

가상현실을 이용한 울진표준형 원전 시뮬레이터용 컴퓨터 지원 교육훈련시스템의 설계

박신열, 유현주, 이명수, 홍진혁
한국전력공사 전력연구원

The Design of CBTS for KSNP Simulator using Virtual Reality

Shin-Yeol Park, Hyeon-Ju Yoo, Myeong-Soo Lee, Jin-Hyuk Hong
Korea Electric Power Research Institute

Abstract

현재 발전소의 시뮬레이터 교육은 교재 위주로 시행되고 있어서 발전소의 입체영상이나 가상사고 진행에 따른 동적 상태변화 등을 실감있게 교육할 수 있는 교육설비가 없다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 가상현실 및 멀티미디어 기법을 적용하여, 발전소 전반 및 주 제어실 등을 3차원 모델로 개발하고 이를 입체영상으로 시각화하여 발전소의 복잡한 구조와 기능들을 설명하고, 운전 중 발생 가능한 다양한 사고에 대한 시나리오 선정 및 저작으로 운전원 교육시 시뮬레이터실이 아닌 강의실에서 사고현상 시뮬레이션을 가능하게 하는 시스템을 개발하기 위한 설계를 완료하였다. 본 논문에서는 3차원 CAD 데이터 구축, 가상현실 시스템 개발, 웹 환경의 교육시스템 개발, MMI 화면개발을 통한 시뮬레이터 연동 시스템 개발 등을 구현하기 위해 현재까지 설계된 컴퓨터 지원 교육훈련시스템에 대한 전반적인 내용을 제시하고자 한다.

1. 개요

전력연구원에서는 하동 화력발전소에 발전소 운전원 훈련용 시뮬레이터의 보조설비로서 가상현실 시스템을 개발하여 운영중에 있으며, 또한 고리 원자력발전소의 시뮬레이터에 가상현실을 이용한 교육훈련시스템을 개발 중에 있다. 본 논문에서는 울진 표준형원전을 기준발전소로 하여 개발하려고 하는 『가상현실을 이용한 컴퓨터 지원 교육훈련시스템의 설계』에 대한 내용을 기술하고자 한다. 본 시스템은 크게 3차원 CAD 데이터

구축, 가상현실 시스템 개발, 웹 환경의 교육시스템 개발, MMI 화면개발을 통한 시뮬레이터연동 시스템 개발 등으로 구성되어 있으며 개발하고자 하는 시스템의 H/W 및 S/W의 구성도는 [그림 1] 및 [그림 2]와 같다.

2. 시스템 개요

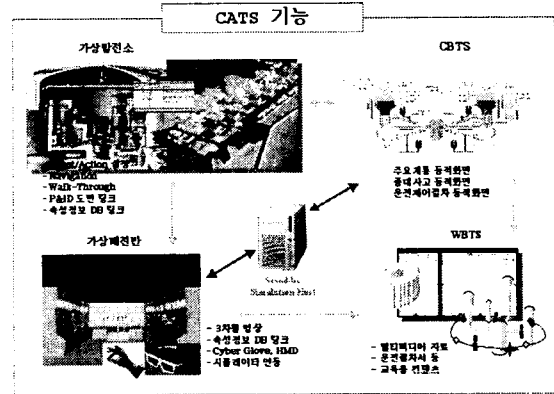
2.1 개발환경

[그림 1]과 같이 본 시스템은 VR Server, Web Server, 개인용 컴퓨터 약 5대, 프로젝트 등으로 구성되며 LAN을 이용하여 기존의 시물레이터 장비와 부분적으로 연계된다. 개발용 S/W측면에서 보면, Windows 2000을 OS로 사용하며 SQL Server를 Web DB로 사용한다. 각 시스템별 주요 개발용 S/W는 [표 1]과 같다.

