

‘95 추계 학술 발표회 논문집
한국원자력학회

한전의 발전소 운전원 훈련용 시뮬레이터 국산화 개발

이 중근, 이 용 관
한전 전력연구원

요 약

한국전력공사 전력연구원에서는 최근 영광 #3·4, 보령 #3·4 및 고리 #2 등 원자력 시뮬레이터 2기, 화력 시뮬레이터 1기의 국산화 개발 사업에 착수하였다. 이번에 국산화 개발되는 시뮬레이터는 UNIX 운영체제(OS)를 사용하는 워크스테이션을 채택함으로써 기존의 시뮬레이터 전용 컴퓨터 시스템 사용에 따른 폐쇄성을 극복하게 되며, 발전소 계통 시뮬레이션 모델이 정교하고 사용자 편의성이 대폭 증가된 Graphic User Ineterface 개발을 그 특징으로 한다. 본 국산화 개발사업은 향후 5년간 단계적으로 진행될 예정인데, 삼성전자(주)를 주 계약자로 하고 미국의 S3T(Simulation, Systems & Services Tech. Co)사와 기술제휴로 1단계에서는 영광 #3·4호기용 및 보령 #3·4호기용 시뮬레이터 개발을 통한 기술전수를, 2단계에서는 전수기술을 활용한 고리 #2 시뮬레이터 개발을 통해서 국산화 기술자립을 확보할 예정이다.

1. 서론

전세계의 원자력 사업자들은 TMI 및 체르노빌사고 이후 이러한 사고의 재발을 막기위하여 원자력발전소 설비개선 및 인적요인 (Human Factor Engineering)에 대한 다양한 연구개발을 추진하여 왔다. 그 중 전범위(Full Scope) 시뮬레이터를 이용한 운전원 훈련은 사고시 운전원의 사고 대처운전 능력배양이라는 점에서 필요성이 대두되었다. 한전은 경제성장에 따라 늘어나는 전기수요를 충족시키기 위하여 2005년까지 1000MWe급 원자력발전소 10기, 500MWe~800MWe급 대용량 화력발전소 22기를 건설하는 야심찬 전원 개발 계획을 추진하고 있으며, 이에 따라 능력있는 운전원 양성을 위해 더 많은 수의 시뮬레이터가 필요하게 되었다. 그러나 종전 외국의 전문제작업체에서 턴키 방식으로 도입되어 온 시뮬레이터는 원전 사고의 예방을 위하여 시뮬레이터 제작 기준 및 훈련요건(ANSI/ANS 3.5)을 강화함으로써 정확한 계통 모델의 개발이 요구되고 있으며, 다기종의 시뮬레이터 도입 운영으로 인한 기술 축적이 어려운 문제점을 해결하고 유지보수 기술

을 확보하며 신기술 개발에 따른 시뮬레이터 성능개선 능력 확보를 위해서 시뮬레이터 국산화 개발 계획을 추진하게 되었다.

2. 국산화 개발계획

2.1 추진방향

현 시점에서 최선의 기술을 외국의 전문 제작업체로부터 도입,전수하여 시뮬레이터 관련업무에 응용할수 있는 능력을 배양하고 시뮬레이터 기술자립을 확보하므로서 향후 신규 시뮬레이터 개발 및 유사 프로젝트에 대해서는 국내에서 개발함을 원칙으로 한다.

기술도입의 주체는 국내업체로 하고 국내업체는 시뮬레이터 설계,제작의 전범위에 대한 기술자립을 한전은 발전소 계통모델링 분야 기술자립을 목표로 한다.

국산화율을 계약의 조건으로 하여 국내업체의 적극적인 사업참여를 유도하고, 기술자립 계획을 실천해 나가도록 독려한다.

국 산 화 율	영광#3,4 및 보령#3,4 시뮬레이터	50%
	고리#2 시뮬레이터	80%

2.2 사업개요

- 사업명 : 발전소 운전원 훈련용 모의제어반 국산화 개발적용
- 기 간 : 1994.3.9 ~ 1998.7.8(52개월)
- 개발내용

Simulator 명	개발기간	기 준 발 전 소
영광#3,4 Simulator	'94.3.9~ '96.11	영광 3호기 1000 MWe급 2Loop CE PWR Type GE TBN
보령#3,4 Simulator	'94.7.9~ '96.10	보령 3호기 500MWe급 관류형 초임계압 보일러 GE TBN
고리#2 Simulator	'95.7.9~ '98.7.8	고리2호기 650MWe급 2Loop W-H PWR, GEC TBN

