

원자력 교육훈련생을 위한 가상패널(Virtual Panel) 및 가상 협동 교육훈련 시스템  
(Virtual Collaboration System) 에 관한 연구

A Study on Development of Virtual Panel and Virtual Collaboration System

유현주, 박신열, 이명수, 홍진혁

한국 전력연구원  
대전광역시 유성구 문지동 103-16

요 약

전력연구원에서는 가상현실 기술을 이용한 컴퓨터 지원 교육훈련 시스템(VR-CATS: Virtual Reality based Computer Assisted Training System) 개발을 수행해 왔다. 본 논문에서는 지난 2년간의 과제로 개발된 VR-CATS(영광 1호기 참조)를 보완하여 개발중인 새로운 VR-CATS(울진 3호기 참조)중 서브 시스템인 가상패널(Virtual Panel)부분 및 가상현실에서의 공동 협동 교육훈련 시스템(Virtual Reality Collaboration System)의 설계에 관하여 서술한다. 가상패널(Virtual Panel)은 발전소의 MCR(Main Control Room)을 3D 데이터 모델링 후 가상현실화하고 MCR 내부를 Navigation 할 수 있고, 이에 대한 엔지니어링 데이터베이스 환경을 작성하여 추후 정확하고 신속한 주요계기 정보를 얻을 수 있도록 하며 학생들이 시뮬레이터실로 가지 않고 MCR에서 발전소를 운전하는 것과 같은 효과를 강의실에서 얻을 수 있다. 또한 공동 작업으로 비정상사고 중의 하나인 LOCA 사고 복구 훈련 시나리오를 통하여 실제와 동일한 복구 훈련을 교육생이 체험하여 효율적이며 현장감있는 교육훈련을 수행 가능케 한다

Abstract

The Nuclear I&C group of KEPRI has been performing research and development on the VRCATS, Virtual Reality based Computer Assisted Training System. For the past two years, we have developed the first VRCATS for Youngkwang #1 nuclear power plant. Currently, we are developing an advanced VRCATS for Uljin#3 nuclear power plant. In this paper, we will describe virtual panel system and VR based collaborate training system (VRCATS) of the Uljin VRCATS. Since Virtual Panel provides the same environment as the real MCR, trainees can expect the same training effect with Virtual Panel as they do with full scope simulator. i.e., trainees can check key variables and operate the plants and get responses with Virtual Panel. VRCTS provides another realistic training environment for trainees. In VRCATS, for example, operators in a group can work together to handle LOCA(Loss of Coolant Accident) according to emergency operation procedures

## 1. 서론

최근 개발되는 기술들이 복잡하고 급박하게 변화됨에 따라 산업계에서는 기술교육부문에 많은 시간과 돈을 투입하고 있는 실정이다. 많은 회사들이 보다 안정적인 교육과 효율적인 교육방법을 찾기 위해 노력해 왔고 그 결과로 컴퓨터 지원 교육훈련 시스템을 채택하고 있는 실정이다. 이와 같은 컴퓨터 지원 교육훈련 시스템은 VR(Virtual Reality) 또는 VE(Virtual Environments) 기본개념을 기초로 사용되고 있다.

VR을 기본으로 한 교육훈련 시스템은 다음과 같은 장점을 가지고 있다. 첫째, 새로운 중요 기기나 시설물이 설치되기 전 또는 거리 상으로 떨어져 설치되어 있는 시설물 및 기기 등에 대하여 실지와 같은 관점에서 조작을 해보거나 견학할 수 있다. 둘째, 몰입감 및 다양한 감각(시각, 청각, 촉각 등)을 제공할 수 있는 하드웨어(입체안경, 사이버글로버 등)를 통하여 실지로 현실 세계에서 설비 등을 직접 조작하는 것과 같은 느낌을 갖도록 하여 교육실습 능력을 향상시킬 수 있다. 마지막으로 교육시 발생하는 인간의 실수 또는 잘못된 조작으로 인한 기계의 고장이나 상해 사건으로부터 안전하게 보호할 수 있다. 앞에서 열거한 장점은 학생들이 발전소 운전관련 실습교육을 수행할 때 시뮬레이터실에서만 가능했던 장소와 거리의 문제를 해결하며, 컴퓨터만으로 MCR을 표현할 시에 부족한 현장감을 입체안경 및 글로버를 이용하여 몰입감을 느끼도록 한다. 또한 시뮬레이터실에서 직접 조작시 발생할 수 있는 시뮬레이터 패널의 고장 및 상해 사건을 예방할 수 있다.

본 논문에서는 가상현실을 이용한 컴퓨터 기반 원자력발전소 교육훈련 시스템(VR-CATS)중 가상패널 및 가상 협동 교육훈련 시스템의 설계에 관하여 서술한다. 이 연구의 발전소 모델은 울진 3,4호기 원자력 발전소를 대상으로 개발되었으며, 차후 울진훈련센터에 통합 설치될 것이다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 관련기술에 대해 살펴보고 3장에서 시스템 설계에 관하여 서술한다. 마지막으로 4장에서 결론 및 향후 개발방향을 제시하고자 한다.

