

원자력발전소를 위한 강의실용 가상발전소 교육훈련 시스템 개발

홍진혁
한전전력연구원

Development of the Virtual Reality Plant for Nuclear Power Plant

JinHyuk Hong
Korea Electric Power Research Institute

요약

지금까지 전범위 시뮬레이터에 의해 이루어진 원자력 및 화력발전소에서의 운전원교육은 실제 발전소 주제어실과 유사한 상황을 전개한다는 장점을 가지고 있으나, 주요 계통 및 기기에 대한 설명을 위해서는 교과서를 공유하거나, 강사의 지식을 칠판에 서술하는 방법으로만 진행되어 왔다. 전력연구원은 이러한 교육을 상당부분 강의실 컴퓨터를 이용하여 수행할 수 있다는데 착안하여 강의실용 가상발전소 교육훈련 시스템(VRPLANT)을 개발하였다. VRPLANT는 3차원 웹(Web) 기술을 적용하여 발전소 건물, 건물내의 주요기기 등을 3차원 가상공간에서 구축하여 Navigation할 수 있도록 하였으며, 주요기기에 대해서는 엔지니어링 데이터베이스가 연동되어 있어서 이동중에 특정 기기를 선택하면 P&ID, 논리도면, 기술설명서 등을 참조해 볼 수 있도록 개발하였다. 또한 기기들은 모니터상에서 분해 및 조립이 가능하여 기기의 형태, 내부구조 및 동작원리 등을 용이하게 이해할 수 있도록 하였다.

I. 서론

본 논문에서는 원자력발전소, 특히 울진 3,4호기 원자력발전소를 위한 강의실용 가상발전소(VRPLANT : Virtual Reality PLANT) 교육훈련시스템에 대하여 소개하는 것을 목적으로 하고 있다.

II. 본론

1. 시스템 구성

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 있

다.

울진 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 격납용기 건물, 터빈건물, 핵연료 건물, 보조건물 등 총 4개로 구성되어 있으며, 건물 안의 Navigation 뿐만 아니라 건물외곽에 불투명도를 주어 건물 안을 구성하고 있는 각종 기기와 배관 등의 상호관계성과 위치, 크기 등을 한눈에 파악할 수 있도록 구성하였다. 또한 각 기기들의 명칭은 툴팁(Tool Tip)을 이용하여 표시하며, P&ID 도면, 명세(Specification) 등의 내용을 가진 EDB(Engineering Data Base)가 3차원 데이터와 링크되어 있어서, 운전원이 Navigation 중에 언제라도 관련정보를 볼 수 있다. 증기발생기, 원자로 용기 등 주요기기는 툴팁을 이용하여 명칭을 표시하며, 각 기기를 부분별로 분해하여 Rotate/Zoom/Pan 기능을 이용하여 기기의 세부적인 형태와 동작원리를 쉽게 파악할 수 있다.

2. VR PLANT

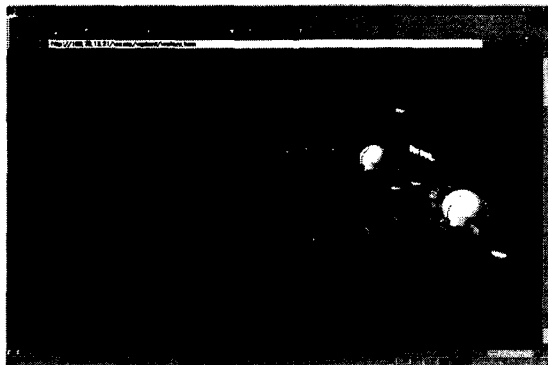
VR PLANT Simulation, Building, 분해 및 조립, 내부구조, System Simulation, 핵연료장전 총 6개 큰 항목으로 구성되어있는 VR PLANT는 전경에서 건물 그 건물을 구성하고 있는 기기까지 점차적으로 세부적인 부분까지 이동하도록 구성되어 있다.

2.1 화면구성

가상 발전소의 메인화면으로는 <그림 1>과 같다.

(1) 큰 항목 : 전경에서 비롯하여 건물, 기기 등의 항목들로 구성되어 있으며, VR PLANT Simulation, 핵연료장전은 직접 클릭으로 그에 따르는 창이 활성화된다.

