OTS에서 이질적 시뮬레이션 소프트웨어 모듈의 통합요건

박 근 옥* · 구 인 수*

Integration Requirements of Heterogeneous Simulation Software Modules in Operator Training Simulator

Park-Geun Ok · In-Soo Koo

요 약

최근 개발되고 있는 원자력발전소용 OTS(Operator Training Simulator) 개발은 설계 및 해석에 사용되었던 여러 가지 코드(시뮬레이션 소프트웨어)를 수정 보완하여 이들을 상호 통합하는 방식으로 수행되는 경향을 보이고 있다. 기존에 개발되었거나 현재 운영중인 대부분의 OTS는 단일의 고성능 컴퓨터 환경에 의존하므로 발전소 설계와 해석에 사용하였던 서로 다른 코드를 상호 통합하여 사용하기에는 어려움이 많았다. 그러나, 최근에는 컴퓨터의 성능과 네트워크 기술이 비약적으로 발전하여 서로 다른 속성을 갖는 시뮬레이션 소프트웨어를 각각 서로 다른 컴퓨터에 적재 실행시키고 네트워크를 통하여 연동시키는 것이 가능해졌다. 본 연구는 원자력발전소 설계와 해석에 사용하고 있는 시뮬레이션 소프트웨어(노심 모사코드, 열수력 모사코드, 구조물 모사코드), 인간기계연계(Man Machine Interface) 소프트웨어, 각 모사 소프트웨어 간의 통신과 실행을 제어하는 강사 소프트웨어를 분산된 컴퓨터 환경에서 실행시키는 OTS를 개발하였다. 본 연구를 수행함에 있어서 서로 속성이 다른 소프트웨어 모듈을 하나로 통합하는 작업이 가장 부담스러웠다. 따라서, 서로 다른 소프트웨어 모듈을 통합하기 위한 요건을 개발초기에 설정하고, 이 요건을 모든 소프트웨어 개발조직이 준수하도록 하였다. 본 논문에서는 OTS를 구성하는 이질적인 소프트웨어 모듈의 기능과 특징, 이들을 통합하기 위한 요건을 설명한다. 또한 각 요건이 OTS 개발공정에서 어떻게 적용되고 사용되었는지를 살펴본다.

1. 서론

원자력발전소에서 운전원 훈련용 시뮬레이터(Operator Training Simulator)는 운전작업자의 숙련도 향상과 사고진단 및 대응능력 배양에 사용되는 주요 수단이다(1, 2, 3). 또한 시뮬레이터는 원자력발전소 설계자가 설계의 확인과 검증을 위하여 활용하는 도구의 일종이다. 1979년에 고리 원자력발전소가 상업운전을 개시한 이래 다수의 OTS가 개발되었으며, 현재는 국내 원자력 관련기관이 자체기술로 다양한 기능과 특징을 갖는 시뮬레이터를 개발할 수 있는 능력을 갖고 있다. 본 연구가 수행한 최근의 개발사례로는 참고문헌 (4), (5), (6)에 보고되어 있다. 본 연구에서 이번에 개발한 OTS는 <그림 1>과 같은 개발전략에 따라 수행되었다(6). 이 개발전략은 발전소의 동적 특성을 모의하는 시뮬레이션 엔진(코드)을 상용도구를 사용한 발전소 모델링을 통하여 개발하지 않고 발전소 설계와 검증에 사용되는 해석코드를 개발하려는 OTS의 특징에 적합하게 수정하는 방식을 사용한다는 점이 다르다. 발전소 설계와 검증에 사용되