## 2. 관련기술

### 2.1 가상현실 (Virtual Reality)

가상패널과 가상 협동 교육훈련 시스템은 여러 가지의 최신기술이 필요하다. 가상패널의 핵심 기술은 가상현실기술이다. 현재 가상현실기술은 여러 분야에서 사용되고 있는 실정이다. 가까이는 인터넷 쇼핑몰에서부터 군 관련 특수분야 까지도 다양하게 적용되고 있다. 가상현실은 몰입감, 현장감, 상호작용 등이 나타나야 하는 특성을 지니고 있다. 몰입감(Immersion)은 컴퓨터내부에서 나타나는 상황을 마치 실제 상황인 것처럼 느껴야 하는 것을 의미하며, 현장감(Imagination)은 현실에서 나타내고 있는 각 오브젝트의 특성을 사실대로 묘사한 것을 의미한다. 예를 들어 벽을 가상현실화 하였으면, 컴퓨터내부 가상현실세계에서 벽에 공을 던지면 공이 벽을 맞고 튀어나와야 하는 현상을 의미한다. 또한 상호작용(Interactive)은 가상세계와 사용자와의 상호정보 교류가 일어나야 한다는 것을 뜻한다. 여기서 몰입감을 충분히 표현하기에는 많은 시간과 돈을 요구하기에 일반적으로는 웹브라우저에서 3D로 모델링한 오브젝트를 상하좌우로 돌려가며 보여주는 방법을 주로 많이 채택하고 있다. 좀 더 몰입감을 표현하기 위해서 입체안경 및 사이버글로버를 사용하여 입체영상을 즐길 수도 있고, 프로젝트를 사방에 설치하여 강력한 몰입감을 경험할 수 있는 CAVE[3]방식도 사용되고 있다. 가상현실을 구현하는 도구로는 여러 가지가 있는데 가상현실 저작도구들 및 자바와 VRML(Virtual Reality Mockup Language)등을 사용하여 개발할 수 있다. 이 개발 도구들은 각각의 장단점이 있을 수 있는데 원자력발전소 모델의 특징인 모델 오브젝트가 복잡하고 다양하며 용량이 큰 점을 감안하여 본 과제에서는 상용화된 가상현실 저작도구를 이용하여 개발하기로 결정하였으며, 여러 상용화 도구들을 비교 분석한 결과 ION이라는 저작도구를 채택하였다.

본 과제에서는 입체영상 구현으로 몰입감을 느낄 수 있도록 하며, 현장감을 표현하기 위하여 3D 모델링과 각 모델 오브젝트의 특성을 적절히 묘사하여 데이터베이스화하고, 좀 더 가상패널과

교육생간의 실제감있는 상호작용을 체험하기 위하여 사이버글로버를 사용한다.

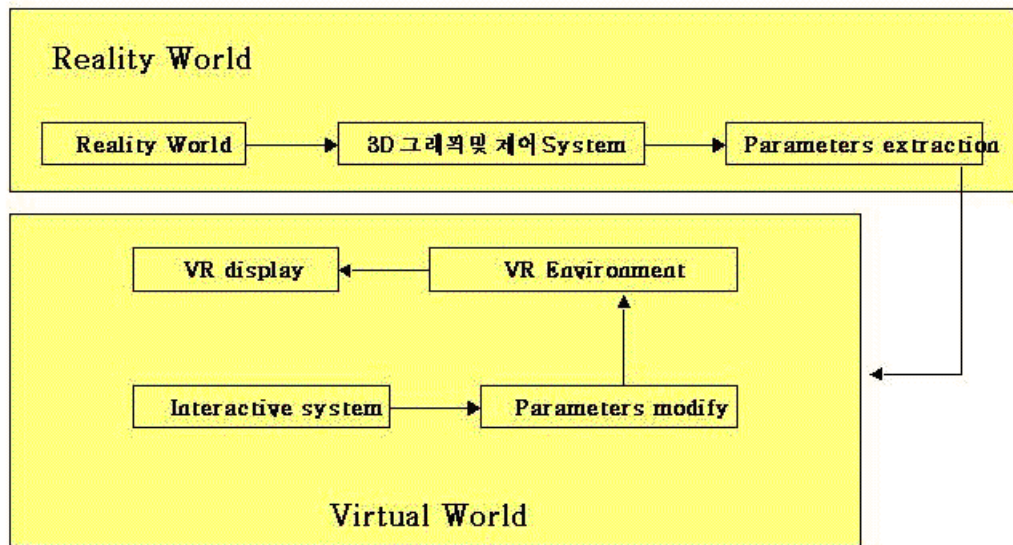


그림 1 [ 현실세계와 가상현실 ]

## 2.2 Collaboration Teaching 및 분산 네트워크

공동교육 또는 팀 교육은 특정한 주제 또는 복합적인 주제를 교육할 목적으로 같은 시간에 여러 사람이 그룹을 이루어 목표를 달성하는 것을 의미한다. 공동작업으로 컴퓨터 상에서 정보, 음성 및 화상을 교환하고 사용자가 원하는 오브젝트의 행동을 명령하면 그 결과가 공동으로 작업하고 있는 각각의 컴퓨터 상에 나타나야 하는 형태의 시스템은 흔히 네트워크게임에서 많이 볼 수 있다. 이 기술은 특징별로 다음과 같이 4가지로 분류 가능하다.