(2) 작은 항목 : 큰 항목에 따르는 작은 항목들이 명시되어 있으며 클릭으로 그에 해당하는 창이 활성화된다. 마우스를 오버하였을 때 미리보기 창에서 Still Cut으로 미리 보여 준다.

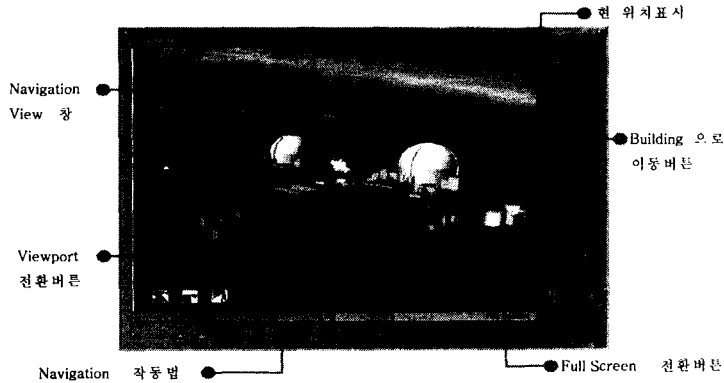


[그림 1] 가상 발전소 메인화면

2.2 VR PLANT Simulation

울진 3·4호기의 주변 환경과 더불어 구성한 전경 시뮬레이션은 마우스뿐만 아니라 키보드를

사용하여 자유로운 Navigation 및 Heliport View, Bird View, Walk View의 3개의 Viewport을 구성하여 사용자가 원하는 시전에서 관망뿐만 아니라 자유자대로 Navigation을 할 수 있다. 또한 Tool Tip을 이용하여 건물들의 명칭을 마우스의 오버에 따라 보여진다.



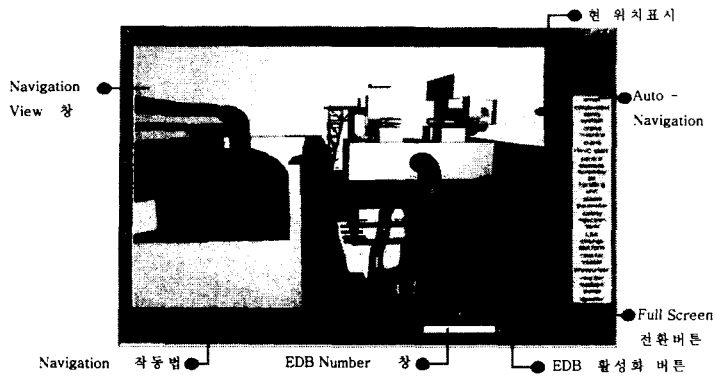
[그림 2] VR PLANT Simulation Browser

2.3 Building

주요건물로는 격납용기 건물, 터빈 건물, 핵연료 건물, 보조건물 등 총 4개의 건물로 구성되어 있으며 건물 안의 Navigation 뿐만 아니라, 건물외곽에 Opacity을 주어 건물 안을 구성하고 있는 각종 기기와 배관 등의 상호관계성과 위치, 크기 등을 한눈에 파악할 수 있도록 하였다. 또한 각 기기들의 명칭을 Tool Tip을 이용하여 표시, PID도면 등의 EDB를 구축하여 발전소 운전원들에게 보다 정확한 정보를 제공한다.

가. Building 화면구성

- (1) Navigation View 창 : Navigation View창의 건물 안에 있는 기기들은 Tool Tip을 이용하여 명칭을 나타낸다.
- (2) Auto-Navigation : 마우스나 키보드를 사용하지 않고 클릭으로 그에 해당하는 Navigation이 자동 활성화된다. 이 Auto-Navigation은 오른쪽의 그림과 같이 우측의 박스를 클릭하면 활성화된다.
- (3) EDB Number 창 : Navigation View창에서 클릭한 기기들의 EDB의 Number가 표시된다.
- (4) Full Screen 전환버튼 : Navigation View창을 모니터의 사이즈에 맞게 확대하는 버튼이다. Full Screen된 View창에서는 좌측하단에 BACK의 버튼이 형성이 되며, 그 버튼을 활성화함으로써 기존의 Browser로 이동한다.