* 한국원자력연구소

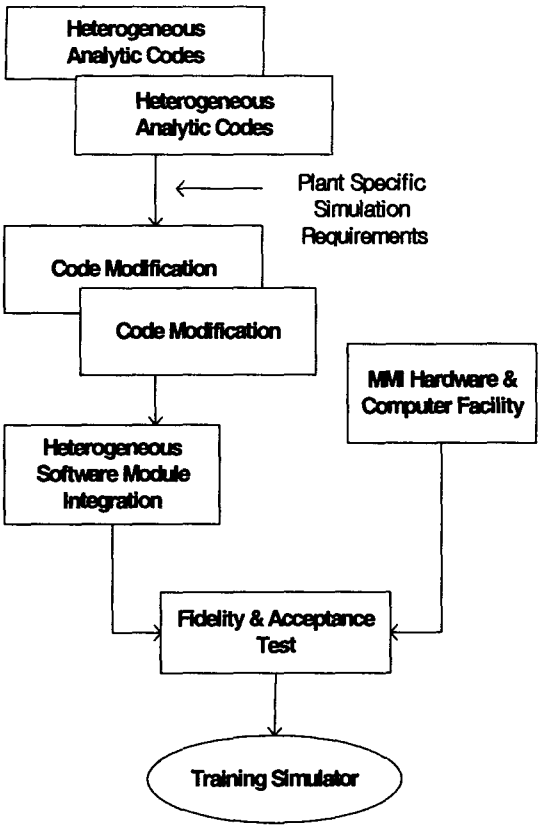

그림 1 OTS 개발전략

는 해석코드는 퍼스널컴퓨터 또는 워크스테이션 상에서 각각 독립적으로 실행되는 응용 소프트웨어로서 상호 이질적인 속성을 갖고 있다. 따라서 이들을 OTS 환경으로 통합하는 문제가 개발의 성패를 가름하는 가장 중요한 현안이다.

2. OTS 응용 소프트웨어의 기능 구조

OTS를 구성하는 응용 소프트웨어는 시뮬레이션 엔진, 강사 소프트웨어, 인간기계연계 소프트웨어로 구분할 수 있다. 시뮬레이션 엔진은 원자력발전소의 노심(Reactor Core)의 거동특성을 모의하는 해석코드, 발전소의 일차계통과 이차계통에 대한 열수력학적 거동특성을 모의하는 해석코드, 발전소 기계 구조물의 특성을 시험하는 해석코드로 세분화할 수 있다. 이들 해석코드는 퍼스널컴퓨터 상에서 실행되는 별개의 코드들이며, Fortran 계열 언어로 원시코드가 작성되어 있다. 강사 소프트웨어(Instructor Software)는 OTS 환경의 전체적인 실행을 통제하고 관리하며, 서로 다른 응용 소프트웨어간의 공유 데이터(shared data) 전송과 사용권한을 통제한다. 인간기계연계 소프트웨어는 운전원이 OTS 환경을 통하여 발전소 운전상태를 감시 및 제어할 수 있도록 그래픽 기반의 인터페이스를 제공한다.

OTS 환경에서 세 가지의 응용 소프트웨어 중 시뮬레이션 엔진은 그 존재가 사용자(강사, 운전원)에게 드러나지 않는다. 기능측면에서 실제의 발전소가 갖는 신호(운전 변수 값)이며 실행통제 소프트웨어와 인간기계연계 소프트웨어에서 사용될 공유 데이터를 생산하는 원천이므로 하나의 black box로 간주된다. 강사 소프트웨어와 인간기계연계 소프트웨어는 각각 GUI 부분과 논리처리 부분으로 분할 할 수 있다. 강사 소프트웨어의 GUI 부분은 강사가 시뮬레이션 엔진에 대한 명령(run, freeze, fast, slow, snapshot, backtrack 등)을 사용할 수 있는 그래픽 기반의 입력 인터페이스를 제공함과 동시에 입력 명령에 대한 시뮬레이션 엔진의 처리진행과 처리결과를 표시화면에 출력한다. 강사 소프트웨어의 논리처리 부분은 GUI 부분으로부터의 강사 입력 명령을 해독하여 시뮬레이션 엔진에 전달하고 시뮬레이션 엔진의 응답 및 처리결과를 가공하여 GUI 부분에 전달한다. 인간기계연계 소프트웨어의 GUI 부분은 발전소 운전상태 감시정보를 표시화면에 그래픽 기반으로 표시하고 운전원의 제어요구를 소프트제어기라 부르는 인터페이스로부터 입력받아 인간기계연계 소프트웨어의 논리처리 부분에 전달한다. 소프트제어기는 hard-wired 스위치를 그래픽 객체로 형상화한 것이다. 인간기계연계 소프트웨어의 논리처리 부분은 강사 소프트웨어와의 공유 데이터 전송을 처리하며 GUI 부분에서 사용할 데이터를 가공 처리한다. <그림 2>는 OTS 응용 소프트웨어의 기능 구조이다.