- 가. Team Leader Type : 팀 리더의 명령하에 팀 멤버가 행동하는 형태를 의미한다. 팀 리더가 팀원에 비하여 일방적인 우위의 지위를 가진다.  
예를 들면, 발전소 운전과장과 RO, SRO등의 관계가 이에 해당.
- 나. Associate Type : 리더를 일방적으로 지정하지 않고 동등한 팀원간의 의사결정 결과로 팀 리더가 정해진다.
- 다. Master Teacher/Beginning Teacher Type : 팀 리더를 돕기 위해 새로운 보조의 팀 리더가 나타나는 것을 의미한다.
- 라. Coordinated Team Type : 두 명 이상의 팀 리더가 다른 그룹의 팀원들을 지도하는 형태를 말한다.

위와 같은 형태로 분류되는 공동교육은 학생들의 관점에서 보면 팀 리더인 선생님과 많은 정보교환을 할 수 있고, 또한 어려운 복잡한 분야의 문제에 직면했을 때 두 명 이상의 선생님과 함께 해결할 수 있는 장점을 가지고 있다. 본 연구에서는 공동교육을 여러 각도에서 분석하여 Team Leader Type과 Associate Type의 교육 시나리오를 채택하여 발전과장 및 RO, SRO 등이 팀을 이루어 발전과장의 지휘아래 가상으로 발생한 비상사고인 관과열사고를 적절한 조치를 취하여 안전하게 대처하는 방법을 교육 훈련하도록 하며, 특성이 동질한 팀원이 동등한 입장에서 직면한 문제를 해결해야 할 시나리오를 바탕으로 한 교육훈련 코스도 개발한다. 또한 네트워크게임과 같은 실시간으로 모든 정보가 팀원들 간에 공유되고 전송하려면 분산 협동 네트워크기술도 필요하다.

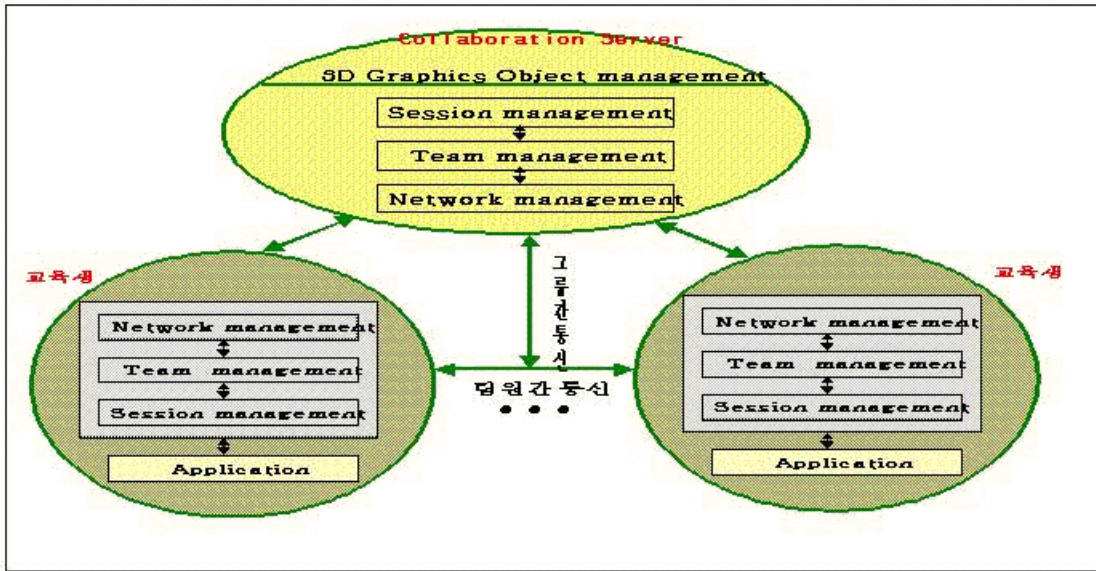


그림 2 [ 분산 협동 모듈구조도 ]

실시간으로 모든 정보를 팀원이 공유하려면 모든 정보를 공유한 서버가 필요하다. 또한 교육생 중에 누가 더 높은 위치에 있는지 아니면 동등한 입장에서 교육훈련에 임해야 하는지를 결정한 정보를 지니고 있으며, 대화 및 음성 채팅정보를 각 팀원에게 분배하는 역할도 수행한다. 교육생과 교육생간의 통신은 보이지 않게 서버의 통제하에서 모든 작업이 이루어진다. 또한 각 교육생들은 자신의 아바타(Avata)를 지니고 있어 가상세계에서 자신의 위치 및 자신이 한 행위를 쉽게 파악 및 분별할 수 있다.

