

FSDM 설계개선을 통한 SMART 시뮬레이터 개발

정광일*, 이준구*, 박근옥*
*한국원자력연구원 SMART개발부
e-mail:hisunny@kaeri.re.kr

Development of SMART Simulator by Design Improvement of FSDM

Kwang-Il Jeong*, Joon-Ku Lee*, Geun-Ok Park*
*SMART Development Division, Korea Atomic Energy Research Institute

요 약

FSDM은 SMART 기술검증 및 표준설계 인가 획득 사업을 통해서 개발된 인간공학 통합검증설비로서 SMART 주제어실 설계에 대한 인간공학 확인 및 검증시험 활동을 수행하기 위한 수단과 방법을 제공하는 설비이다. 이러한 목적으로 개발된 FSDM은 운영허가 취득단계에서 개발하여 운전원 훈련에 사용되어야 하는 시뮬레이터에 대비하여 약 10%의 모의 성능을 가지고 있다. 본 논문에서는 개발된 FSDM의 제어실 설계 측면에서 하드웨어 및 소프트웨어 자원에 대한 설계현황 분석을 수행하여 설계 개선 요구사항을 도출 및 반영하여 SMART 시뮬레이터 개발에 적용하였다.

1. 서론

SMART 기술검증 및 표준설계 인가 획득 사업(2009년 ~ 2011년)의 일환으로 개발된 FSDM(전규모동적모의, Full Scope Dynamic Mockup)은 SMART (일체형원자로, System- Integrated Modular Advanced Reactor) 표준설계의 입력자료 생산과 향후 건설운영허가 단계에서 규제요건 충족을 위하여 필수적인 인간공학 검증시험을 위한 설비로서, 인간공학 확인 및 검증시험 활동[1]을 수행하기 위한 수단과 방법을 제공하는 설비로 개발되었다[2]. 개발된 FSDM은 외형적 측면에서 SMART 주제어실 표준설계의 요건 및 구성과 근접한 수준을 갖는 설비이지만, 기능적으로는 인간공학 검증시험에 필요한 기능만 구현되었다. FSDM은 인간공학 검증시험설비로서 원자력 규제기관이 요구하는 입증자료의 생산 및 제시를 위해서 필요한 시뮬레이터로 개발된 것은 아니다. 따라서 SMART의 설계 및 운전 특성을 가시적으로 모사할 수 있는 시뮬레이터를 조속히 확보하여, 현재 SMART 설계의 안전성 및 운전전략의 타당성 확인과 설계의 취약점을 파악하고, 이를 보완 설계하여 안전성을 강화시키며, SMART 건설에 대비가 필요하다. 또한 원자력 훈련용 시뮬레이터의 개발요건[2]을 만족하기 위하여, SMART 제어실에 근접한 형상으로 개발된 FSDM을 분석하고 개선사항을 도출하여 시뮬레이터 개발에 적용하고자 한다.

2. FSDM 개요

SMART FSDM은 그림 1 및 그림 2와 같이 대형화면, 주제어반, 안전정지제어반, 보조제어반, 강사작업반으로 구성된다.