3. 기술전수

3.1 기술전수 추진배경

원자력 및 화력발전소 운전원 훈련용 시뮬레이터는 지금까지 외국제작사에 의존하여 도입 설치 되어 다양한 외국제작사의 제품도입으로 기술의 호환과 운영기술의 전문화가 어렵고 핵심 소프트웨어의 접근도 곤란하여 성능개선에 여러 문제점이 있었다. 이러한 문제점들의 근원적인 해결을 위해서는 한전(전력연구원)이 시뮬레이터 기술을 보유하고 일관성있는 기술개발을 추진 하며 적용해야 한다. 컴퓨터의 고성능화와 가격저하에 힘입어 발전소 기술분야에서 시뮬레이션 기술의 적용이 점차 확대되는 추세이기 때문에 이 기술은 모든 발전소 관련 R&D를 위한 기본 툴로서 활용될 것이다. 이번 기술전수를 통하여 전력연구원은 선진외국의 성숙된 기술을 도입 하고 이를 지속적으로 발전시켜, 후속 시뮬레이터 개발, 시뮬레이터의 유지보수, 성능개선, 구설 비의 개체에는 물론 발전소 계통해석 지원 및 유사사업에도 적극 활용하고자 한다.

3.2 기술개발 전략

한전은 3기의 시뮬레이터 개발사업을 계기로 발전소 계통모델과 관련된 시뮬레이터 핵심기술 을 확보하기위해 국내업체를 시뮬레이터 주 계약자로 선정하고 국외의 선진 기술보유 제작업체 와 기술전수 계약을 체결하여 시뮬레이터의 제작과 기술전수를 병행하여 추진하고 있으며 기술 전수를 통해 발전소 계통의 모델링에 대한 기술을 소화 흡수하여, 향후 이 기술을 적용 대상에 따라 응용 발전시킬수 있는 능력을 갖추고, 응용 소프트웨어 및 하드웨어 분야에 대해서는 향후 시뮬레이터의 유지보수능력 확보를 목표로 한다.

3.3 기술전수 범위

- Plant Models
Neutronics, NSSS Thermohydraulics, Boiler, T/G, BOP등 발전소 계통 모델 - 기술이전
싯점에서 최신의 Source Code 형태로 이전
- Simulator Development Tools
US3, TOPMERET, GEMdraw, CLASC, EDNET등 시뮬레이터 개발용 소프트웨어
(제3자 개발S/W 제외) - 기술이전 싯점에서 최신의 Source Code 형태로 이전
- Reference Materials
각 Plant Model 및 Simulator Development Tool에대한 Design
- Criteria, Standard, Guidelines, Design Document 및 User's Manul 등

3.4 단계별 기술전수 및 발전계획

한전은 전수받을 기술을 중점 전수대상 및 활용대상 부분으로 나누어 단계별 기술전수 및 발전계획을 추진중이다.

3.4.1 대상기술

- 중점 전수대상 : 완전 소화 흡수하여 자체적으로 개선할 능력 보유
 - 열수력학적 모델링 기술
 - Core Neutronics Model
 - Boiler/Furnace Model
 - 터빈/발전기 Model
 - 계통의 Nodalization 기술
 - 수치해석 기술
 - 모델간 Interface 기술
 - I&C System 과 Electric System 모델링
- 활용대상 기술 : 적용을 목표로 사용기술 확보
 - Executive 소프트웨어 응용기술
 - Instructor Station 소프트웨어 기술
 - H/W 및 S/W 인터페이스 기술
 - 시스템 네트워크기술
 - I/O 인터페이스 기술

3.4.2 단계별 기술 전수 및 발전 계획

- 1) 1단계 : 기반확충단계(2년, 영광/보령 시뮬레이터 제작)
 - 기술전수를 위한 환경조성(1년)
 - 기반기술의 흡수단계(1년)
- 2) 2단계 : 자체응용단계(3년, 고리 2호기 시뮬레이터 제작)
 - 발전소 계통 모델링 능력배양
 - 필요시 관련 학술단체 또는 연구소와 연계
 - 고리2호기 BOP, T/G, 전기, 제어계통 모델링에 동참
 - 기타 Non-modeling 소프트웨어의 설계 및 개발 참여
 - Stand Alone Test 환경 구축

3) 3단계 : 전수된 기술의 자립단계(5년 이후)

- 발전소 계통 모델링 능력보유
- 계통해석용 시뮬레이터 개발
- 후속기 시뮬레이터 개발지원
- 발전소 운영지원

3.4.3 인력 투입 계획

- Modeling S/W 분야 : 12 명
 - Neutronics, NSSS T/H, S/G & PZR, Furnace/Boiler 등
- Non-modeling S/W 분야 : 4 명
 - Computer Scientists for Executive S/W & CMS 등
- H/W 분야 : 2 명
 - 컴퓨터, I/O Interface, Panel 및 계기분야 등