### 2.3 웹 관련 기술

자바(JAVA) 언어는 단순하고, 객체 지향적이며, 시스템에 독립적이며, 멀티쓰레드(Multi-Thread)를 지원하는 등의 여러 가지 특징으로 인하여 웹 기반 시스템 프로그램에 많이 사용되고 있다. 여기서 멀티쓰레드를 지원한다는 것은 웹 상에서 다양한 일을 처리하는 프로세스를 적절히 지원해 준다는 것을 뜻하며 멀티 CPU 시스템에서 높은 효율을 낼 수 있다는 것을 의미한다. 또한 웹(Web)이 나오면서부터 각광받았던 HTML(HyperText Markup Language)은 표준포맷으로 자리를 잡았고 이를 보완하여 나온 XML(eXtensible Markup Language)은 지난 98년 2월 W3C에 의해 표준으로 제정되었으며 특정 애플리케이션에 종속되지 않는 데이터 포맷으로 빠르게 확산되고 있는 실정이다. 서로 다른 응용프로그램간에도 별도의 통합 과정 없이 데이터를 주고 받을 수 있어 e비즈니스 환경으로 통합되고 있는 지금, 그 어느 때보다도 중요성이 커지고 있다. 본 연구에서는 자바 및 Web 관련 XML등의 최신 기술을 적용하여 최적의 효과를 얻을 수 있는 시스템을 개발하고자 한다.

### 3. 시스템구조

#### 3.1. 하드웨어 시스템 구조

하드웨어 시스템은 아래 그림과 같다.

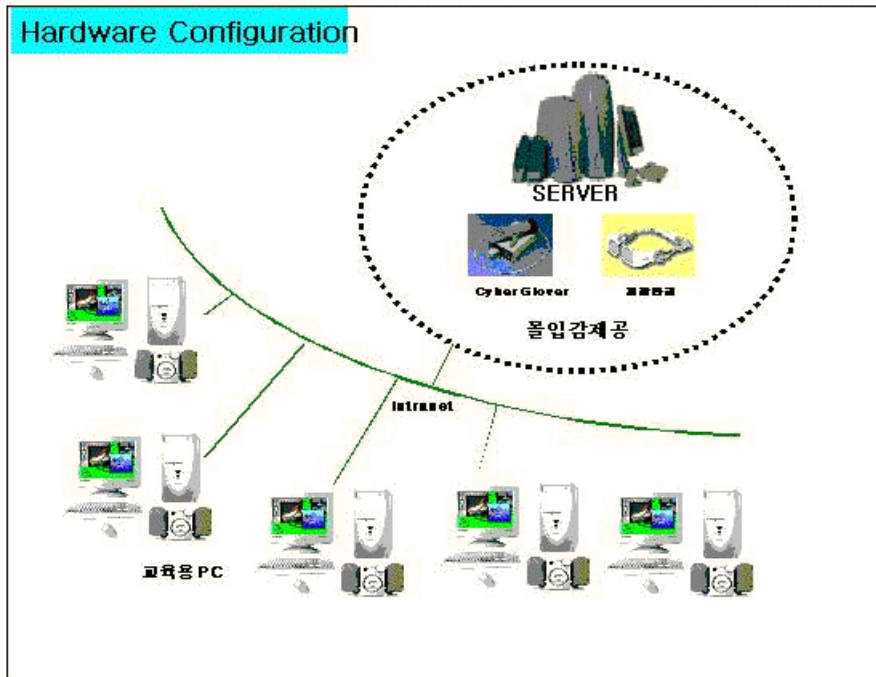


그림 2 [Hardware Configuration]