[그림 3] Building Browser

나. Auto-Navigation

마우스나 키보드로 작동되는 Self-Control Navigation과 달리 버튼클릭으로 미리 짜여진 루트로 Navigation되는 것으로 신속하고 편리하게 원하는 장소로 갈 수 있다. 또한 Auto-Navigation과 마우스나 키보드를 사용하는 Self-Control Navigation을 번갈아 사용할 수 있다. Auto-Navigation은 각 기기나 건물의 높이에 의해 구성되어 있다.

다. 건물 외곽 Opacity

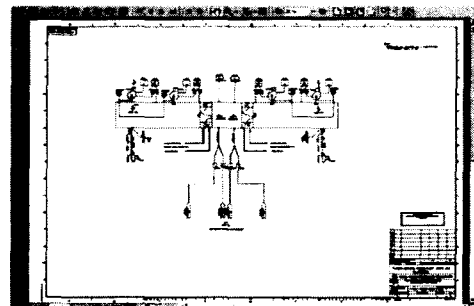
건물의 외곽에 Opacity 약 40%을 주어 그 건물에 해당하는 기기와 배관 등의 상호관계뿐만 아니라 위치, 크기 등을 한눈에 볼 수 있다.

라. Equipment들의 EDB

3차원 Simulation뿐만 아니라 각 기기에 EDB를 구축하여 발전소 운전원들의 교육에 필요로 하는 자료들을 Navigation 도중에 클릭함으로써 쉽고 편리하게 보여준다.

3-431-M-806	431
STREAM GENERATOR ASSEMBLY (1A)	260 282
N/A	1994-10-23
ADK	N/A
7-241-R-100-201	N/A
N/A	N/A
001	343104
PUB-R-911B2	NON-CAPTIVE
F 1	ED2H
1451	5
341 DM 118	DO01
106-020A	

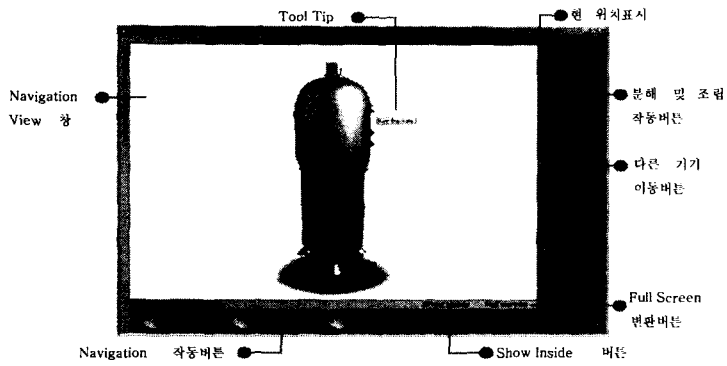
[그림 4] EDB Browser



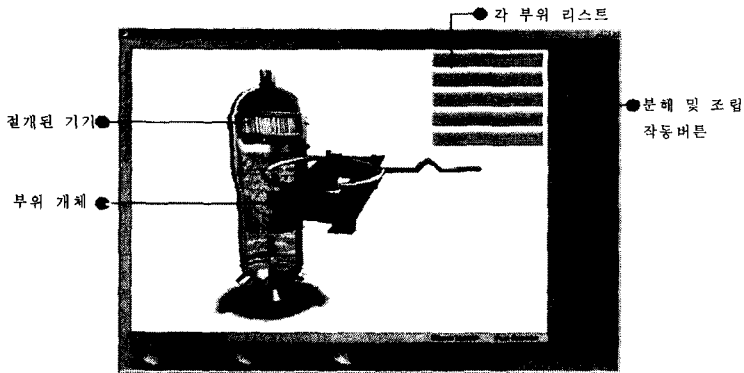
[그림 5] PID 도면

2.4 분해 및 조립

3차원 데이터로 구축된 증기발생기, 원자로용기, 원자로냉각재펌프, CEA Drive의 Object Navigation, 즉 회전, 축소/확대 및 팬(Pan)으로 자유자재로 형태파악에 용이할 뿐만 아니라, 기기를 절개하여 내부구조를 파악할 수 있다. 또한 각 부위별로 Tool Tip을 이용하여 명칭을 형태와 매치함으로써 학습효과를 증대할 뿐만 아니라, 각 기기를 부분별로 분해하여 Rotate함으로써 기기의 부위별 형태 등을 쉽게 파악할 수 있도록 하였다.