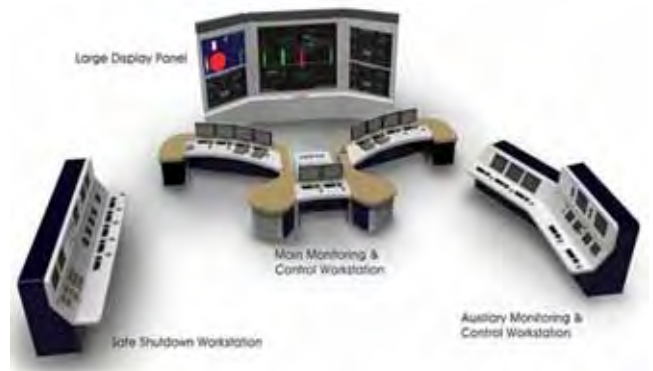


그림 1 FSDM 구성 개념도

대형화면은 제어실 운전원들이 발전소 운전 진행 상태를 공통으로 인식할 수 있도록 축약된 중요 감시정보와 경보를 제공하여 운전원들 상호간에 서로 다른 상황판단의 인적오류가 발생하지 않게 한다. 주제어반은 원자로운전원과 보조운전원이 발전소의 감시 및 제어 운전을 수행할 수 있도록 운전 정보처리 및 경보 표시, 안전등급 및 비안전등급 소프트웨어기를 장착하고 있다. 주제어반은 3명의 운전원이 각각 원자로운전원 콘솔, 보조운전원 콘솔 및 감독운전원 콘솔에서 운전을 수행한다. 안전정지제어반은

고장으로 주제어반이 가용하지 않을 상황에서 발전소를 안전하게 정지시킬 수 있는 감시 및 제어 수단을 제공하며, 실배선 하드웨어 스위치를 장착하고 있다. 보조제어반은 터빈발전기, 전기계통 및 보조계통의 운전과 감시를 위한 표시기와 소프트웨어를 장착하고 있다. 강사작업반은 FSDM 기동 및 정지 등의 운전 제어, 모의 고장 모드 운전 및 FSDM 운전 정보를 지시하는 등 FSDM의 전반적인 운영을 담당한다.



그림 2 FSDM 구현 형상

FSDM을 구성하는 각각의 제어반 및 콘솔에 내장되어 있는 컴퓨터에서 실행되는 소프트웨어는 각 제어반 및 콘솔의 기능에 따라 FSDM 서버 소프트웨어, LDP(대형화면) 소프트웨어, IPS(정보처리계통) 소프트웨어, AIS(경보지시계통) 소프트웨어, SC(소프트제어기) 소프트웨어, PAM/ICCMS(사고후감시 및 부적절노심감시계통) 소프트웨어, RPS/SCOPS(원자로보호계통/노심보호계통)의 OM(운전원 모듈) 소프트웨어를 각기 달리하여 사용한다. 제어반 및 콘솔 구분없이 FSDM 서버 소프트웨어와 그 외 다른 소프트웨어 간의 통신 인터페이스 구성도는 그림 3과 같다.

FSDM 서버 소프트웨어는 시뮬레이션 엔진의 실행에 필요한 소프트웨어이다. LDP 소프트웨어는 iFix SCADA 서버와 LDP 대형화면 표시를 같이 하는 소프트웨어이며 iFix SCADA OPC Server, PDB(Process Database), 경보감측, 통신처리의 하위 모듈로 구성되어 있다. iFix SCADA OPC Server는 FSDM 서버 프로그램에서 데이터의 송수신 기능을 처리한다. PDB는 iFix SCADA 서버의 모든 입출력 변수를 저장하는 기능을 처리한다. 경보감측 모듈은 iFix SCADA 서버에서 AIS 소프트웨어에 제공되는 경보 감측 논리를 수행하는 기능을 처리한다. 통신모듈은 FSDM을 구성하는 모든 소프트웨어와 데이터 송수신 기능을 처리한다. iFix는 개발 소프트웨어로서 MMI(인간기계인터페이스, Man-Machine Interface) 화면, 클

라이언트와 서버와의 통신, SCADA 서버 및 시뮬레이션 서버와의 통신 기능을 구현하는데 사용되었다.

IPS 소프트웨어, AIS 소프트웨어, 소프트웨어기 소프트웨어, PAM/ICCMS 소프트웨어, RPS/SCOPS 소프트웨어는 SMART 표준설계에서 개발된 계측제어계통의 기능을 처리하는 소프트웨어이다. 이들 소프트웨어는 운전원에게 제공되는 표시화면 처리 기능을 수행한다. AIS 소프트웨어의 경보감측 논리를 제외한 상기 소프트웨어는 인간공학 검증시험 목적으로 표준설계에서 개발된 각 계통의 논리처리 기능요건을 제한된 수준에서 개발되었다.