위에서 보는 바와 같이 한국 전력내부의 인트라넷망을 이용하여 교육생들과 서버는 통신을 한다. SERVER는 Web Server의 역할을 수행하고, 방대한 자료의 데이터베이스를 관리한다. 교육생 PC는 동시에 또는 따로 접속할 수 있으며 Server의 통제관리에 모든 통신이 수행된다. 또한 가상현실상에서 안경과 사이버글로버를 끼고 입체영상을 느낄 수도 있다. 하지만 본 과제의 예산 관계상 사이버글로버를 1개를 구입하였기에 1명만 사용이 가능하고 그 외 사람들은 마우스로 조작을 해야한다. 위 그림에서는 언급되지 않았지만 시물레이션 모델을 구동하는 시물레이터 보조 (Standby)컴퓨터와 가상현실을 담당하는 가상현실서버 시스템이 있어 교육생PC에서 원하는 모든 정보를 웹서버를 통하여 각 시스템에서 수행하고 그 결과를 Web Server에게 알려준다. 여기에서 시물레이터 보조 컴퓨터란 시물레이터와 관련된 각종 모델들의 연산을 수행하는 시스템으로, 시물레이터 메인 서버가 이상이 있을 때 작동하기 위해 보조로 있는 컴퓨터이며 평상시에는 연산을 수행하지 않는 시스템이다. 이 시스템을 본 과제에서는 교육훈련을 위해 각종 모델연산을 수행시킨 결과 값을 얻을 수 있다. 단, 비상시에는 메인 컴퓨터를 대신하여 작동하므로 교육훈련용으로 는 사용이 불가능한 시스템이다. 또한 인트라넷망을 이용하여 전국에 있는 운전 교육생이 실시간으로 조작하는 문제는 바이러스, 보안 문제 등의 여러 가지 사유로 현재는 울진 훈련 센터 교육실 내부만을 설정하여 Web Server에 접근 가능하도록 설계하였다. 현재, 실시간 정보를 분산해서 모든 컴퓨터로 전송해야 하므로 성능문제를 좀 더 고려하여 개선해야 하는 문제가 있고, 비상사고 중 시간이 많이 지연되는 사고를 화면에 나타내려 할 때 그 변화되는 사항을 교육생이 계속 보고 있으려면 많은 지루함을 느낄 것이므로 임시 저장 데이터베이스를 만들어 단계별 변수 결과값을 저장하여 이를 이용하여 짧은 시간내에 효율적인 비상사고를 교육훈련 가능하도록 설계한다.



### 3.2. 소프트웨어 시스템 구조

가상패널 및 가상 협동 교육훈련 시스템은 앞에서 언급한 것과 같이 ION이라는 소프트웨어를 사용한다. 3D graphic 모델은 울진 원자력발전소 3,4호기 MCR을 모델링 한 것으로 한전 그래픽규격인 dgn 파일을 사용하려 하였으나, 화면상에 나타나는 품질 측면에서 3D Studio Max가 뛰어나다고 판단하여 3D Studio Max format으로 변경하여 사용한다. 모든 그래픽정보는 파일형식으로 3D Graphic Database에 정보를 저장하여 VR Server에 저장되고 동시에 Web Server에도 저장이 된다. 또한 패널기기에 대한 정보는 엔지니어링 데이터베이스에 저장하여 사용한다. 본 시스템의 운영체제는 win2000으로 결정하여 시뮬레이터 모델결과와 정보교환에 용이하도록 한다. ION의 Client Browser는 무료로 교육생 PC에 설치되며 Netscape나 Explore와 같은 상용화된 브라우저에 포함되어 사용된다. 또한 데이터베이스에 질의어 및 결과문을 JAVA나 XML을 사용하여 엔지니어링 데이터베이스로 정보를 전송한다. 사용자인터페이스 모듈은 현재 많이 사용되고 있는 Flash나 Director등의 소프트웨어를 사용하여 동적 영상화면을 구성한다.

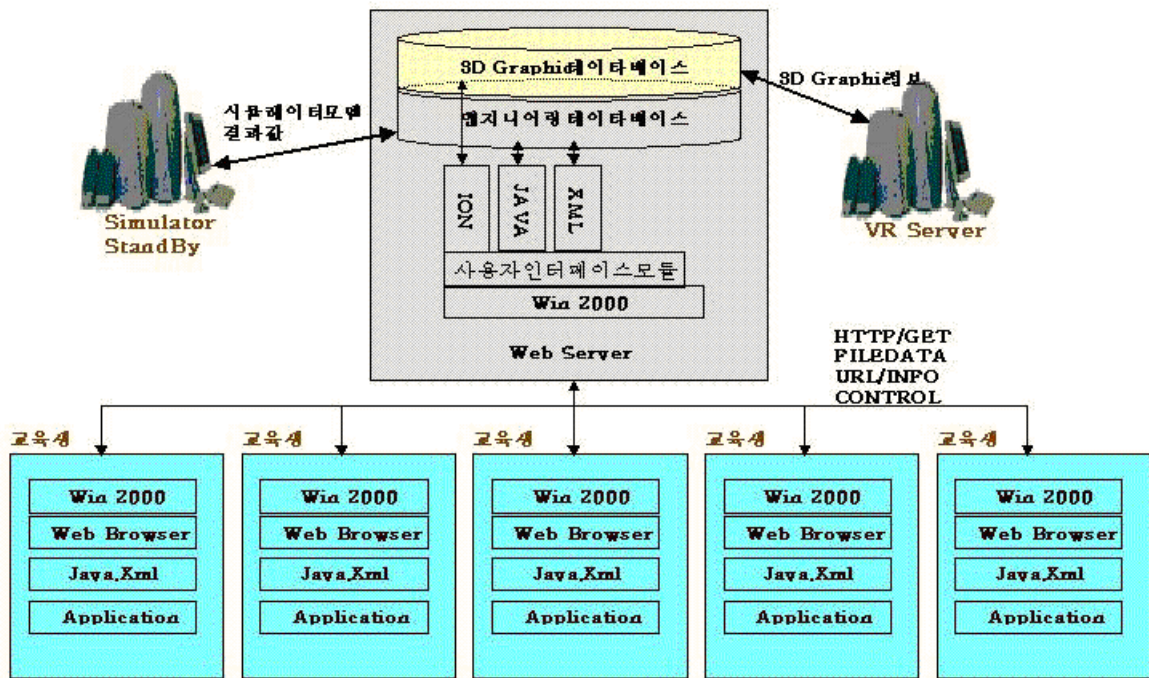


그림 3 [소프트웨어 구성]