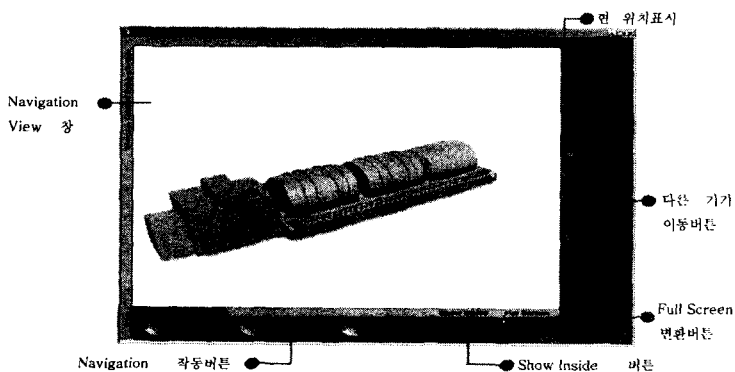
[그림 6] 분해 및 조립 Browser (I)



[그림 7] 분해 및 조립 작동 Browser (II)

2.5 내부구조

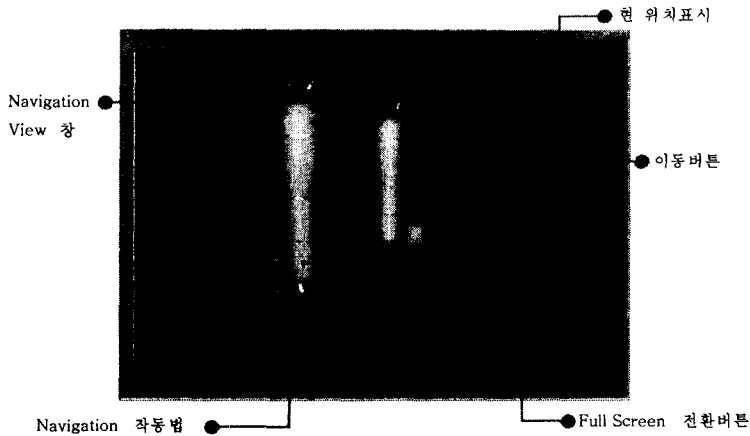
3차원 데이터로 구축된 충전펌프, 가압기, 밸브(MSIV, MFIV, MFCV), 터빈, MSR, 복수기, 핵연료 집합체의 Object Navigation, 즉 회전, 축소/확대 및 팬(Pan)으로 자유자재로 형태 파악에 용이할 뿐만 아니라, 기기를 절개하여 내부구조를 파악할 수 있도록 하였다. 또한 각 부위별로 Tool Tip을 이용하여 명칭을 형태와 매치함으로써 학습효과를 증대할 뿐만 아니라, MSIV와 MFIV의 작동원리가 항목별로 나누어 구성되어 있다.



[그림 8] 내부구조 Browser

2.6 System Simulation

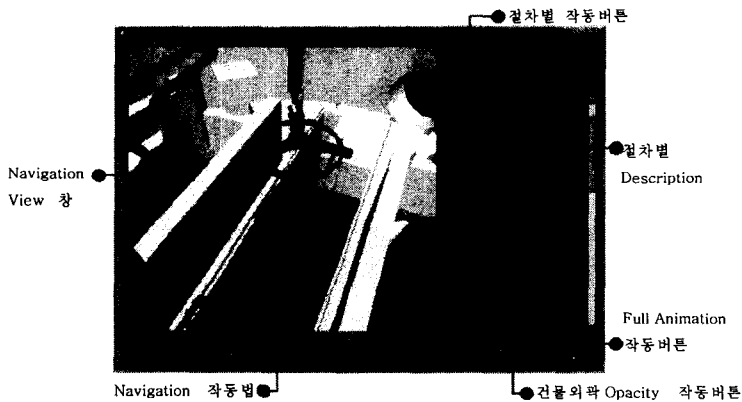
발전소의 주요계통 5개 즉, 원자로 냉각재 계통, 주증기 공급계통, 주 급수 계통, 보조 급수 계통, 화학 체적제어계통으로 형성된 System Simulation은 Navigation 및 Tool Tip을 이용하여 정확성과 편리성을 부여하였다.



