 시스템의 세대교체를 적극적으로 지원하고 있다.

3. HLA의 기본 개념 및 구성요소

HLA는 시뮬레이션 모델간의 상호 운용성, 재사용성, 그리고 확장성 등을 높이기 위하여 미 국방성에서 표준으로 제안한 시뮬레이션의 새로운 설계구조 개념으로서 Object Model Template (OMT), RTI, HLA 적용 규칙의 세 가지로 구성되어 있다.

OMT는 Federation에 참여하는 시뮬레이터들 사이에서 자료구조와 개발 환경이 다른 경우의 상호 연동을 위해 제안된 시뮬레이터 모델의 표준 구조이며 13 개의 table들로

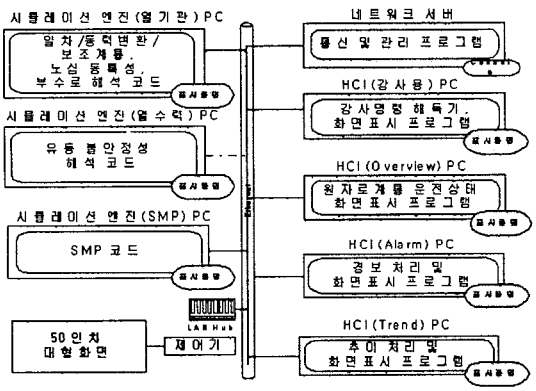
구성되어 있다. 그리고 시뮬레이터들 간에 교환되는 정보들의 통로이자 기반 구조가 되며 기본적인 6가지 기능을 제공하는 library 형태의 소프트웨어가 RTI이며 개발자는 RTI의 함수들을 사용할 수 있도록 RTI 인터페이스를 제작하게 된다. 그리고 이러한 HLA OMT와 RTI 및 시뮬레이션을 수행하기 위해 지켜야 할 10가지 규칙을 정한 것이 HLA 적용 규칙이다.

시뮬레이터가 HLA 기반으로 제작되었다는 것은 개발자가 개발하고자 하는 시뮬레이터의 전문 지식을 가지고 OMT tables을 작성하여 객체 모델의 구조를 만들고, RTI를 통해서 정보를 교환할 수 있도록 RTI 인터페이스를 구축하면서 10가지의 기본 규칙을 지키는 것을 말한다. 이렇게 HLA 기반으로 개발된 시뮬레이터 각각을 federate라고 하며, 하나의 federate나 또는 여러 federate를 연동하여 시뮬레이션을 구현할 경우 그것을 federation이라고 한다. 그리고 이렇게 HLA 기반으로 개발된 시뮬레이터는 마치 플러그-앤-플레이 방식과 마찬가지로 RTI에 언제든지 연결 및 해제가 가능하므로 HLA 기반의 시뮬레이터들 간에는 언제든지 연동이 가능하다. 따라서 상호 운용성 및 재사용성, 확장성이 용이하게 된다.

4. TASS/SMR의 HLA 적용

4.1 TASS/SMR 소개

TASS/SMR은 SMART-P의 안전해석을 위해 사용되는 전산코드이다. TASS/SMR은 SMART-P 설계의 성능 및 안전성의 평가와 보호 및 제어계통 설정치 해석을 위한 계통분석코드이다[3]. 또한 TASS/SMR은 ES의 엔진으로도 사용되고 있다. SMART-P의 ES는 SMART-P를 구성하고 있는 각 계통의 동특성과 운전 및 감시 작업을 실시간으로 모의하는 기능을 가지고 있다.

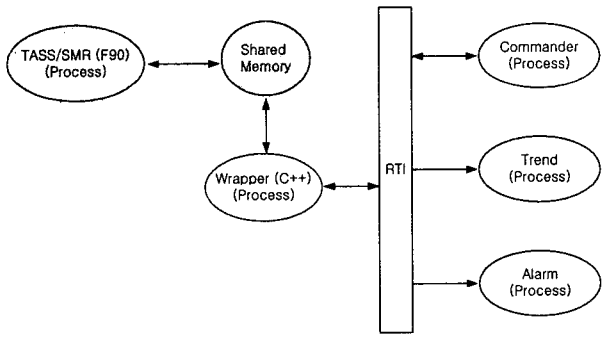


[그림 1] Engineering Simulator 의 구성

위의 그림 1은 ES의 개략적인 구성도이다. 왼쪽에 위치한 3개의 서버들은 ES의 엔진에 해당하는 전산코드들을 적재하고 있다. 이들 엔진 서버들이 해석한 결과는 네트워크를 따라서 오른쪽 위에 위치한 네트워크 서버로 전달된 후 4개의 제어 및 감시 서버들로 분배된다. 감사용 서버는 ES의 전체적인 조작을 담당하며 네트워크 서버는 ES를 구성하고 있는 모든 서버들 사이의 통신을 제어하는 기능을 가진다. TASS/SMR은 첫번째 시뮬레이션 엔진인 원자로 일차계통 및 동력변환계통 그리고 보조계통의 변화와 노심의 동특성을 계산한다. TASS/SMR은 Fortran 90 로 작성되어 있으며 90여개의 파일로 구성되어 있다. Text 기반의 Console 프로그램 형태이며 서브루틴 및 함수가 약 240 여개로 구성되어 있는 전산 코드이다.