교육생간에 통신은 Web Server에 들어있는 ION 통제 프로그램을 통하여 관리되며 로그인(login)한 컴퓨터가 원하는 정보는 Web Server에 있는 임시 저장소에 올라와 저장된다. 그러므로 늦게 로그인한 다른 교육생이 동일한 정보를 찾으려 하면 좀 더 빠른 시간에 결과를 알 수 있다. 교육생의 아바타(Avata)는 교육생 스스로 만드는 것이 아니라 서버에서 관리하며 생성한다. 교육생이 취한 동작은 서버에서 취합하여 각 교육생PC로 다시 전송해준다. 그러므로 어떤 교육생이 어떤 행동을 취했는지를 알 수 있도록 한다. 또한 교육생간에는 문자채팅 및 음성채팅이 가능하도록 설계되었기에 ION이 음성 및 문자채팅 정보를 제어한다. 예를 들어 교육생이 가상패널화면에서 LOCA사고를 복구하려고 한다면 먼저 만들어진 자신의 아바타를 설정하고 여러 기기 중 자신이 제어해야 할 패널의 기기를 조작한다. 조작한 기기는 시뮬레이터 모델을 연동하여 계산을 수행하고 그 결과 값을 웹서버로 전송한다.

웹서버는 ION에 그 정보를 전송하여 알람정보 및 결과값으로 변화한 수치값을 그래프로 변화한 정보를 실시간으로 연동하여 가상현실 화면에 나타낸다. 가상으로 나타난 LOCA사고는 발전소 모델과 연동되어 2D 화면에 그래픽으로 실시간으로 나타나도록 한다.

### 3.3. 시스템 개발 절차 구조

시스템 개발을 하기 위한 절차는 다음과 같다.

