

## 가상현실을 이용한 발전소 운전원 훈련용 교육훈련 시스템 개발

박신열, 이명수, 홍진혁  
한전 전력연구원

### The Development of Training System for Power Plant Using Virtual Reality

ShinYeol Park, MyeongSoo Lee, JinHyuk Hong  
Korea Electric Power Research Institute

**Abstract** - 전력연구원에서는 발전소와 같이 국민경제에 지대한 영향을 미치는 대형 복합 플랜트에 대한 운영자교육을 효과적 할 수 있는 훈련 시스템을 개발하려는 노력을 1998년부터 계속해 오고 있다. 그 과정으로 하동 화력발전소에 발전소 운전원 훈련용 시뮬레이터의 보조설비로서 가상현실시스템을 가장 먼저 적용하였으며, 또한 고리 원자력발전소에도 가상현실을 이용한 교육훈련 시스템을 개발하여 설치하였다. 본 논문에서는 이러한 축적된 기술을 바탕으로 올린 표준형 원전 시뮬레이터의 운전원 훈련용으로 개발한, 가상현실을 이용한 컴퓨터 지원 교육훈련 시스템을 소개하고자 한다.

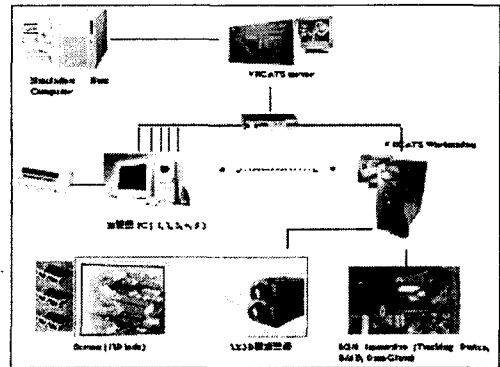
#### 1. 서 론

지금까지 원자력 및 화력발전소에서의 운전원 교육은 주로 전범위 시뮬레이터에 의해서만 진행되어 왔다. 전력연구원은 이러한 교육 중에서 상당부분을 강의실에서 컴퓨터를 이용하여 수행할 수 있다는데 착안하여 강의실용 교육훈련 시스템을 개발하였다. 본 시스템은 4 종류의 서브시스템, 즉, VRPLANT(가상발전소), VRMCR(가상주제어실), CBT(Computer Based Training), WBT(Web Based Training)로 구성되어 있다. VRPLANT는 WEB3D 기술을 적용하여 3차원 공간으로 구축되어 있어서 발전소 건물, 건물 내의 주요기기 등을 가상공간에서 Navigation 할 수 있으며, 주요기기에 대해서는 엔지니어링 DB가 연동되어 있어서 이동 중에 특정기기류 클릭하면 P&ID, Logic 도면, Spec 등을 참조해 볼 수 있다. 또한 기기들은 분해/조립 등을 할 수 있어서 기기의 형태, 내부구조, 동작원리 등을 습득할 수 있다. VRMCR도 3차원으로 구축되어 있어서 공간을 이동하면서 버튼, 계기판, 경보판 등의 형상을 파악할 수 있으며, 주요 계기들은 시뮬레이터와 연동되어 있어서 특정 스위치류 조작하면 경보판의 울림, 계기판의 변화 등을 감지 할 수 있다. 또한 교육생들이 하나의 팀을 구성하여 네트워크 상의 자신의 컴퓨터에서 각종계기의 조작 및 문제 상황 대처 방법을 학습할 수 있다. 뿐만 아니라 Cyber Glove, HMD 등의 가상현실 장비를 이용하여 한층 더 몰입감을 느낄 수도 있다. CBT는 강사가 강의실에서 시뮬레이터를 직접 기동하여 운전 중 발생 가능한 다양한 사고에 대한 시뮬레이션을 해 볼 수 있다. 시뮬레이터와 연동하여 노심내부의 동작과정, 중대사고 현상 및 증기 발생기 열 변환 과정 등도 표현하였다. WBT는 자체 Server를 이용하여 Web Site를 구축하였으며 강사의 자료와 각종 교안 등의 관리, 강사/운전원간의 의견교환 등이 가능하도록 하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 개발 환경

본 시스템을 구성하는 H/W는 발전소 시뮬레이션 모델이 운영되는 컴퓨터, 본 프로젝트에서 개발한 가상현실 시스템 운영을 위한 워크스테이션 및 서버 컴퓨터, 몰입형 장비인 Data Glove, HMD(Head Mounted Display), 강사와 운전원간의 공동작업을 위한 개인용 컴퓨터, 입체영상을 구현하는 LCD 프로젝트 등으로 구성되어 있으며 이들 장비들은 LAN을 이용하여 서로 연결되어 있다. [그림 1]은 본 시스템을 구성하는 시스템 구성을 나타낸다.