4.2 HLA 적용 방법

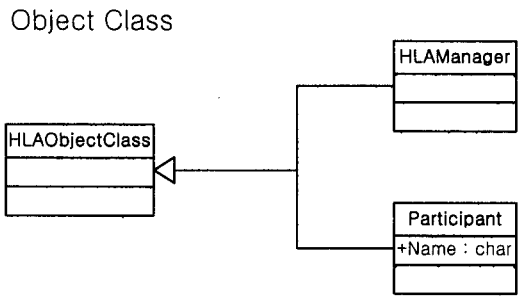
현재 RTI가 지원하고 프로그램 언어로는 Java, C++, Ada95가 있는데 대부분의 레거시 코드들은 이들 언어로 작성되어 있지 않기 때문에 곧바로 HLA 적용이 불가능하다. TASS/SMR과 같은 레거시 코드에 HLA를 적용하는 방법은 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째 방법은 레거시 코드를 역공학 기법을 사용하여 모델링한 후 이를 재공학 기법을 사용하여 객체 지향 언어로 바꾸는 방법이다. 이 경우에 Model Driven Architecture (MDA)가 이용된다. 이 방법은 이론상으로 이상적인 방법으로 생각되지만 대용량의 레거시 코드인 경우에 변환에 소요되는 시간이나 비용을 고려하면 사실상 실행하기 어려운 한계를 가지고 있다. 두 번째 방법으로 본 논문에서 선택한 랩퍼를 사용하는 방법은 레거시 코드의 수정을 배제하며 레거시 코드와 RTI 사이의 랩퍼를 RTI가 지원하는 프로그램 언어로 구현하여 HLA에 적용하는 방법을 말한다. 이 방법은 약간의 수행 속도 저하를 감수해야 하는 문제를 안고 있기는 하지만 랩퍼 구현에 소요되는 시간이나 비용이 절약되어 보다 현실적인 방법으로 생각된다[4] [그림 2].



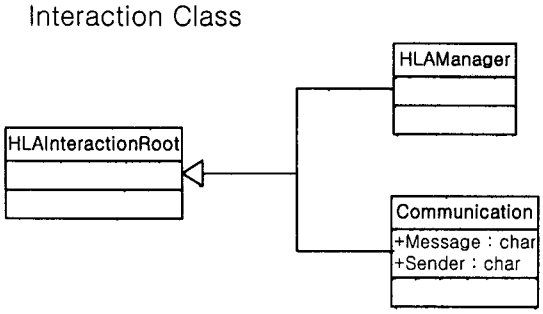
[그림 2] 랩퍼로 구현하는 방법

4.3 TASS/SMR 랩퍼 구현

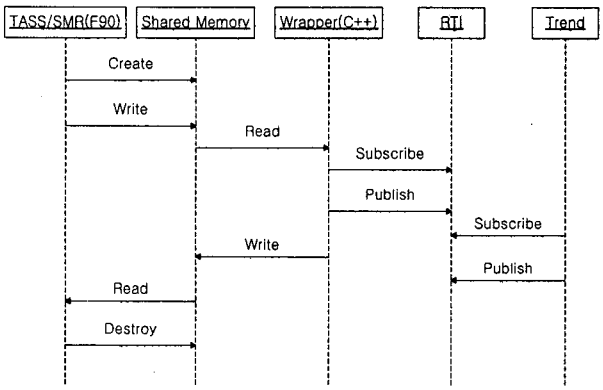
TASS/SMR의 랩퍼는 PC 윈도우즈 환경에서 Fortran과 Mixed Programming이 가능한 C++을 사용하여 구현하였으며 Pitch 사의 pRTI1516 Limited Edition과 Defense of Modeling & Simulation Office (DMSO) 의 객체모델링개발 도구인 OMDT p1516을 사용하였다[5, 6]. RTI에 접속하기 위해서 기본적으로 요구되는 Federation Object Model (FOM)을 작성하였다. 그림 3에서는 Federation 에 참가하는 참가자의 이름을 정의하는 객체인 Participant를 객체 클래스에 선언하였으며 그림 4에서는 각 Participant가 전달하게 되는 메시지와 메시지를 보내는 참가자의 이름을 속성으로 갖는 상호작용 클래스를 정의하였다. 두 그림에 공통적으로 도시되어 있는 HLAManager 객체는 FOM에 기본적으로 포함되는 Management Object Model (MOM) 객체이다.



