

MMIS 모사설비의 응용 소프트웨어

개발 프로세스

박근옥 이종복 이준구

한국원자력연구소

대전시 유성구 덕진동 150

Development Process of Application Software for MMIS Simulation Facility

Park Geun Ok Lee Jong Bok Lee Joon Ku

Korea Atomic Energy Research Institute

요 약

전 규모에서 소규모에 이르는 MMIS(Man Machine Interface System) 모사설비는 실제의 원자력발전소에 사용될 MMIS를 응용 소프트웨어로 구동되는 모사환경을 통하여 사전에 시험 및 검증할 목적으로 사용된다. 기존의 MMIS 모사설비 개발은 잘 정의된 개발 프로세스에 기반을 두지 않고 프로젝트 관리자 또는 개발 담당자의 경험과 직관에 의존하여 수행되었다. 이로 인하여 MMIS 모사설비의 개발 일정이 지연되거나 개발의 결과가 초기목표를 만족하지 못하는 불만족 사항이 나타났다. 본 연구는 MMIS 모사설비의 응용 소프트웨어 개발을 위한 프로세스를 정의하고 이에 따라 설비개발을 진행하였다. 개발 프로세스는 계획 단계, 설계 및 구현단계, 시험단계의 세 부분으로 구성하였다. 본 논문에서는 MMIS 모사설비에 요구되는 일반적인 성능특성요건과 개발공정요건을 살펴보고, 본 연구가 정립한 응용 소프트웨어 개발의 프로세스 및 각 프로세스에서의 공정활동을 제시한다.

1. 서 론

원자력발전소 환경에서 MMIS(Man Machine Interface) 모사설비는 시뮬레이터(simulator) 또는 시험시설(test facility)을 의미한다. 모사설비가 사고와 고장의 증상을 관측하거나 운전원 훈련에 주목적을 두고 사용될 경우 시뮬레이터라 하며, 특정한 기능 또는 체계 설계요건의 시험이나 검증을 위한 환경구축에 주목적을 두고 개발될 경우 모사설비라 부른다. 대규모 모사설비의 경우에는 시뮬

레이터를 하위체계로 포함하는 것이 일반적이다. 모사설비는 실제의 발전소에 사용될 MMIS의 기능과 성능을 발전소 설계단계에서 시험하고 검증하기 위한 환경이다. MMIS 설계자는 모사설비를 통하여 체계 설계의 타당성을 확인하거나 개선점을 도출해낸다. 이와 같이 모사설비는 보다 완전한 발전소 설계와 건설을 위한 하나의 수단이며 도구이다. MMIS 모사설비를 개발할 경우에는 참고문헌[1,2,3]에서 권고하고 있는 지침과 규정이 사용되거나 참조된다. 특히 참고문헌[3]은 모사설비 개발

에 대한 상세한 개발요건(성능특성요건, 개발공정요건)에 대한 정보를 제공한다. 그러나 참고문헌[3]은 전 규모의 훈련용 시뮬레이터 개발 관점에서 충족되어야 할 설계요건만을 제시하고 있을 뿐 소프트웨어 수명주기에 입각한 응용 소프트웨어 개발 프로세스와 각 프로세스에서 수행되어야 할 활동을 제시하지는 않고 있다. 따라서 MMIS 모사설비 개발자는 자신의 경험과 직관에 의하여 개발을 진행하였으며, 개발의 결과는 초기 목표를 벗어나거나 정해진 개발공정과 예산을 초과하는 현상을 보였다. 본 논문에서는 먼저 참고문헌[3]의 성능특성요건과 개발공정요건을 살펴보고, 이 조건들을 반영한 MMIS 모사설비의 응용 소프트웨어 개발 프로세스를 논의한다. 참고문헌[4,5,6]은 본 연구와 관련되는 국내의 모사설비 개발사례이다. 하지만 이들은 잘 정의된 응용 소프트웨어 개발 프로세스에 따라 개발되지는 않았다.

2. 성능특성요건과 개발공정요건

2.1 성능특성요건

성능특성은 모사 충실도(fidelity of simulation), 모사 시간규모(time scale of simulation), 모사 범위(scope of simulation), 프로세서의 속도, 프로세서의 정밀도로 구분할 수 있다. 이들 특성은 상호 연관성을 가지므로 하나의 특성에 대한 수준의 증가는 다른 특성에 대한 수준의 감소를 수반한다. 즉, 모든 특성의 수준을 증가시키려면 투자경비의 상승부담을 감수해야 한다.