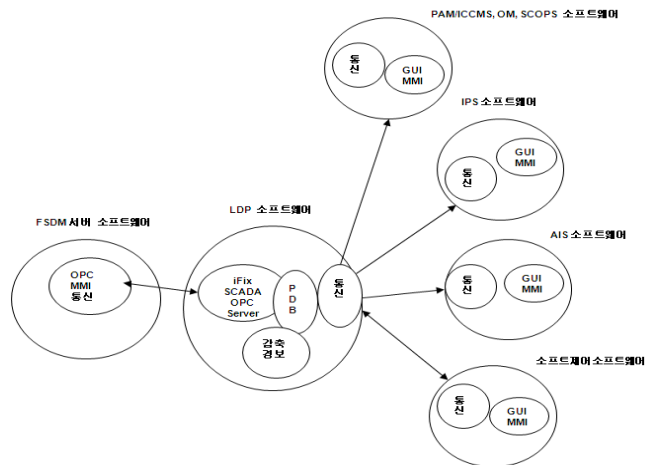


그림 3 FSDM 서버와 통신 인터페이스 구성도

3. FSDM 분석 및 설계개선

SMART 시뮬레이터 개발은 국내기술로 개발된 최적 해석코드를 이용하여 실시간으로 동작하며, SMART의 계통설계 및 운전원 훈련에 활용하는 것을 목적으로 한다. SMART 시뮬레이터 개발을 위해서 열수력계통 시뮬레이션을 위한 실시간모델 개발, 시뮬레이터 플랫폼 구축 및 제작과 시뮬레이터 노심 소프트웨어 실시간모델 개발 등의 연구가 필요하다. 본 논문에서는 SMART 시뮬레이터 플랫폼 구축 및 제작에 적용하기 위해서 기존에 개발된 FSDM을 분석하였다. 기존에 개발된 FSDM은 운영허가 취득단계에서 개발해야 하는 전체 공정률 대비 약 10%의 모의 성능을 가지는 수준으로 기능을 구현하였으므로 FSDM 설비의 하드웨어 및 소프트웨어 자원에 대한 설계현황 분석을 수행하여 설계개선 요구사항을 도출하였다.

현재의 FSDM의 구조는 그림 3과 같이 LDP(대형화면) 소프트웨어가 iFIX SCADA 서버 기능을 수행하고 19개의 클라이언트와 통신 및 데이터 송수신을 처리하고 있으므로 많은 통신 부하가 발생하고 있다. 또한 LDP 소프트웨어는 경보 감측논리 처리와 AIS 소프트웨어의 사용자 정의 화면 갱신처리도 수행하고 있어 통신 부하가 급증한다. 따라서 FSDM 서버와 계통 소프트웨어 간의 형상 및

구성에 대한 개선이 필요하다. 이를 위하여 별도의 FSDM 서버와 운전 감시제어용 통신 데이터 처리 기능을 수행하는 iFix SCADA 서버를 구성하는 등의 소프트웨어 및 하드웨어적인 개선이 필요하다. 이러한 사항을 반영하여 그림 4와 같이 형상 및 구성을 개선하여 SMART 시물레이터 개발에 적용하고 있다.

