

## 원자력발전소용 가상 훈련시스템 개발

염충섭, 유효규, 이숙형  
고등기술연구원 플랜트엔지니어링 센터

### Development of Virtual Training System for a Nuclear Power Plant

Choong Sub Yeom, Ho Gyu Ryu, Sook Hyung Lee  
Plant Engineering Center, Institute for Advanced Engineering

#### 요 약

본 논문에서는 훈련 효율성 증진을 위한 훈련시스템의 개요와 Microstation-J에서 구축된 발전소 3차원 모델(DGN)을 이용, 가상현실 저작도구인 dVise로서 가상현실 파일(VDI)로의 전환 및 훈련을 위한 시나리오에 따라 가상현실내의 이벤트를 저작하고 이는 비주얼 프로그래밍을 통해 클라이언트 인터페이스를 구축을 통해 구동, 가시화가 가능한 시스템을 구축하였다. 또한 웹 서버 및 데이터베이스 서버의 구축을 통해 발전소를 구축하고 있는 건물별, 시스템별 파일 구조를 계층화하여 인터넷 가상현실(Internet Virtual Reality:IVR)을 통해 VRML 형식으로서 기기의 형상 정보를 얻을 수 있다. 원자력발전소에 대한 가상 훈련시스템의 적용의 효과는 시각적 현실감의 고조로 훈련 효율성을 높일 수 있다.

#### 1. 서론

가상현실(Virtual Reality; VR)은 일반적으로 컴퓨터가 만들어내는 가상환경 내에서 사용자가 자유롭게 활보하며 인간의 기본적인 오감을 통하여 인공적인 체험을 할 수 있게하는 복합적인 종합 기술로서 최근에는 공학적인 자료의 처리가 가능해지면서 적용분야가 확대되고 있다. 공학적 응용분야중 원자력발전소에 대한 가상현실의 적용은 일본과 미국에서는 많은 연구가 수행되고 있으나 국내에서는 이제 초보 단계에 접어들 수준이라 할 수 있다. Matsurbar 등은 원자력발전소에 대한 가상학습환경을 기반으로 작업자가 가상환경에서 냉각재 손실 사고에 대처하는 훈련을 위한 지능형 학습시스템을 개발하였다. 또한 Knight 등은 원자력발전소의 격납건물과 같은 방사능 피폭지역에서 작업하는 기계와 인간에 미치는 방사능의 영향을 가상환경 내에서 평가하는 VRF(Virtual Radiation Fields)에 관해 연구하였으며, Yoshikawa 등은 우주선과 같이 협소한 공간에서도 안정적으로 조작할 수 있는 원자로의 설계에 가상현실을 적용하는 연구를 수행한 바 있다.

또한 정보통신 기술의 급속한 발전에 힘입어 기존의 2차원적인 플랜트 운전 및 교육 시스템에도 많은 변화가 요구되게 되었다. 훈련체계의 변화는 크게 교육체계의 3차원적 변화와 한정된 인원의 교육 및 시간과 공간의 제약을 탈피할 수 있는 웹기반의 훈련 체계의 구축도 가능해졌다는 것이다. 이러한 변화는 훈련원들에게 현실감 고조 및 훈련 효율성 극대화를 통해 발전소의 운전에서 안전성 및 효율성으로 귀결되게 된다.

이러한 훈련 효율성 증진을 위한 본 논문에서는 Microstation-J에서 구축된 발전소 3차

원 모델(DGN)을 이용, 가상현실 저작도구인 dVise로서 가상현실 파일로의 전환 및 훈련을 위한 시나리오에 따라 가상현실내의 이벤트를 저작과 이는 비주얼 프로그래밍을 통해 클라이언트 인터페이스를 구축을 통해 구동기술에 대해 논하였다. 또한 웹 서버 및 데이터베이스 서버의 구축을 통해 발전소를 구축하고 있는 건물별, 시스템별 파일 구조를 계층화하여 인터넷 가상현실(Internet Virtual Reality:IVR)을 통해 VRML 형식으로서 기기의 형상 정보의 가시화에 대해서 논하였다.

## 2. 가상 훈련시스템 개발

### 2.1 가상 훈련시스템 구조

가상현실을 이용한 가상 훈련시스템은 그림 2.1과 같이 크게 웹 서버 및 데이터베이스 구축과 가상현실과의 클라이언트 인터페이스 및 가상현실 저작으로 나누어진다.