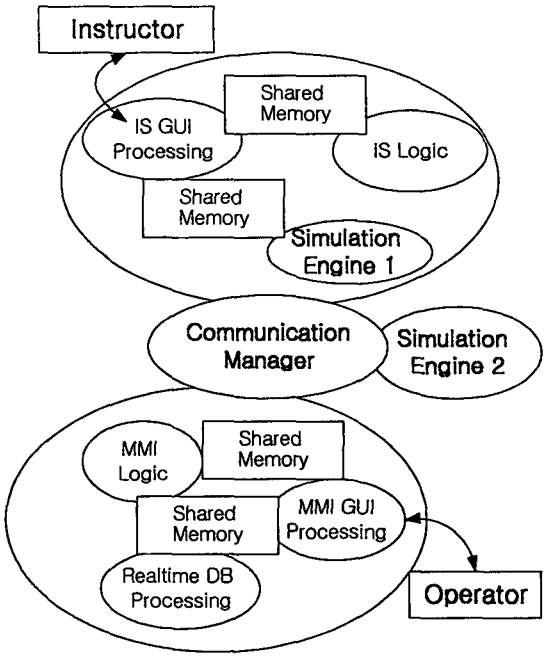

그림 2 OTS 응용 소프트웨어 기능 구조

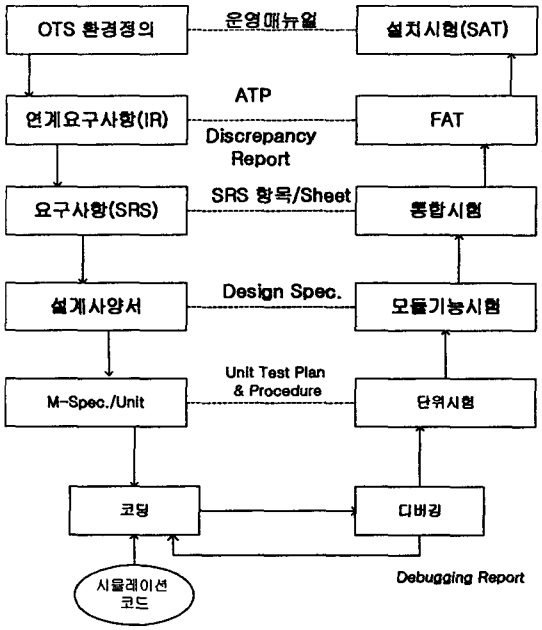

그림 3 OTS 응용 소프트웨어 개발공정

3. 통합요건 설정

OTS 개발은 보통 2~3년의 기간이 소요되며 2개 이상의 소프트웨어 개발조직 또는 외주개발 회사가 참여하게 된다. 따라서 개발조직 간의 책임과 권한, 연계사항 정의 및 개발공정 관리가 프로젝트의 성공과 시스템 통합의 중요한 관건이 된다. 특히 통합요건 확정의 지연이나 요건의 변경, 추가, 삭제는 최악의 경우, 개발조직간의 업무충돌을 발생시킨다. 따라서 본 연구는 다음과 같은 통합요건을 개발초기에 설정하였다.

1) 통합요건은 IR(Interface Requirement) 문서형태로 생산되어야 하며, 동 문서에 기술된 요건은 소프트웨어 시험단계 공정에서 반드시 시험되고 확인되어야 한다.