[그림 1] 시스템 구성도

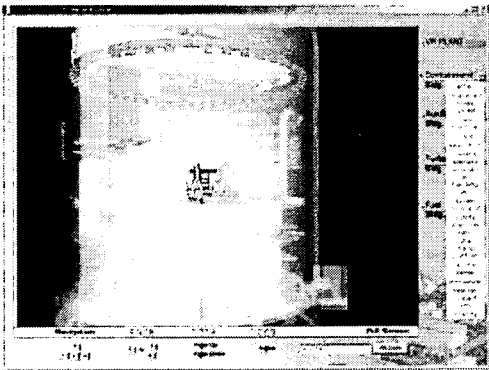
개발용 S/W측면에서 보면, Windows 2000을 OS로 사용하며, 3D CAD 모델링을 제작하기 위해 Micro Sation과 3D Studio MAX를 이용하였으며, 가상현실 저작을 위해 EON Software를 적용하였으며, CBT와 WBT에는 SQL Server, Dataviews, VC++, Flash, Picasso 등을 사용하였다.

##### 2.2 가상 발전소

가상발전소는 발전소 전경 시뮬레이션, 주요건물, 기기 분해/조립, 내부구조, 계통 시뮬레이션, 핵연료장전 등 총 6개 큰 항목으로 구성되어 있다. 가상발전소는 전경에서 건물, 그리고 그 건물을 구성하고 있는 기기까지 점차적으로 세부적인 부분까지 이동하도록 구성되어 있다.

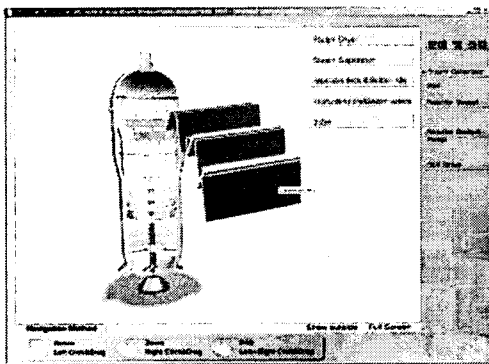
올린 3·4호기의 전경 시뮬레이션은 마우스뿐만 아니라

키보드를 사용하여 자유로운 Navigation 및 Heliport View, Bird View, Walk View 등 3개의 Viewport를 구성하여 사용자가 원하는 시선으로 자유자대로 건물 외부 및 발전소 주변을 Navigation을 할 수 있다. 주요건물은 Containment, Turbine, Fuel, Auxiliary 건물 등 총 4개로 구성되어 있으며, 건물 안의 Navigation 뿐만 아니라 건물외곽에 Opacity를 주어 건물 안을 구성하고 있는 각종 기기와 배관 등의 상호관계성과 위치, 크기 등을 한 눈에 파악할 수 있다. [그림 2]는 Opacity를 주어서 나타낸 Containment 건물의 한 장면을 보여주고 있다.



[그림 2] Containment 건물 내부모습

또한 각 기기들의 명칭은 툴팁(Tool Tip)을 이용하여 표시하며, P&ID도면, 명세(Specification) 등의 내용을 가진 EDB(Engineering Data Base)가 3차원 데이터와 링크되어 있어서, 운전원이 Navigation 중에 언제라도 관련정보를 볼 수 있다. Steam Generator, Reactor Vessel 등 주요기기는 툴팁을 이용하여 명칭을 표시하며, 각 기기를 부분별로 분해하여 Rotate/Zoom/Pan 기능을 이용하여 기기의 세부적인 형태와 동작원리를 쉽게 파악할 수 있다. [그림 3]은 분해/조립 작동중인 Steam Generator를 보여주고 있다.