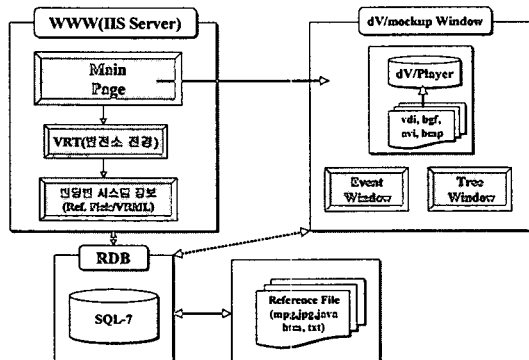


그림 2.1 가상 훈련시스템 구조

### 2.2 가상현실 저작

PDS로 작업한 3D CAD Model 파일은 Intergraph사의 표준 파일포맷으로 확장자는 DGN이다. 이 포맷 ISFF(Intergraph Standard File Format)의 일종으로 인터그래프의 초기 그래픽 디자인 시스템인 IGDS에서 유래하였으며 현재는 Intergraph의 EMS와 Bentley의 Microstation에서 사용한다. 본 개발에서 사용된 dVise는 지금은 PTC에 합병된 영국 DIVISION사에서 개발한 것으로 가상현실 소프트웨어가 가지는 여러가지 장점중 특히 대형 복합체의 실시간 렌더링이 우수하여 본 과제에서 3차원 시각화를 위한 모듈을 담당하고 있다. dVISE에서는 "igds2vdi"라는 파일포맷 변환변환 유틸리티를 이용하여 dVise로 읽어들이 수 있다. DGN 파일의 element는 0-63사이의 level중 하나의 level을 가지며 0-255중 하나의 color를 가진다. 또한 cell element에 의한 hierarchy를 가지며 각 element는 각각의 마지막 부분에 데이터베이스 및 그 밖의 정보를 위한 속성 연결이 가능하다.

DGN파일에서 전환되는 VDI 파일은 가상환경의 description file로 일반 텍스트 파일이며 스크립트 형식으로 되어있다. 그림 2.2와 표 2.1에서 보는바와 같은 전환과정을 거치고 난 후의 결과물들은 프로젝트 파일, 형상파일, 질감파일, 텍스처파일들이 있다. 그리고 이 파일들을 정리하기 위해 프로젝트 디렉토리, 형상디렉토리, 질감디렉토리, 텍스처디렉토리가 생성된다. 파일의 구조는 Assembly의 이름과 "Visual" keyword로 형상파일인 bgf 파일을 지정한다. BGF 파일은 binary 파일로 3차원 형상을 VRML과 같은 삼각형으로 나누어진 형태

로 저장을 하며 LOD(Level of Degree)를 지정할 수 있다. 또한 material 파일인 bmf 파일과 3차원 형상에 material을 지정한다. BMF 파일은 binary 파일로 각 material type에 다섯가지의 속성을 정의한다.

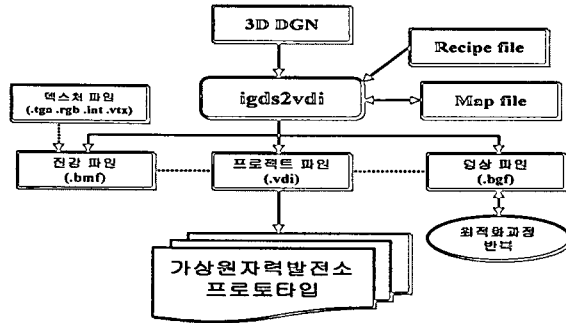


그림 2.2 PDS 파일에서 가상현실 파일로의 자료 전환 구조

순서	종류	대상	방법	비고
1	DGN파일 컨버팅	igds2vdi 유틸리티	유틸리티 사용법	
2	가상현실 저작	dVISE를 통한 Event저작	컨버전 후의 파일들 설명	
			형상 움직임 저작 방법	
			효과음 저작 방법	
3	각종 가상모델 최적화Utility	각종 가상모델 최적화에 사용되는 유틸리티	유틸리티 사용법	

표 2.1 가상현실 저작 절차

본 개발에서는 주요 시스템별 공정에 따른 시스템 네비게이션과 Fly-To 및 주요 기기 분해 및 조립에 대한 이벤트가 저작되었다. 그림 2.3은 가상환경내 핵연료교체 원자로에서 핵연료 교체를 하는 과정을 시뮬레이션한 것이다.