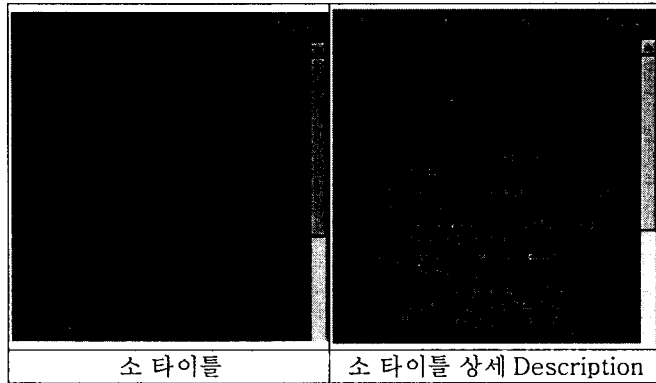
[그림 9] System Simulation Browser

2.7 핵연료 장전

원전연료 장전 후 한 주기 운전을 하여 연료의 연소도가 설계치에 이르면 연료교체를 하게 되는데, 이 과정을 절차별로 나누어서 3차원 가상현실 애니메이션의 형태로 표현 및 절차별로 Browser 우측에 Description을 작성하였다.



[그림 10] 핵연료 재장전 browser



[그림 11] 핵연료 재장전 Description Browser

III. 결론

VRPLANT는 3차원 웹기술을 적용하여 3차원 공간으로 구축되어 있어서 발전소 건물, 건물 내의 주요 기기 등을 가상공간에서 Navigation할 수 있도록 하였으며, 주요 기기에 대해서는 엔지니어링 데이터베이스가 연동되어 있어서 이동중에도 특정기기에 대한 P&ID, 논리도면, Spec 등을 참조할 수 있도록 되어 있고, 기기들을 분해/조립할 수 있도록 하여, 기기의 형태, 내부구조, 동작원리 등의 습득에 탁월한 기능을 할 수 있도록 하였다. 전력연구원은 본 시스템 개발을 통하여 기존 강의실에서 행해졌던 텍스트 형태로의 운전원 교육에서 탈피하여, 교육하고자 하는 기기나 계통을 실물을 보는 듯이 3차원으로 훈련생들에게 제공해 줄 수 있고 훈련원이 기기 등을 직접 분해/조립할 수 있게 함으로써 오랜 기간 경험에 의해서만 달성할 수 있었던 현장감을 보다 짧은 시간에 느끼도록 함으로써 교육 효과를 극대화할 것으로 예상된다.

IV. 참고문서

- [1] 전력연구원 외 2사, “KSNP 컴퓨터지원 교육훈련시스템 개발”, 운영 및 사용자 지침서, 2002. 4.
- [2] 박신열, “가상현실을 이용한 발전소 시뮬레이터용 교육 훈련 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.
- [4] 한수원(주), 울진 표준형원전 시뮬레이터 개발, August 2002.
- [5] KAERI/GP-108/96, 한국 표준원전 계통실무, 한국원자력연구소.
- [6] Myeong-Soo Lee etc, The new research activities of KEPRI for KNPEC-2 Simulator upgrade project , ASTC-Advanced Simulation Technologies Conference- 2001

SCS 2001.

[7] ANSI/ANS-3.5 1993, Nuclear Power Plant Simulations for Use in Operator Training .

[8] Yong-Kwan Lee etc, KEPCOs 3-Pack Simulator Develop Plan, Proceedings of the 1995 Simulation Multi-conference (Phoenix, AR, Apr.9-13, 1995), SCS, pp. 53-57.

[9] Myeong-Soo Lee etc, Verification and Validation of the Yonggwang 3&4 Full Scope Simulator 12th European Simulation Multi-conference (June.16-19, 1998), SCS, pp. 246-251.