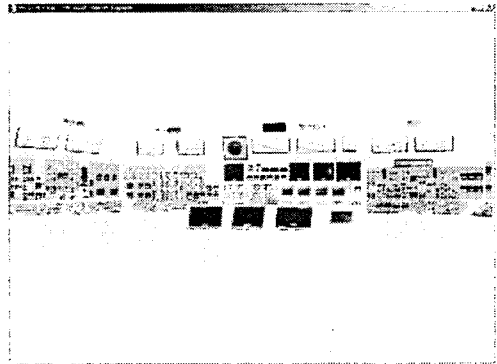


[그림 3] Steam Generator의 분해/조립 장면

### 2.3 가상 주제어실

가상 주제어실은 [그림 4]와 같이 발전소의 MCR(Main Control Room)을 컴퓨터상에서 3차원 가상

현실로 구현하였으며, 가상제어반의 3차원 모델은 시뮬레이터의 모델과 연계되어 가상제어반의 스위치 조작에 따른 데이터 변동 값을 시뮬레이션 모델로부터 현실감 있게 받게 된다. 시뮬레이터 모델과의 연계는 시뮬레이터 예비용 컴퓨터에 데이터 서버를 구축하여 시뮬레이션 모델과 가상발전소 사이에 데이터 통신이 되도록 하였다. 본 시뮬레이터용 데이터 통신 서버는 OPC(OLE for Process Control)를 이용하여 개발 하였다. VRMCR에서는 다수의 운전원들이 동시에 접속하여 공동으로 비상운전을 수행하는 Collaboration의 기능을 포함하고 있다. 비상운전을 위해 강사는 자신의 Avatar와 Chatting에 의해 작업명령을 내리고, 운전원은 그 지시에 따라 계기를 조작한다. 본 프로젝트에서는 비상운전절차 중 EOP-02에 의한 비상운전을 수행할 수 있는 수준으로 관련 경보판, 계기, 스위치들이 동적으로 모델링 되어져 있다.



[그림 4] 가상 주제어실

가상 주제어실외에 현장 패널인 EER(Electric Equipment Room), RSP(Remote Shutdown Panel), 2차 현장패널, Intake 패널은 2차원으로 실사 이미지를 이용하여 작성 하였다. 각 패널 이미지는 마우스를 가져가면 미리보기가 활성화되고, 이미지 Viewer에서 Zoom In, Zoom Out 기능을 이용하여 이미지의 전체적인 형태와 각 부분의 깨끗하고 선명한 이미지를 볼 수 있다. 추가적으로, VRPLANT와 VRMCR은 HMD(Head Mount Display)와 Data Glove를 이용한 몰입형(Immersive) 환경을 지원하며, 또한 입체 프로젝트를 이용하여 대형화면에서 입체영상을 제공한다.

### 2.4 C B T

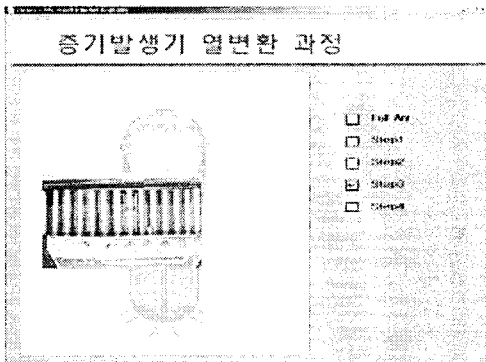
CBT(Computer Based Training)는 [그림 5]에 보이는 바와 같이 발전소 시뮬레이션(Plant Simulation), RX. Dynamics, 중대사고(Severe Accident), 비상발령 및 증기발생기 열변환 과정으로 구성되어 있다. Simulator Operation 기능을 이용하면 강사는 강사조작 메뉴를 통하여 시뮬레이터를 조작(Reset, Malfunction, Override 등) 할 수 있고, 각종 화면(Sim-Diagram, Trends)을 보여줄 수 있다. 중대사고는 모의사고에 의해 구축된 데이터를 근거로 하여 개발되었다. 중대사고에서 일어나는 각 현상들을 단계별로 나누어 구성한 중대사고는 각 현

상마다 시간 지시계(Time Indication)와 발전소 손상 상태(Plant Damage State)를 Animation View창 우측에 배치하여, 각 현상이 일어날 때 소요되는 시간, 격납건물과 원자로의 압력을 파악할 수 있도록 되어 있다.