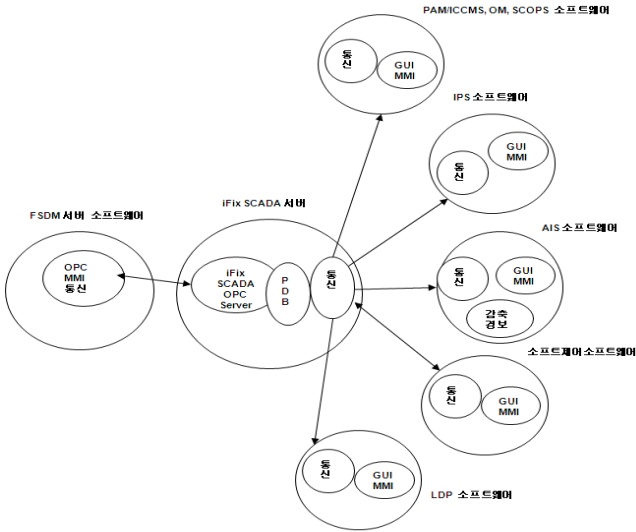


그림 4 FSDM 서버와 계통 소프트웨어 개선 구성도

AIS 소프트웨어는 경보감축 논리가 iFIX SCADA 서버에서 수행되고 있으므로 성능에 문제가 발생하므로 개선이 필요하다. 경보감축 논리가 iFIX SCADA 서버에서 처리되지 않게 개선해야 하며, AIS 전용 컴퓨터로 감축논리를 수행할 수 있도록 별도의 컴퓨터 설비 및 소프트웨어 구조의 형상 변경이 필요하여 그림 4의 구성과 같이 변경하여 시물레이터 개발에 적용하고 있다.

현재 FSDM의 소프트웨어기 소프트웨어는 원자로 정지 및 소형과단 냉각재 상실사고 운전 절차의 수행에 필요한 계통의 소프트웨어 화면만 개발되어 있다. 따라서 SMART 전체 계통에 대한 운전 제어가 가능하도록 시물레이터 개발에 적용되어야 한다.

제어반 형상 및 배치 측면에서 원자로운전원과 보조운전원의 의사소통을 위한 거리가 다소 멀고, 두 운전원이 서로의 제어반으로 이동할 필요가 있으나 현재 구현된 FSDM은 동선이 확보되지 않았다. 이를 개선하여 FSDM의 주제어반은 그림 5와 같이 왼쪽 위의 원자로운전원 콘솔, 오른쪽의 보조운전원 콘솔의 두 운전원간의 동선을 확보하도록 형상을 재설계 및 개선(안)을 마련하여 시물레이터 개발에 적용하고 있다. 두 운전원 콘솔 아래에는 감독운전원 콘솔이 위치하고 있다.

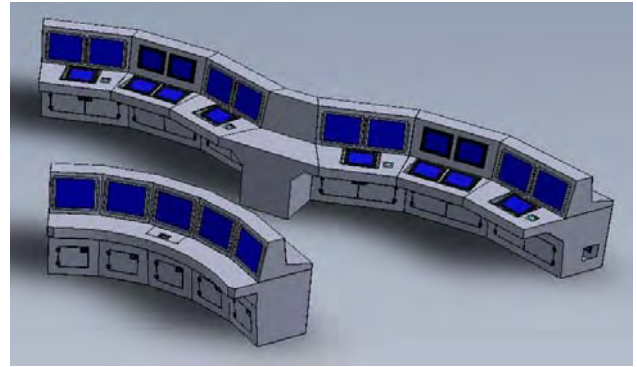


그림 5 주제어반 형상 개선(안)

4. 결론

SMART 표준설계 인허가에 활용된 FSDM 설비의 하드웨어 및 소프트웨어 자원에 대한 설계현황 분석을 수행하여 설계개선 요구사항을 도출하였다. 설계현황 분석결과 FSDM의 소프트웨어 구조와 통신 인터페이스 구조에서 통신 과부하가 발생하고 있었으며, 이의 문제점을 해소하기 위하여 FSDM의 소프트웨어 구조개선 및 하드웨어적인 구조개선을 수행하였다. 제어반 형상 배치 측면에서 원자로운전원과 보조운전원과의 이동성 확보를 위하여 주제어반 형상을 개선하여 SMART 시물레이터 개발에 적용하였다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었음.
(No. 2012M2A8A4025979)

참고문헌

- [1] NUREG-0700, "Human-System Interface Design Review Guidelines", 2004.
- [2] Y.S. Suh, S.K. Kim, G.O. Park, "Lessons Learned from Validation Tests of SMART MMIS Design", Proceedings of ICAPP, 2013.
- [3] ANSI/ANS-3.5, "Nuclear Power Plant Simulators for Use in Operator Training and Examination", 2009.