2) 응용 소프트웨어 개발은 <그림 3>의 공정에 따라 수행되어야 한다. 단, 다른 응용 소프트웨어와의 통합에 영향을 주지 않는 공정활동의 경우는 개발자가 자체 정의한 공정적용을 허용한다.

3) <그림 2>의 응용 소프트웨어 기능 구조 관점에서 알 수 있듯이 공유 메모리를 사용한 소프트웨어 모듈간의 연계 요구사항 처리가 높은 중요성을 갖는 통합요건이다. 따라서 서로 다른 영역으로 정의되는 공유 메모리간의 연계 변수는 반드시 시험되고 확인되어야 한다.

4) 승인된 IR 문서의 내용은 소프트웨어 개발조직 또는 개발자에 의하여 독자적 임의적으로 변경, 추가, 삭제될 수 없다. IR 문서의 갱신이 필요할 경우에는 정의된 개발공정에 따라 변경신청을 해야한다. 변경신청은 형상관리 조직에 의한 통합관점의 영향 검토결과에 따라 수락되거나 거절된다.

5) 서로 다른 소프트웨어 모듈간의 데이터 송신 및 수신에 사용되는 개개의 공유 메모리 변수는 판독(read) 또는 기록(write)의 용도 중 한 가지 용도로만 사용되어야 한다. 또한, 이 요건의 준수여부는 시험 및 검증되어야 한다.

4. 개발공정

국내에서 개발된 기존 OTS의 경우에는 잘

정의된 개발공정에 따라 수행되지 못하였다. 본 연구는 OTS 개발을 수행하기 위하여 <그림 3>과 같은 개발공정을 사전에 정의하였고, 각 단계별로 정의된 공정활동을 준수하였다.

4.1 개발 계획단계 공정

이 단계는 OTS 개발 프로젝트를 일관성 있게 체계적으로 추진하기 위한 준비단계라 할 수 있다. 본 연구에서는 개발 기간 중 약 1/3의 시간을 할애하여 다음과 같은 공정활동이 수행되었다.

1) 개발조직의 성격, 책임, 권한을 정의한다.
2) 개발일정과 각 개발조직이 수행해야할 주요 업무를 정의한다.
3) 생산해야할 필수문서와 문서의 검토 및 승인 절차를 정의한다.
4) 유사 개발사례를 검토하여 개발하려는 OTS의 규모, 범위, 하드웨어 구성, 소프트웨어 기능구조를 정의한다.
5) 개발에 활용할 COTS (Commercial Off The Shelf) 하드웨어와 소프트웨어를 정의하고 COTS의 선정 평가절차를 거쳐 구매한다.
6) 외주개발 계약을 체결하고 개발자를 교육훈련 시킨다.

4.2 개발단계 공정

<그림 3>에서 OTS 환경정의와 설치시험 공정을 제외한 나머지 부분은 각 개발조직에 의하여 독립적 또는 협력적 작업을 통하여 OTS가 본격적으로 개발되는 공정들이다. 연계요구사항 정의가 선행공정으로 수행되어야 하는 점이 큰 특징이다. 연계요구사항을 선행공정으로 정의한 것은 서로 다른 소프트웨어 개발조직 간의 업무 충돌을 방지하고 응용 소프트웨어간의 자료통신에 반드시 준수되어야 할 제약사항을 부과하기 위함이다. 연계요구사항은 통합요건 위주로 작성하였으며 공식적인 산출문서로 검토 및 승인되었다. 요구사항(SRS) 작성은 각 소프트웨어 개발조직에 의하여 IEEE 표준에 근접하게 공식문서로 작성되었다. 분석 및 설계단계는 CASE 도구를 사용하여 수행되었으며 공식적인 산출물은 CASE 도구가 자동 생산한 사양과 개발조직에 의하여 검토가 가능한 설계사양서이다. 시뮬레이션 엔진은 Fortran 언어로, 강사 소프트웨어와 인간기계연계 소프트웨어의 논리처리 부분은 C, GUI 처리 부분은 GUI 개발도구를 사용하여 C++ 언어로 코딩되었다.