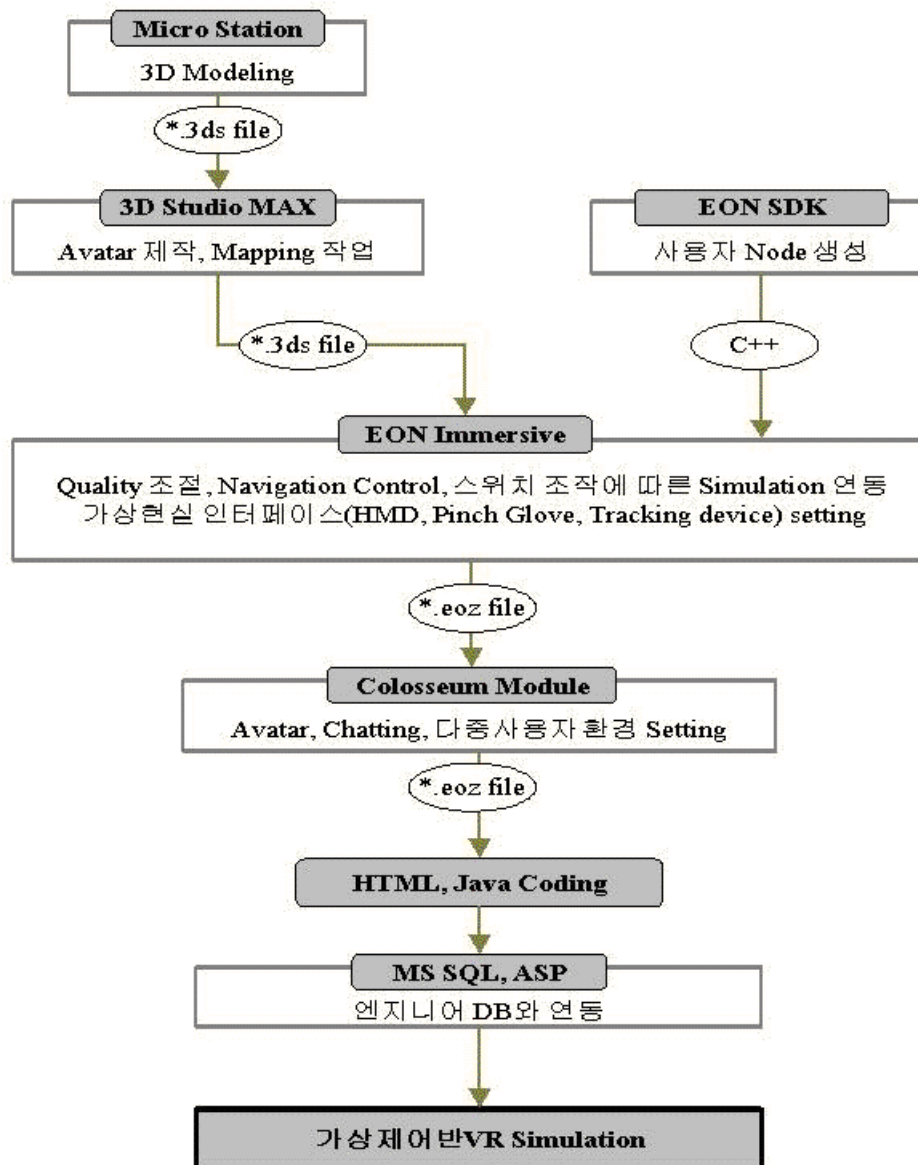


그림 4 [ 개발 절차 구조도]

위의 표에서는 가상현실도구인 ION으로 작업하는 절차를 처음부터 기술하였다. 앞에서도 설명한 것과 같이 발전소 모델인 3D 그래픽 오브젝트를 3D studio max file로 변환하여 생성된 결과물이 원하는 수준의 품질을 제공하지 않기에 적절한 수준에서 다시 max로 파일을 새로 생성한다. 또한 발전소 운전원을 나타내는 RO, SRO 등의 특성에 맞게 아바타를 제작하여 친근감을 느낄 수 있도록 한다. 동시에 ion도구로 해당되는 사용자명수에 맞추어 사용자 정보 관리 노드를 생성한다. 다음 단계로 발전소 그래픽정보의 품질조절을 완벽하게 하고, 발전소 패널의 네비게이션작업을 수행한다.

이 단계까지는 그래픽 기술이 많이 요구되는 상황이며, 다음 단계부터는 각종 응용프로그램과 하드웨어 관련 지식이 요구되는 단계로서 이벤트를 각종 패널 계기에 부여한다. 또한 입체안경 및 사이버글로버 등의 가상현실 장비와 인터페이스 문제도 해결한다. 가상현실 장비와 원활한 통신을 서버가 할 수 있는 상황에서 다양한 방법의 테스트절차를 만들어 어느 방향에서 보더라도 많은 입체감을 느끼며 작동할 수 있도록 몰입감 최적화를 수행한다. 이벤트를 연결한 결과는 다른 계기 예를 들어 알람 등에 결과 값이 나타나야 하므로 또 다른 이벤트를 발생시킨다. 사이버글로버가 하드웨어에 종속적인 면이 있어 세밀한 코딩이 요구된다. ION이 글로버와 통신하는데 문제가 있으면 C코딩을 사용하여 연결한다. 다음은 다중 사용자를 위한 단계이다. 다중 사용자를 위한 아바타 및 몇 명이 동시에 접속하여 들어올 것인지를 제어하는 모듈을 개발한다. 또한 문자와 음성 채팅을 위한 모듈을 작성한다. 사용자인터페이스 모듈을 인터넷에서 주로 많이 사용하는 HTML, XML, Java, Flash 등의 각종 멀티미디어 도구를 사용하여 사용자가 편리하게 시스템을 사용할 수 있도록 개발하며 마지막으로 Java나 ASP를 사용하여 각종 변수와 데이터베이스를 연결하여 테스트한다. 이 단계를 보면 간단한 개발절차 단계처럼 보이지만 세부적으로 들어가면 많은 세부적인 작업을 필요로 하며 원자력에 관련한 해박한 지식을 요구하므로 올진 훈련센터 교수들의 노력이 절실히 필요한 부분이 산재해 있다.

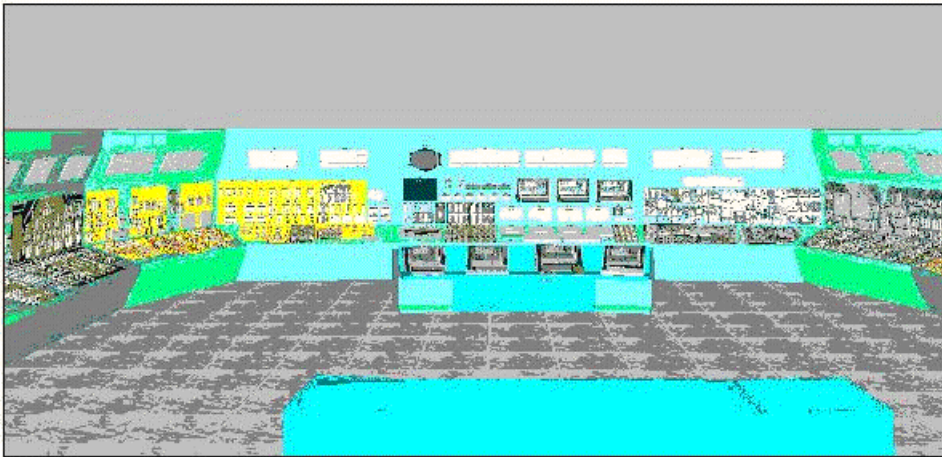


그림 5 [ 올진 3,4호기 가상패널]