구분	개발용 툴
3D CAD 구축	Micro Station
VR 개발	TOV, Java3D
CBTS 개발	XtremeView
WBTS 개발	VC++, Java 등
CG처리/저작	V-REALM Builder 3D Max 등

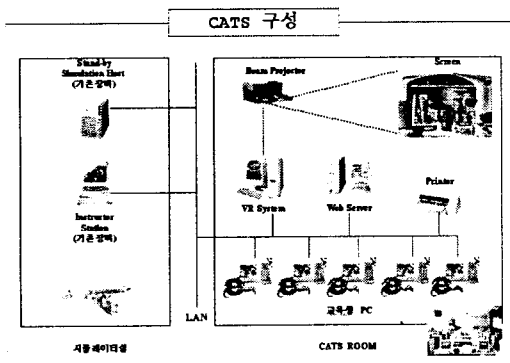
[표 1] 주요 개발용 S/W

게 된다. WBTS (Web Based Training System)는 운전절차서 등의 강의자료를 인터넷상에서 사용자가 액세스 가능하도록 구축된다.



[그림 2] S/W 구성

2.2 시스템 구성도



[그림 1] H/W 구성

[그림 2]에서 보는바와 같이 구성되는 각 시스템을 간단히 살펴보면, 우선 가상발전소는 발전소 전체를 대상으로 Navigation이 가능하며 P&ID도면 및 엔지니어링 DB와 연결되어 관련정보를 제공하게 되며, 가상배전반은 시물레이터와 연동되어 3차원 영상을 통하여 시물레이터와 반응하게 된다. CBTS (Computer Based Training System)에서는 사용자가 2차원 MMI (Man Machine Interface) 동적화면을 이용하여 시물레이터의 조작이 가능하

3. 개발분야

3.1 3차원 CAD 데이터 구축

울진 제2 발전소 종합설계 업무로 발행된 발전소 건물내의 주요 시설물에 대한 기계, 배관, 전기, 토목 도면과 수집한 도면을 이용하여 다음과 같은 업무를 수행하며 그 규모는 3차원 Micro Station의 데이터 형태로 약 800MB 이상이 될 것으로 예상하며 주요 입력정보는 다음과 같다.

- 입력지역 : 주요기기 및 설비에 대한 상세 모델
- 입력정보 : 도면에 표기된 기계, 배관, 전기설비 및 구조물의 형상과 제한
- 속성정보 : 도면에 표시되는 중요정보와 특별히 명시되는 추가 속성정보

(1) 모델구축 기준

3차원 모델은 실 축척으로 구축하며 3차원 모델 내에서 CAD 명령을 사용하여 측정하면 (Measure) 실제의 치수가 화면에 표시되도록 개발된다. 기술 분야별 3차원 CAD 모델을 구성하여

통합 3차원 CAD 모델을 구축하며 분야별 모델은 다음과 같다.

- 기본모델
- 주요설비의 교육용 3차원 모델링
- 주요설비의 교육용 엔지니어링 데이터베이스 구축

(2) 모델작성 대상

모델링 되는 모든 파일을 변환하여 가상 현실 데이터를 제작하는데 목표를 두고 제작해야 하며, 특히 외관과 내부를 다양한 각도에서 Navigation 할 수 있고 특수한 부분에 대해서는 분해/조립 등의 가상현실 Event를 제작하는 수준으로 모델링 수준을 정한다. 또한 필요시 주요 기기의 벨브와 계기조작 방법에 대해서도 Event/Action을 구현할 수 있도록 하며, 모델링을 수행할 주요 대상은 다음과 같다.

- 전체발전소 전경
- 주요 건물
- Reactor Vessel, Steam Generator, React Coolant Pump, Pressurizer, Charging Pump, Turbine, MSR 등 주요 기기
- 1차 및 2차 주요계통
- 스위치 야드 및 스위치 야드 터널
- 핵연료 재장전 관련 기기 및 구조물

3.2 가상현실 시스템 개발

모델대상과 모델링의 정밀도를 증가시키면 가상현실시스템의 Quality는 높아지나, 개발기간, 개발비용 및 하드웨어의 가격이 급격히 상승하며 성능의 저하로 교육적 효과가 감소한다. 따라서 정해진 기간 중에 완료 가능하면서도 교육적 효과를 충분히 발휘할 수 있도록 모델링 대상과 정밀도를 설정하고자 한다. 가상현실 틀은 대형 플랜트 모델에 대한 실시간 렌더링, 주요 설비들에 대한 분해 및