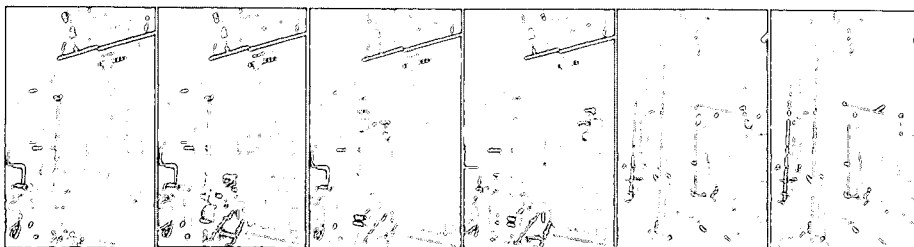


그림 2.3 가상환경내 핵연료교체 시뮬레이션

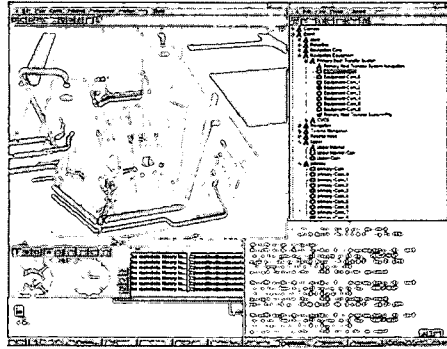


그림 2.4 가상현실내 네비게이션 구현

### 2.3 웹서버/데이터베이스 서버 구축

본 시스템은 Windows NT 기반이며 마이크로소프트(Microsoft :이하 MS) 인터넷 정보 서버(Information Server; IIS)를 웹서버로서 선택하여 구축하였다. 또한 데이터베이스 구축은 비교적 경제적인 SQL Server를 이용하여 3차원 모델 데이터를 효율적으로 관리할 수 있는 데이터베이스를 설계, 구축하였다.

웹서버상의 홈페이지에서 dVise를 구현할수 있는 이벤트 및 트리 윈도우를 불러올 수 있으며 각 건물별, 시스템별 참고 파일을 구현한다.

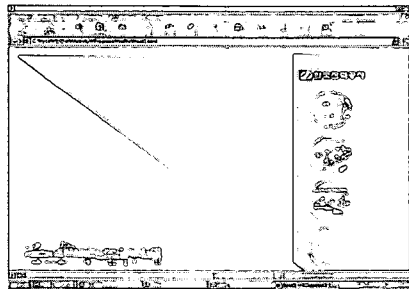


그림 2.5 웹상에서 구현된 홈페이지

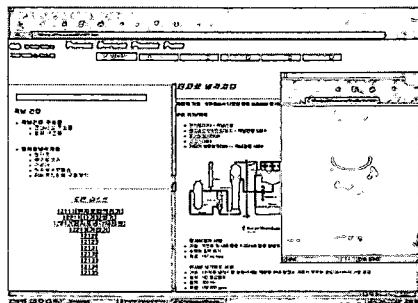


그림 2.6 시스템별 설명과 웹상에서의 기기별 가상현실 구현

또한 그림 2.6에서 보는바와 같이 DGN 파일에서 전환된 VRML(Virtual Reality Modeling Language)를 이용해 웹상에서 기기의 3차원 형상을 구현할 수 있다.

#### 2.4 클라이언트 인터페이스(Client Interface)

본 개발에는 가상현실 엔진으로 사용하고 있는 dVise와 사용자환경(GUI)간의 실시간 데이터 교환 등의 통신을 구현하는 부분이 포함되어 있다. 즉, dVise는이미 상용화 된 소프트웨어로서 다른 개발 모듈들과 유기적으로 연결되기 위해서는 이들간의 실시간 통신이 이루어져야 했고 이를 위해 사용자환경(GUI)내에는 dVise와 통신을 구현하는 모듈이 포함되어 있다. 컴퓨터에서 통신이라는 것은 서로 다른 메모리 영역에 자리잡은 별개의 소프트웨어간에 각자가 가지고 있지않은 기능이나 자원을 상대방에게 요청하기 위해 그들간에 해석이 가능한 메시지(Message)를 주고 받는 것을 말한다. 이 경우 자원이나 특정 기능을 요청하는 측을 클라이언트(Client)라 하고 이에 대해 서비스를 해주는 측을 서버(Server)라 한다. 대개의 경우 서버와 클라이언트는 그 역할을 바꾸지 않고 통신과정이 진행된다. 본 과제에서는 dVise가 서버의 역할을 그리고 사용자환경( GUI)이 클라이언트의 역할을 수행하고 있다.

두 개의 실행프로그램간에 통신이 이루어지기 위해서는 서버/클라이언트의 구조하에서 그들간의 해석이 가능한 메시지 즉, 통신 프로토콜로서 DCI(DVice Client Interface)를 선정하여 사용자환경과 dVise 간에 통신을 하고 있다. DCI 프로토콜의 실체는 클라이언트나 서버에서 사용하는 통신 라이브러리인데, 이 함수들은 크게 8개로 구분할 수 있다.

- 이벤트과 이에 대응하는 행위에 관련된 함수들
- 통신연결과 관련된 함수들
- 가상환경을 이루고 있는 어셈블리와 그것의 속성과 관련된 함수들
- 카메라 뷰와 렌드뷰등에 관련된 함수들
- 라이브러리와 관련한 함수들
- 가상공간상의 사용자(Body)와 관련한 함수들
- 가상공간을 저장하기 위한 파일을 다루기 위한 함수들
- 이외의 함수들

가상훈련시스템에서는 비주얼프로그램에 의한 이벤트 윈도우 및 트리 윈도우를 통해 가상현실내의 각 이벤트 및 환경 계층 구성 파일들을 통신을 통해 제어하게 된다.