4.3 시험단계 공정

시험은 단위시험, 모듈 기능시험, 통합시험, FAT, 설치시험으로 구성된다. 본 연구는 단위시험의 경우에는 소프트웨어 개발조직의 책임하에 시험을 수행하고 결과보고서를 제출하는 형식을 취하였다. 단위시험과 설치시험을 제외한 나머지 시험은 시험공정에 정의될 활동에 따라 수행되었다. 각 시험을 시작하기 이전에 시험계획서와 절차서가 작성되었다. 시험항목은 각 시험에 대응되는 문서에 존재하는 항목만을 대상으로 하였으며, 대상항목은 반드시 시험되고 발견된 오류는 제거하도록 공정활동을 정의하였다.

5. 결론

컴퓨터의 처리능력이 비약적으로 향상되었고 국내의 경우 원자력발전소 용 OTS 개발기술 수준의 자립도가 높아 다양한 유형과 용도의 OTS가 지속적으로 개발되고 있다. OTS를 구성하는 응용 소프트웨어의 개발 또한 외주개발의 추세에 힘입어 일반 소프트웨어 개발회사들이 참여하는 경향을 보이고 있다. 시뮬레이션 엔진 개발은 고가의 모델도구를 사용하던 경향에서 벗어나 원자력발전소의 설계, 해석, 검증에 사용되는 코드를 재활용하는 추세를 보이고 있다. 이는 분산된 컴퓨터 환경에서 이질적인 속

성을 갖는 응용 소프트웨어의 효과적인 통합의 중요성을 암시하고 있다. 본 연구는 이질적인 속성을 갖는 응용 소프트웨어의 통합요건을 IR(Interface Requirement)이라는 공식문서로 생산하고 각 개발조직이 준수해야할 공정을 정의 및 적용함으로써 개발일정 지연 없이 성공적으로 OTS 개발을 완료할 수 있었다. 본 연구를 통하여 얻은 주요 성과와 결과는 다음과 같다.

1) 통합요건을 정의하는 IR 문서를 근거로 서로 다른 소프트웨어 개발조직(또는 회사) 간의 업무분장 관리와 인터페이스 문제해결에 책임소재를 분명하게 할 수 있다.
2) 소프트웨어 개발조직이 개발초기부터 통합요건 충족에 역점을 두고 인력과 자원 투입을 실정에 맞게 조정할 수 있다.
3) 인력과 시간이 많이 소요되는 시험공정에서 시험해야될 항목과 시험의 중요도가 자연스럽게 정의된다.
4) 통합요건의 변경을 위하여 형상관리절차를 수행해야 하므로 이와 관련된 사용자 또는 개발자 요구사항 변경이 신중하게 진행된다.

후 기

본 연구는 과학기술부에서 시행하는 원자력 연구개발사업으로 수행되었음.

참고문헌

1) USNRC, "Nuclear power plant simulators for the operator training", Regulatory Guide 1.149, 1981.
2) ANSI/ANS-3.5-1985, "Nuclear power plant simulators for use in operator training", 1985.
3) NUREG/CR-2353, "Specification and verification of nuclear power plant training simulator response characteristics".
4) 박재창 외, "Compact Nuclear Simulator 성능향상 기술개발", 한국원자력학회 1999 추계학술발표논문집.
5) 심봉식 외, "Development of a full scope Human Machine Simulator for Human Factors Experiments", 한국원자력학회 1997년 춘계학술대회논문집.
6) 박근옥 외, "설계해석코드 기반의 원자력발전소 훈련용 시뮬레이터 개발전략", 대한산업공학회 2000 춘계공동학술회의 논문집.
7) 박근옥 외, "공유메모리 변수를 사용한 원자력발전소 시뮬레이터 개발, 한국시뮬레이션학회 2001 춘계학술대회 논문집.