조립, 주요 설비들에 대한 기능 시물레이션을 할 수 있는 기능을 갖추고 있다. 가상현실 시스템 개발에서는 구축된 3차원 CAD 모델링 파일을 변환하여 그래픽 장비에 적합하게 가상현실 데이터를 제작하고, 교육 시나리오에 따른 Event/Action 프로그래밍, Navigation, Walk-Through, 주요 기기와 주요계통에 대한 기능성 시물레이션 등을 개발한다. 가상현시 시스템은 발전소 전반을 대상으로 하는 가상발전소와 발전소를 제어하는 가상 제어반으로 나누어 개발되며 각각에 대한 모델대상과 모델링 방향은 다음과 같다.

(1) 가상발전소 (Virtual Plant) 개발

3차원 CAD 데이터 구축에서 모델링 된 모든 파일을 VRML 형식으로 변환하여 가상현실 데이터를 제작하며 일부 자료는 인터넷상에서 액세스가 가능하도록 하며 주요 모델 대상은 다음과 같다.

- 발전소 전경, 주요 건물 및 설비
- 상세 모델 설비
 - 3차원 CAD에서 상세 모델링 된 주요기기에 대해서는 분해, 조립 등의 이벤트/액션 기능을 개발한다.
- 계통 모델링
 - 약 21개 계통 리스트에 대해서는 네비게이션 컨트롤 윈도우를 개발한다

모델링 되는 주요설비의 모든 컴포넌트들은 P&ID, 엔지니어링 DB와 연동된다. 예를 들어, 상세 모델링된 설비의 특정기기를 클릭하면 해당 기기에 대한 P&ID도면이 별도의 창으로 디스플레이되며, 또한 엔지니어링 DB로부터 해당 기기의 속성 정보가 새로운 창에 디스플레이 된다. 구체적인 내용과 범위는 발전소 실무자와 개발자가 협의를 통해 확정한다.

2) 가상 제어반 (Virtual Panel) 개발

가상 제어반의 주요 모델 대상은 주제어반, 주요 현장 패널, EER로 나누어 진다. 주제어반과 EER의 주요골격(계기판, 스위치 등)은 3차원으로 모델링하며, 현장판넬의 계기판, 스위치 등은 Texture Mapping으로 처리하여 데이터의 크기를 최소화하여 시스템의 성능향상이 가능한 방향으로 구현한다. 주제어반, EER 및 현장 판넬의 모든 컴포넌트는 기기의 속성정보를 가지고 있는 엔지니어링 DB와 연동된다. 주제어반에서는 Cyber Glove, FastTrak과 같은 가상현실 장비를 이용하여 가상현실 시스템을 구현한다. 예를 들어 운전원이 Cyber Glove를 장착하고 주제어반의 특정 스위치를 조작하면 관련변수의 값들이 시뮬레이터와 연동되어 주제어반의 계기가 움직이거나 경보판의 색깔이 바뀐다. 구체적인 내용과 범위는 협의를 통하여 결정한다.

또한 주제어반에 대해 Stereo Scope 시스템을 사용하여 교육생들이 하나의 팀을 구성하여 각자의 컴퓨터를 통하여 네트워크상의 가상의 3차원 공간상에서 자신의 아바타를 조작하여 공동작업(Collaboration)을 가능하게 하여, 각종 계기의 조작 및 문제 상황에 대한 대처방법을 학습할 수 있는 가시화 시뮬레이션 시스템을 개발하며 가시화되는 3차원 모델은 시뮬레이터의 모델과 연계된다.

3.3. CBTS 개발

CBTS (Computer Based Training System)는 시뮬레이터실에 설치된 예비용 전산기 (Stand-by Computer)를 이용하여 강의실에서 구동할 수 있도록 강사조작반과 시나리오별 통합운전 화면을 작성한다. 시나리오별 통합운전 화면은 시나리오를 구현하기 위한 고장 (Malfunction)부여 기능과 현장조작 (Remote Control)부여 기능 및 필요한 판넬 구성품의 소프트 판넬 기능으로 구성되어 있다. 이를 통하여 강사조작반은 시뮬레이터 운전(기동,

정지, 멈춤 등) 및 감시기능 만을 수행할 수 있도록 기능을 분리하여 강사가 시나리오를 실행하기 위하여 많은 화면 조작하지 않고 강의에 전념할 수 있도록 한다.