4. 3 기 시뮬레이터의 특징

4.1 컴퓨터 시스템

시뮬레이터의 컴퓨터 시스템은 실시간(real time) 또는 실시간 보다 빠른 시뮬레이션을 하기 위하여 높은 계산 능력이 요구된다. 기존의 시뮬레이터 전용 컴퓨터 시스템의 폐쇄성을 극복하고 향후 확장성 및 개방성(open architecture)을 최대한 보장 할 수 있는 UNIX 운영체제를 사용하는 RISC 워크스테이션을 사용한다. 또한 소프트웨어 개발 및 유지 보수성 증진을 위해 엔지니어 스테이션을 증설하였으며, 기술의 호환성 확보를 위해 같은 회사 제품 동일 계열의 워크스테이션을 사용하며 네트워크로 연결하여 활용성을 증진하였다.

4.2 발전소 계통 모델링

기존 발전소의 특성을 잘 나타내면서 모의 정밀도를 높이기 위해 간략화된 모델이나 실험적으로 부적정한 모델 대신에 자연법칙에 입각한 물리적인 모델을 사용한다. 원자력 시뮬레이터의 일차 냉각재 계통의 열수력 계통 모의를 위해 Non-Homogeneous, Non-Equilibrium 모델을 사용하며 보령 화력의 보일러 제어 계통 모델링을 위해 SCO(State of Control with Obserber)를 개발하고 있다. 발전소 계통 모델 개발시 소프트웨어의 유지 보수성 향상과 편의성 증진을 위해 Auto Code Generaor가 포함된 Software Development Tool을 적극 활용하고 있다.

4.3 Man-Machine Interface

강사조작실 소프트웨어는 사용자가 시뮬레이터의 모든 운전 정보를 효과적으로 손쉽게 사용할 수 있도록 해주어야 한다. 개발중인 시뮬레이터는 Standard C-언어와 X-윈도우 환경을 사용하며 시뮬레이터 주제어실 제어반을 이물레이션(Emulation) 하는 소프트 판넬(Soft Pannel)을 개발하여 제어반 없이도 윈도우상의 그래픽 제어반을 통하여 시뮬레이터를 운전할 수 있어서 운전원 교육훈련시 강의실에서도 발전소에서 발생할 수 있는 현상을 시뮬레이션하여 현실감 있는 교육을 수행 할 수 있으며 Man-Machine Interface 개발의 기본적 방향은 다음과 같다.

- User friendly
- Transportability
- Flexibility
- Multiple window capability

5. 맺음말

한전의 원전운영 및 건설에 대한 능력은 이미 세계적 수준에 있으며 이는 4년연속('91~'94) 원전 평균 설비이용율 80% 이상 달성으로 증명되고 있다. 그러나, 운전원 훈련의 핵심 부분인 시뮬레이터는 외국의 전문제작 업체로부터 턴키방식으로 도입되어 기술의 호환성이 없음은 물론 핵심기술에의 접근이 어려워 각 발전소 장주기 노심관련 설계변경이나 계통 설계변경등에 대처하여 시뮬레이터의 모델개선을 못하므로써 많은 문제점을 야기하게 되었다. 따라서 한전은 이런 문제점을 해결하고 향후 전원개발 계획에 부합하기 위하여 "발전소 운전원 훈련용 시뮬레이터 국산화 개발 적용"이란 프로젝트를 시작하였다. 이 프로젝트를 통하여 외국의 최신 기술을 전문 제작 업체로부터 도입하여 소화하고, 응용하여 향후 신규 시뮬레이터 개발 및 유사 프로젝트는 국내에서 개발함을 원칙으로 하고있다. 기술도입 주체는 국내업체로 하며 국산화율을 계약 조건으로 하여 국내 기술자립을 유도하고 있다.

현재 이 프로젝트는 계획대로 추진 중이며 98년 7월에 성공리에 끝나치면 한전은 지금까지의 문제점을 스스로 해결하고 또한 기술전수에 의해 축적된 기술은 발전소 시뮬레이터 뿐만 아니라 타 분야에도 활용이 가능하여 장기적인 측면에서 파급효과가 클것이다. 구체적으로 이 기술은 한전 경수로 및 화력 시뮬레이터 개발을 위한 것이지만, 현재 한전에서 추진중인 중수로 시뮬레이터 개발과 국책과제인 차세대 원자로개발 프로젝트에 응용되리라 본다. 더 나아가 기존 시뮬레이터의 유지보수 및 발전소 계통해석과 구설비의 개선에도 활용될 것이다.