모사 충실도는 모사를 실행하는 소프트웨어가 실제의 발전소가 갖는 동적 특성(예 : 열수력학적, 물리적 반응특성)을 정확하게 표현하는 정도를 의미한다. 모사 충실도에 대한 사용자 요구가 높을수록 모사를 위한 모델을 구성하는 수학방정식의 유형이 다양하고 각 방정식에 대한 수치 연산의 정밀도가 높아진다. 이는 고성능의 컴퓨터 환경을 요

구하게 되고 실시간 성능특성 요건만족에 큰 영향을 미치게 된다.

모사 시간규모는 소프트웨어가 모사를 실시간(real time) 보다 느리게 또는 빠르게 실행될 수 있는 정도를 의미한다. 원자력발전소 환경에서의 모사설비는 사용자가 발전소 이상상태의 진행을 느린 속도로 모사하면서 특정한 운전변수의 추이 변화를 면밀히 진단하는데 많이 사용된다. 실시간 보다 빠르게 진행되는 모사의 경우, 모사 모델 자체가 컴퓨터 상에서 반드시 빠르게 진행되는 않는다. 일반적으로 빠르게 모사를 진행할 필요는 있는 특정 운전변수는 빠르기의 요구에 따라 서로 다른 유형의 수학방정식을 사용함으로써 사용자 요구를 충족시킨다.

모사범위는 실제의 원자력발전소를 구성하는 다양한 하위계통들 중 어느 계통까지의 동적 특성을 모사설비가 모사하는 가를 의미한다. 모사범위 중에서 모사설비가 보유해야 할 오동작(malfunction) 유형과 동적 특성의 정밀도 요구는 소프트웨어 개발 작업량을 좌우하는 주요 변수이다.

프로세서의 속도는 주어진 문제를 해결하기 위하여 사용되는 컴퓨터의 처리속도를 의미한다. 프로세서의 정밀도는 단어 크기(word size), 즉 부동소수점 연산처리에 사용되는 32 비트 또는 64 비트의 크기를 의미한다.

2.2 개발공정요건

모사설비를 개발하기 위한 공정요건은 시스템 요구분석, 교육 및 훈련 요구사항 정의, 세부 개발 목표 설정과 시험요건의 개발, 소프트웨어 개발 및 구현, 개발제품의 시험평가로 구성된다.

시스템 요구분석 공정은 사용자(모사설비 개발주자)가 요구하는 모사설비의 성능특성요건, 모사설비를 사용하는 사람(예 : 운전원, 설계자)의 기능적 역할, 원자력발전소 운전환경에 대한 작업 및 직무특성 등을 이해하고 이와 관련된 정보를 수집

및 분석하는 단계이다. 이 단계에서 모사설비 개발자는 세 가지 유형 중에서 사용자가 어느 유형의 모사설비를 개발하려는지 확실하게 인식해야 한다. 일반적으로 과도상태 관측을 목적으로 한 모사설비의 경우에는 고도의 연산 정밀도가 요구되지만 실시간 응답특성은 낮고 사용자의 작업특성은 단순한 특징을 갖는다. 전 규모 훈련용 또는 시험점 증용 모사설비의 경우에는 연산 정밀도 요구는 비교적 낮으나 실시간 응답특성 충족이 매우 중요한 비중을 차지하며 사용자의 작업특성이 복잡한 양상을 갖는다.

교육 및 훈련 요구사항 정의 공정은 사용자가 어떤 목적과 용도에 주안점을 두고 개발이 완료된 모사설비를 사용할 의도를 갖고 있는가를 파악하고 이를 문서화하는 단계이다. 비록 모사설비가 원자력발전소 환경에 근접하는 모사기능을 갖는 설비이지만 사용자가 의도하는 교육훈련의 목표에 따라 모사설비 소프트웨어 개발범위는 크게 달라진다. 따라서 개발자는 사용자가 의도하는 교육훈련에 대한 요구사항을 정확하게 정의하고 이를 문서화해야 한다.

세부 개발목표 설정과 시험요건의 개발 공정은 이전단계 공정의 작업결과를 통합하여 다음과 같은 항목내용을 결정하고, 이에 대한 명세서를 작성하는 공정이다.