[그림 3] FOM (Object Class)

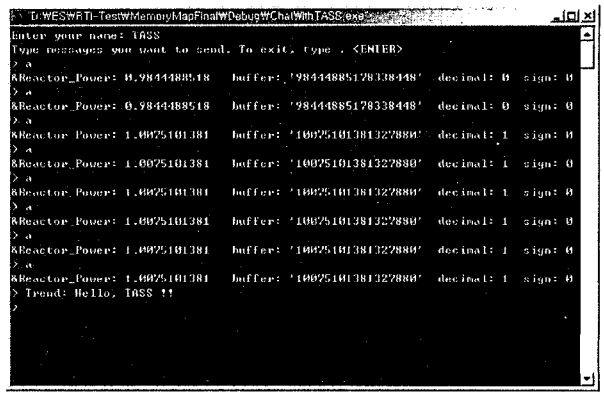


[그림 4] FOM (Interaction Class)

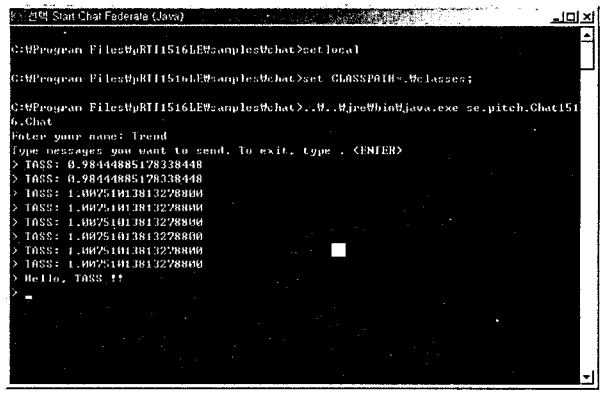


[그림 5] 랩퍼 구현 방법의 시퀀스 다이어그램

Fortran 90으로 작성되어 있는 TASS/SMR과 C++로 작성된 랩퍼 프로그램은 모두 독립된 프로세스의 형태로 구동되도록 하였으며 이들 사이에는 공유 메모리를 이용하여 데이터를 공유하게 된다. 그림 5에서는 Federation 에 참여하고 있는 Federate들 사이의 상호 작용을 시퀀스 다이어그램으로 보여 준다. TASS/SMR 이 생성한 공유 메모리를 호출하는 랩퍼 프로그램에서 RTI 함수를 호출하여 Federation에 참여하는 방법을 기술한다. 구현된 랩퍼 프로그램에서는 TASS/SMR에서 계산한 값의 일부를 RTI를 통해 참여 중인 다른 Federate으로 전달하고(Publish), 참여 중인 다른 Federate이 TASS/SMR이 보낸 계산 결과를 RTI를 통해서 수신하는 과정이(Subscribe) Chatting의 형식으로 작성되어 있다[그림 6, 7].



[그림 6] TASS/SMR에서 계산한 결과를 Publish



[그림 7] 참여한 Federate의 Subscribe

5. 결론 및 향후 과제

HLA를 사용하는 기본 목적은 지리적으로 분산되어 있는 이기종 컴퓨터들 간의 대규모의 시뮬레이션 구현에 대한 표준을 제공하는 데 있다. SMART-P ES의 엔진으로 사용되고 있는 SMART-P 안전해석 전산코드인 TASS/SMR을 HLA에 적용하기 위한 방법을 조사하여 랩퍼를 구현하였다. 앞으로 TASS/SMR에서 생성하는 대량의 데이터를 효과적으로 RTI에 전송하는 방법에 대한 연구가 이루어져할 것으로 생각되며 차후 다른 엔진들과 서버들이 HLA 를 적용하게 되어 전체 시스템의 Federation 구현이 이루어져야 할 것이다.

6. 참고 문헌

[1] 장문희 외,"SMART 기본설계 보고서", 한국원자력연구소, KAERI/TR-2142/2002
[2] IEEE Std 1516-2000, "IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA)"
[3] 윤한영 외, "TASS/SMR 열수력 모델 기술서", KAERI/TR-1835/2001
[4]김현수 외, "랩핑 기법을 이용한 상속 시스템의 CORBA 기반 분산 객체 환경으로의 이주", 한국정보과학회 소프트웨어공학회지, 제13권 제4호, 2000년 12월
[5] Pitch AB, "pRTI1516 User's Guide", 2004
[6] https://www.dmso.mil/public/transition/hla/