(1) 모델대상

- 발전소 주요 계통 동적화면 개발 및 모델 링크
 - 1차 계통 : 원자로 냉각재계통(RCS) 등 5개 계통
 - 2차 계통 : 복수, 급수 및 보조급수 계통 (FW1) 등 5개 계통
- 주요 운전제어 절차 및 반응 도식화를 위한 동적화면 개발 및 모델 링크
 - 1차 계통 : 원자로제어계통운전 등 4개 항목
 - 2차 계통 : 증기발생기 수위제어 등 4개 항목
- 가상사고시 발전소 상태분석을 위한 동적 화면개발 및 모델링크
 - 1차 계통 : 원자로냉각재상실사고 등 4개 항목
 - 2차 계통 : 증기관 파열사고 등 4개 항목
- 중대사고
 - 노심 및 격납용기의 3차원 묘사

(2) 모델링 방향

강의실 교육을 위해 훈련용 시나리오에 따라 동적으로 실행되는 MMI 화면을 개발한다. ExtremeView를 이용하여 Microsoft Office 환경에서 훈련 시나리오를 작성, 시뮬레이터를 수행시키고 원하는 교육에 사용할 동적 화면을 작성하며, 이를 이용하여 시뮬레이터실에 설치된 예비용 전산기 (Stand-by Computer)와 MMI 화면이 연동되며 이를 통하여 컴퓨터기반 훈련이 가능한 시스템을 구현한다.

[참고문헌]

3.4 WBTS 개발

WBTS (Web Based Training System)은 강사와 교육생 간의 발전소 계통 중 일부를 원격교육이 가능하도록 웹서버-클라이언트 환경에서 이루어질 수 있게 CBT에서 개발한 코스웨어를 웹 환경에 맞도록 가공하여 제작한다. 내용물은 추후 지속적인 보완이 가능하도록 구성하고, 원격으로 강의의 수강하면서 다양한 동적화면 자료를 활용한 생생한 교육이 될 수 있도록 하며, 주요 제작내용은 다음과 같다.

- 발전소 운전 유형별 현상, 원인, 영향, 결과, 대처방안 등
- 주제어반 및 현장판넬의 기능 등 교육자료 구축
- 계통도에 대한 Dynamic Animation
- 각종 동영상 및 이미지 제작
- 위기, 위험 상황을 알리는 효과음 삽입
- 관련성 있는 정보(교재,실사,이미지,동영상 등)의 Hyper Link
- Interactive한 기능 구현

4. 결론

지금까지 본 논문에서 소개한 내용은 3차원 CAD 구축, 가상현실 및 시뮬레이터 전문업체와 공동으로 곧 개발착수 예정인 설계서이다. 본 시스템의 특징은 3차원 그래픽 데이터가 워낙 방대하기 때문에 PC급 컴퓨터에서 원활히 실시간으로 조작 가능할지가 당면한 큰 문제중의 하나이다. 본 시스템의 개발이 완료되면 향후에는 가상배전반을 HMD등의 장비를 추가로 이용, 가상공간에 실제 배전반이 갖는 모든 기능을 갖는 배전반을 개발할 계획이다.

- [1] 박신열, "울진 표준형원전 컴퓨터지원 교육훈련 시스템 용역설계서", 전력연구원, September 2000.
- [2] 윤찬균, "교육훈련 시스템 개발", 대우정보시스템, February 2000.
- [3] 김승연, "울진 제2발전소 교육용 3차원 CAD 모델구축 및 시뮬레이터 연동 교육시스템 개발 용역수행 계획서", 한국전력기술주식회사, June 2000.
- [4] 이규훈, "울진 표준형원전 시뮬레이터 컴퓨터 지원 교육훈련 시스템 개발계획서", 삼성SDS, June 2000.