- (1) 응용 소프트웨어가 표출해야할 속성(behavior).
- (2) 속성이 달성되어지는 조건(하드웨어 장비의 상태, 요구되는 작업 지원도구, 모사설비의 전반적인 운영환경 등을 포함).
- (3) 성능척도(속도, 정확도 등).
- (4) 수락할만한 성능의 기준이 되는 근거(예 : 참조 발전소, 다른 모사설비 등).
- (5) 시험인자(소프트웨어 단위시험, Factory Acceptance Test, Site Acceptance Test 등에 사용하고 시험의 성공과 실패를 판별하는데 적용할 인자).

소프트웨어 개발 및 구현 공정은 세부 개발목표 설정과 시험요건의 개발 공정 단계에서 작성한 명세서를 컴퓨터 환경에서 구현하고 소프트웨어 단위시험을 수행하는 단계이다. 이 단계에서는 각종 훈련절차서의 개발, 교육과정의 개발과 같은 부수적인 작업도 동시에 이루어질 수 있으므로 모사설비 개발자는 이에 대한 개발업무가 사용자의 책임인지 개발자의 책임인지를 분명하게 해야 한다.

개발제품의 시험평가 공정은 FAT와 SAT로 구분할 수 있다. FAT는 사용자의 참여 하에 모사설비 개발자에 의하여 수행된다. SAT는 모사설비를 구성하는 하드웨어와 소프트웨어가 사용자가 요구하는 지정된 현장에 모두 설치 완료된 후, 모사설비 개발자의 참여 하에 사용자에게 의하여 수행된다. FAT와 SAT는 APT(Acceptance Test Procedure)에 따라 수행된다. 따라서 시험평가 공정에 진입하기 전에 ATP 개발을 위한 활동이 필요하다.

3. 모사설비의 개발 프로세스 정립

3.1 개발 프로세스 정립의 필요성

컴퓨터의 성능은 더욱 고성능화 되고 있는 반면에 가격은 하락하고 있다. 따라서 MMIS 모사설비의 개발에서 성능특성요건 충족에 대한 개발부담은 크게 감소하고 있다. 이의 감소에 비하여 MMIS 모사설비에 적재 실행되는 응용 소프트웨어 개발부담은 커지고 있다. 이는 개발공정요건의 효과적인 실천방법(프로젝트 실정에 적합한 응용 소프트웨어 개발 프로세스)이 모사설비 개발의 관건임을 시사하고 있다. 본 연구의 응용 소프트웨어 개발프로세스는 계획단계, 설계 및 구현단계, 시험단계의 세 가지 프로세스로 구분할 수 있다.

3.2 계획단계 프로세스

일반적으로 MMIS 모사설비 개발은 2~3년의 기간이 소요되며 응용 소프트웨어 개발을 위하여 2

개 이상의 개발조직이 참여하게 된다. 따라서 개발 조직 간의 연계사항 정의, 위험요소의 식별이 계획 단계 프로세스에서 정의된다. 계획단계 프로세스에서 개발자가 수행하는 주요 공정활동은 다음을 포함한다.

- (1) 모사설비가 충족해야할 성능특성요건에 대한 검토를 수행하고, 상위요건을 정의한다.
- (2) 기존에 개발된 유사 설비로부터 재사용 가능한 응용 소프트웨어 모듈이 존재하는 지에 대한 식별 작업을 수행한다.
- (3) 응용 소프트웨어 개발과정에서 활용될 개발도구(예 : GUI 개발도구, CASE 도구 등)의 필요성을 식별하고, 구매의 필요성이 확정되면 구매일정, 비용, 특정 제품에 대한 특성평가 및 선정작업을 수행한다.
- (4) 응용 소프트웨어를 구성하는 하위 모듈에 대한 외주개발의 필요성을 검토한다. 검토결과에 따라 외주개발 비용, 추진일정, 외주범위를 확정한다.
- (5) 모사설비를 구성하는 응용 소프트웨어들의 기능구조, 각 응용 소프트웨어의 하위모듈 기능구조, 응용 소프트웨어들간의 통신방법을 검토하고 확정한다.
- (6) 시험단계 프로세스의 활동에 대한 사전검토를 수행한다. 검토결과에 따라 시험기간, 범위, 시험수행 기본전략을 확정한다.
- (7) 상기의 활동결과를 토대로 모사설비 개발계획서 및 응용 소프트웨어 연계요건서를 작성하며, 개발에 참여하는 각 조직의 검토와 승인을 통하여 프로젝트 기간 중 준수해야할 최상위 개발요건으로 확정한다.