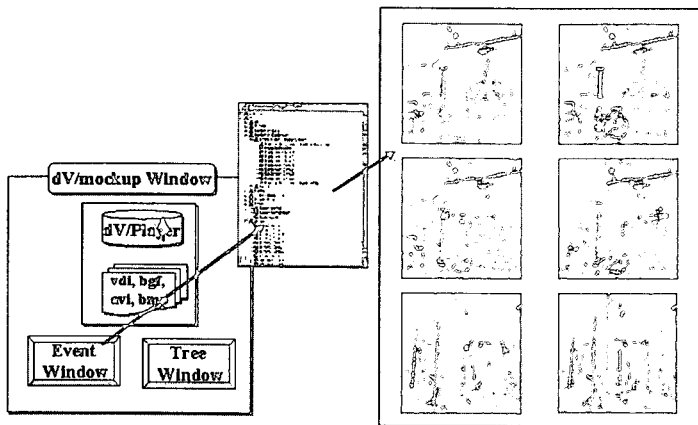


그림 2.7 DCI 통신함수를 이용한 가상현실 제어

## 2.5 전체 시스템의 구현

그림 2.8에서 보여지는 그림은 전체 시스템의 구현을 나타낸 것이다. DGN파일에서 전환된 VDI파일을 이용하여 교육시나리오에 따른 각 이벤트를 제작하며, 이를 dVise에서 지원하는 DCI 함수를 이용하여 사용자가 정의하는 창에서 가상현실에서 제작된 각 이벤트 및 네비게이션등을 제어하게 된다. 또한 클라이언트 인터페이스를 위한 제어 창은 웹상에서 오프라인으로 동기가 부여되며, 웹에서는 각 시스템 및 기기에 대한 정보가 주어지게 된다. 또한 데이터베이스를 이용하여 각 DGN에서 전환된 인터넷가상현실 표준인 VRML을 가시화함으로써 웹에서의 각 기기들에 대한 현실적인 형상 정보를 얻을 수 있게 하였다.

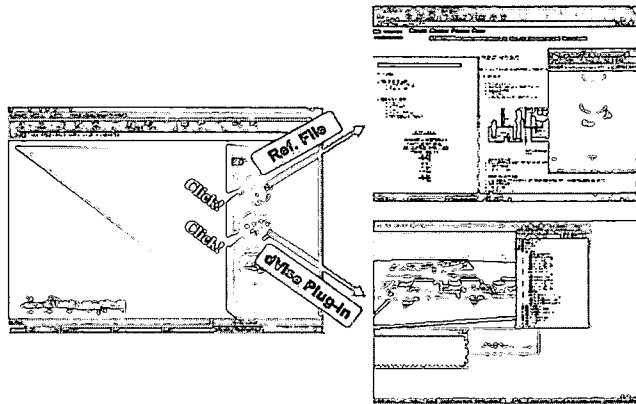


그림 2.8 전체 시스템 구현 예

## 3. 결론

가상현실내에서의 교육 시나리오에 따른 이벤트의 창출과 동시에 웹 상에서 발전소 시스템 및 기기에 대한 정보 및 인터넷가상현실을 이용한 구성 기기들의 가시화는 실제 운전환경에서의 공정 및 주요 시스템과 기기에 대한 이론적 근거와 시각적 현실을 제공함으로써 기존의 가상 시스템 및 타 교육시스템에 비해 그 효율을 극대화할 수 있을 것이다. 향후 웹 상에서 구현 가능한 가상 발전소 주제어룸의 저작과 발전소 운전에 따른 공정 시뮬레이터의 접목을 통해 실제 훈련과 동일한 효과를 얻을 수 있을것으로 기대된다.

## 참고문헌

- [1] Grigore Burlea & Philippe Coiffet, "Virtual Reality Technology", John Wiley & sons, 1994
- [2] 김종춘외 4인 "원전주요기기의 건정성 평가를 위한 VRML 기반 시스템 개발", '99 춘계 학술대회, 한국원자력학회
- [3] dVISE for Windows/NT/Workstation. USER GUIDE, DIVISION
- [4] Russel, "Virtual interactive modeling", ISSN 0041414X, 1998
- [5] Steve Aukstakalnis & David Blatner, "Silicon Mirage : The Arts and Science of Virtual Reality", Peach Pit Press., 1992
- [6] "발전소 계통 설명서", 한국원자력안전기술원
- [7] KNU 7&8 Final Safety Analysis Report Vol. 9/12, 한국전력(주)