[그림 5] CBT의 주요기능을 보여주는 화면

또한 방사선 비상등급에 따라 백색비상, 청색비상, 적색비상으로 구성된 비상발령은 각 발령의 발령상황 등을 Open Window를 통하여 볼 수 있다



[그림 6] 증기발생기 열변환 과정

증기발생기는 터빈 발전기를 기동하기 위한 증기를 공급하는 일종의 열 교환기로서 본 프로젝트에서는 그 열 변환 과정을 각 단계별로 나누어 Animation화 하였다. [그림 6] 참조. 제일 먼저 전체적으로 열변환 과정을 보여주는 Animation View 창은 오른쪽에 있는 작동버튼에 의해서 제어 되도록 되어 있다. 또한 Step3과 Step4는 [그림 6]에서 보는 바와 같이 Separator와 Steam Dryer를 확대하여 99.75% 이상의 건포화 증기가 생성되는 모습을 보여준다. 이때 확대되는 모양은 고리 원자력 교육원의 Steam Generator 모형을 이용하였다.

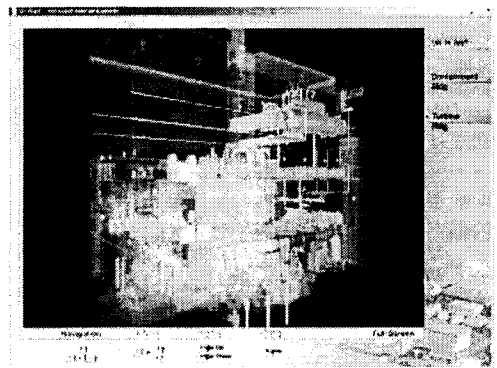
## 2.5 W B T

WBT (Web Based Training)는 강사와 교육생이 강의실 이외의 장소에서 시간과 공간의 제약을 벗어나서 원격교육이 가능하도록 웹서버 환경을 구축하였다. 현재는 기존에 구축된 강사들의 홈페이지를 Intra-Net 환경에서

접근이 가능하도록 링크된 상태에 있다. 향후에는 일부 내용에 대해서는 원격으로 강의가 가능하도록 다양한 콘텐츠를 개발할 예정이며, 현재는 발전소 운전과 관련한 교육자료, 각종 동영상 및 이미지, 각종교재 등에 대한 DB 구축을 준비 중에 있다.

## 2.6 입체 영상

인간의 두 눈은 약 65mm정도 이격되어 있어 어떠한 사물을 볼 때 각각 다른 이미지 정보를 획득하게 되며, 대뇌에서 두 이미지 합성을 통하여 입체를 인지하게 된다. 입체영상이란 바로 이처럼 양쪽 눈에 비쳐지는 사물의 모습이 다르다는 원리를 응용한 것이다.



[그림 7] 입체영상의 한 장면

본 프로젝트도 3차원 영상에 대해 더욱 현실감 있는 교육을 지원하기 위해 입체 영상을 구현하였다. [그림 7]은 입체영상의 한 장면을 보여주며, 여기서는 좌우 이미지를 각각의 페이지로 구성하여 교대로 화면에 표시해주는 Page Flipping 방식을 채택하였다.

## 3. 결 론

지금까지 본 논문에서 소개한 내용은 발전소 엔지니어링 전문회사, 가상현실 제작 전문 업체 등과 공동으로 개발하였으며, 울진 표준형 원전의 시뮬레이터에 사용될 가상현실 시스템의 일부이다. 전력연구원은 본 시스템 개발을 통하여 대용량의 3차원 그래픽 데이터 처리, 시뮬레이션 모델과 가상패널 사이에 실시간 데이터를 공유하는 시뮬레이터 연동기술, LAN을 통한 3차원 공간에서의 다자간 공동작업, 입체영상 등 여러 가지 기술을 시도하였다. 향후에는 가상 주제어실을 확장하여 비상운전 절차서 전체의 기능을 갖는 시스템을 구축하는 등 그 내용과 범위를 점차 확대해 나갈 예정이다

### [참 고 문 헌]

- [1] 전력연구원 외 2사, "KSNP 컴퓨터지원 교육훈련시스템 개발", 운영 및 사용자 지침서, 2002. 4.
- [2] 박신열, "가상현실을 이용한 발전소 시뮬레이터용 교육훈련 시스템 설계", 한국원자력학회, 2001. 4.
- [3] MyeongSoo Lee, "Development of a web-based traing system, VRCATS, for the operation and maintenance of nuclear power plant in Korea", EUROMEDIA '2002, April 2002.