3.3 설계 및 구현단계 프로세스

설계 및 구현단계 프로세스의 활동내역은 모사설비 개발에 참여하는 응용 소프트웨어 개발조직에 따라 다르게 정의될 수 있다. 그러나 계획단계 프로세스에서 정의한 최상위 요건을 위배하지 않

는 범위에서의 자율성으로 국한된다. 이 단계에서 개발자가 수행하는 일반적인 활동내역은 다음과 같다.

- (1) 각 개발조직의 특성과 능력에 적합한 응용 소프트웨어 개발계획을 수립한다.
- (2) 응용 소프트웨어 요구명세서를 작성한다. 이 요구명세서가 포함하는 내용 중 다른 응용 소프트웨어와의 연계사항에 대한 공식 검토를 수행한다.
- (3) 시험단계 프로세스에서 시험되어야할 시험항목과 시험 승인을 위한 근거(Acceptance Test Criteria)를 정의한다.
- (4) 응용 소프트웨어 요구명세서를 충족하는 응용 소프트웨어 설계사양서를 작성한다. 설계사양서에는 그래픽 설계사양, 논리처리 설계사양, 데이터베이스 설계사양, 성능사양 등이 포함된다.
- (5) 설계사양서를 충족하는 원시코드를 작성하고 원시코드에 대한 단위시험을 수행한다.
- (6) 이 단계의 프로세스 결과물로서 응용 소프트웨어 설계사양서, 단위시험 결과보고서를 생산하고 승인절차를 거쳐 유효한 문서로 확정한다.

3.4 시험단계 프로세스

일반적으로 시험단계 프로세스는 단위시험, 모듈 시험, 모듈간 통합시험, FAT 및 SAT로 구성된다. 본 연구의 경우, 단위시험은 응용 소프트웨어 개발조직의 책임 하에 시험을 수행하고 결과보고서를 제출하는 형식을 취한다. 따라서 MMIS 모사설비 개발의 시험단계 프로세스에서 단위시험 활동은 제외된다. 이 단계에서 개발자가 수행하는 주요 활동내역은 다음과 같다.

- (1) 시험 수행조직(ATP 작성자, 시험 수행자, 시험 결과 검토 및 승인자)을 구성하고, 각 조직의 임무와 조직간의 업무수행 흐름을 정의한다.
- (2) 시험을 수행할 항목에 대한 ATP를 작성한다.
- (3) ATP에 따라 시험을 수행하고 시험결과를 생

산한다.

(4) 시험결과에 대한 만족/불만족을 검토한다. 만족의 경우에 해당 시험항목은 시험완료로 승인되며, 불만족의 경우에 불만족 이유와 교정요구 사항이 작성된다.

모듈시험은 응용 소프트웨어 설계사양, 모듈간 시험은 응용 소프트웨어 요구명세를 기준으로 수행된다. FAT와 SAT는 계획단계 프로세스에서 작성한 응용 소프트웨어 연계요건서와 모사설비가 가져야할 상위요건을 기준으로 수행된다. 시험조직은 최종 산출물로서 시험결과보고서를 작성한다.

4. 결 론

최근의 MMIS 모사설비 개발은 다수의 개발조직이 참여하는 양상을 보이고 있다. 이는 개발조직간의 개발업무 연계사항 충돌과 대립이 MMIS 모사설비 개발의 성패를 가름하는 위험요소임을 시사하고 있다. 따라서 본 연구는 계획단계 프로세스에 전치 공정의 약 40% 자원을 할당하였다.

본 연구의 프로세스에 따라 MMIS 모사설비 개발을 진행한 결과 요구사항의 변경에 대한 통제와 관리, 개발조직간의 업무 책임과 의무의 명확화, 정해진 일정의 준수라는 바람직한 결과를 얻었다. 본 연구의 개발 프로세스는 향후 전 규모의 훈련용 시뮬레이터를 포함하여 유사한 기능과 용도를 갖는 MMIS 모사설비 개발에도 적용 가능하다.

Acknowledgements

본 연구는 과학기술부에서 시행하는 원자력연구개발사업으로 수행되었음.

참 고 문 헌

[1] USNRC, "Nuclear power plant simulators for the operator training", Reg. 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] 심봉식 외, "Development of a full scope Human Machine Simulator for Human Factors Experiments", 한국원자력학회 1997년 춘계학술대회논문집.

[5] 박재창 외, "CNS 성능향상 기술개발", 한국원자력학회 1999 추계학술발표논문집.

[6] 정재준 외, "고리 원자력발전소 1, 2 호기 원전 분석기 개발", 한국원자력학회 1999 추계학술발표논문집.