#### 4. 결론

우리는 현재 영광1호기 가상발전소 및 가상패널을 개발하여 테스트 완료한 상태에 있다. 개발 완료된 시스템은 원자력교육원에 설치되어 원자력 운전원 교육에 많은 도움을 주리라 확신하고 있다. 기존의 고리 원자력교육원 가상발전소 및 가상패널을 개발한 Know-How와 현재 더욱 발전된 가상현실기술 및 새로운 아이디어를 토대로 가상패널 시스템 및 가상 현동 교육훈련 시스템을 개발하여 시뮬레이터실 내부에 직접 들어가야 하는 제약을 극복할 수 있고, 발전소 MCR 내부 패널의 변화를 시뮬레이터 패널에 반영하기에 많은 돈과 시간이 들어가는 노력을 가상현실로 쉽고 간단하게 극복할 수 있으며, 시뮬레이터실에서와 같이 어떠한 비상훈련을 실습할 수 있고, 특히 요즘 인터넷을 사용하는 사람이라면 한번쯤은 시도했을 네트워크게임 기법을 교육훈련 분야에 적용한 가상 협동 교육훈련 시스템은 팀간의 결속력을 높이고 오락과 교육훈련 효과를 누릴 수 있는 장점을 통해 교육 내용의 정확한 이해를 도모하고 반복 교육을 통하여 교육훈련의 품질을 향상 시켜서 운전원의 원자력 발전소 시뮬레이터 운용 능력을 도모하고 유사시 운영 능력을 안정화 시키야 할 것이다.

더욱 실제상황과 유사하게 연출하기 위해 신속하게 발전하고 있는 가상현실 기법을 적용하여 실세계와 같은 몰입감을 느낄 수 있도록 가상패널 및 합동 교육훈련 시스템을 발전시켜야 할 것이다. 또한 보안문제에 완벽을 기하여 발전소 관련 중요정보의 유출을 막고, 바이러스와 해킹에 대비하며, 교육훈련 시스템이



로 무엇보다 정확도와 신뢰성 문제를 지킬 수 있도록 원자력분야에 정통한 운전 원 및 훈련 센터 교수의 지식을 제공받아 보다 교육생이 효율적으로 교육받을 수 있는 시스템을 개발하여야 하겠다.

### 참고문헌

1. Qiuqi Ruan , "Research of the large space tracking on the virtual reality", Proceedings of ICSP2000, p. 1388-1391, 2000
2. Carmine Stragapede, "Design review of Complex mechanical systems using advanced Virtual Reality tools", IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Vol. 1, 19970707
3. Martin Schalz, "From High-End VR to PC-based VRML Viewing Supporting the Car Body Development Process by Adapted Virtual Environments", Proceedings of IASTED International Conference Computer Graphics and Imaging, , June1-4,1998
4. <http://www.webcomp.com/virtuale>
5. O. Hagsaud , "Interactive Multiuser VEs in the DIVE System", IEEE Multimedia, Vol.3, No.1, Spring 1996, pp 30-39
6. R. B. loftin, P. J. keuney, "Training the Hubble Space Telescope Flight Team", IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 15, No. 5, Sep. 1995, pp 31-37
7. Bailey, K. M., Dale, T., & Squire, B. (1992). Some reflections on collaborative teaching. In D. Nunan (Ed.), Collaborative Language Learning and Teaching (pp. 162-178). NY: Cambridge University Press.
8. McCann & Radford, R. (1993). Mentoring for teachers: The collaborative approach. In B. J. Cadwell and M. A. Earl, E. M. Carter (Eds.), The return of the mentor: Strategies for workplace learning (pp. 25-41). Washington, DC: The Falmer Press
9. 유현주,이용관,이명수, "가상발전소(Virtual Plant) 시스템 개발에 관한 연구", 12회 추계 정보처리학회, 1999
10. 유현주,이용관,이명수, "인터넷에서 가상발전소 (Virtual Plant) 설계에 관한 연구", 1999 추계 정보처리학회, Vol. 12, 1999.10
11. 유현주,이명수,박신열,홍진혁 "컴퓨터 지원 교육훈련 시스템을 위한 사이버환경 구축", 2000 춘계 시뮬레이션학회, 2000.04
12. Steven Feiner & Daniel Thaiman, "Virtual Reality", IEEE Computer Graphic and Applications, pp 24-25, November/December 2000
13. Charles Severance, "Making Virtual Reality worlds- Interaction between Higher Education and K-12", 29th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, pp 13b6-12
14. Jessian D. Bayliss and dana H. ballard, "A Virtual Reality Tested for Brain-Computer interface Research", IEEE TRANSACTION on REHABILITATION ENGINEERING, VOL 8, No.2 , pp 188-190, June 2000