

## 가상원전 위치정보인식시스템 개발 Information System of User Location in Virtual Nuclear Power Plant

서명원\*                      오운석\*\*                      조기용\*\*\*  
Suh, Myung-Won      Oh, Woon-Seok      Cho, Ki-Yong

---

### ABSTRACT

As the computer and computer graphic technology have been progressed, the virtual reality(VR) technology has been issued. The most important objective for VR system is to provide a reality to the user. Therefore, it is necessary to satisfy the perception of human. In recent years, more effective VR system has been studied and developed by many people.

In this paper, the Information System of User Location(ISUL) is proposed. ISUL is used to improve a process of In-Service Inspection work. ULBIS provides a high degree of efficiency for In-Service Inspection process and makes inspectors get information about ISI exam report in web environment. In addition, ISUL provides a navigation, Isometric drawing reference viewer and Web-based ISI Database Reference System in web environment.

---

### 1. 서      론

국내 원자력발전분야가 어느 정도 성숙기에 접어들면서 원자력 발전의 안전성에 초점이 맞춰지고 있다. 이러한 상황에서 원자력발전소의 운전원들에 대한 효율적 교육에 대한 관심도 증가하고 있으며 이에 따라 운전원이 쉽게 인식할 수 있는 교육 시스템의 필요성이 대두되고 있다. 그러나 원자력발전소의 특성상 많은 복잡한 기기들의 복합체로 구성되어 있어 형상이나 상태 파악에 접근이 어려운 경우가 많다<sup>(1,2)</sup>. 특히 원전 가동중 점검(In-Service Inspection; ISI)과 같이 검사자의 수작업에 의해 이루어지는 안전성평가 업무의 경우, 기존의 2차원 도면으로는 작업을 효율적으로 수행하기 어려운 실정이다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 획기적인 방법으로 최근가상현실 기법의 활용에 대한 필요성이 대두되고 있다.

가동중 검사는 원전 주요기기에 대해 주기적으로 수행되며 이때 방대한 양의 위치별 검사자료를 기록보존하게 된다. 안전성평가는 검사후 발견된 결함의 위치에 따라 작용하중, 재료물성치 등을 고려하여 수행하게 된다. 따라서 원전 주요기기의 막대한 양의 데이터를 체계적으로 관리할 수 있는 데이터베이스 시스템이 요구된다. 최근 이와 관련하여 각분야별로 PC기반의 데이터베이스가 개발되어 활용되고 있다. 그러나 현재까지의 데이터베이스는 개인사용자를 위해 작성된 것으로 그동안 문서화되어 있던 자료를 단순히 디지털화한데 그치

---

\* 정희원 · 성균관대학교 기계공학부 교수

\*\* 성균관대학교 기계공학부 석사과정

\*\*\* 성균관대학교 기계공학부 박사과정

고 있으며 특히 해당분야의 특성상 절대적으로 요구되는 네트워크를 통한 데이터의 공유 및 통합관리는 전혀 이루어지지 않고 있다. 또한 원전 주요기에 대한 주기적인 가동중 검사와 안전성평가를 위해서는 위치별 형상에 대한 자료가 필요하다. 지금까지는 숫자상의 위치정보 또는 2차원도면에 이를 의존하는 경우가 대부분으로 결함의 위치 파악과 위치에 따른 역학적 상태파악이 매우 어려운 실정이다. 또한 이러한 정보의 저장, 관리와 네트워크를 통한 공유는 불가능한 상황이다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 3차원 CAD기술에 기초한 가상현실기법을 이용하여 사용자와 상호작용할 수 있는 3차원의 원자력발전소 가상현실환경을 개발하고 이를 바탕으로 실시간 ISI 데이터베이스 검색 및 ISO 도면 검색이 가능하며 검사자들의 위치 및 검사부위의 위치를 확인할 수 있는 가상원전 위치정보인식시스템(User Location Based Information System)을 개발하였다. 개발한 가상원전 위치정보인식시스템은 각 주요기기 및 검사부위에 대한 형상정보를 실물에 준하여 제공함으로써 사용자의 이해도를 증진시킬 뿐 아니라 인터넷을 기반으로 공유 및 관리가 가능하여 네트워크시스템의 구현에 적합할 것으로 판단된다.

Fig.1은 본 논문에서 개발한 위치정보인식시스템의 가상현실환경 시스템의 구성도이다.

## 2. 관련연구현황

가상현실환경을 위한 프로그램은 여러 가지가 있으나 현재 가장 표준이 되고 있는 것으로 가상 현실모델링언어(Virtual Reality Modelling Language; VRML)가 있다. VRML은 3차원 형상을 인터넷의 웹브라우저를 통하여 공유할 수 있고 사용자와의 상호작용이 가능하다는 특징이 있다. 또한 동적인 3차원 형상의 표현이 가능하며 입체적인 음향삽입 등이 용이하다<sup>(3)</sup>.

원자력발전소에 대한 가상현실적용에 관한 연구는 일본과 미국을 중심으로 수행되고 있다. Matsubara<sup>(4)</sup>은 원자력발전소에 대한 가상학습환경(Virtual Learning Environment; VLE)을 기반으로 작업자가 가상현실환경에서 냉각재 손실사고(Loss Of Coolant Accident; LOCA)에 대처하는 훈련을 위한 지능형 학습시스템(Intelligent Tutoring System; ITS)을 개발하였다. 일본 도시바<sup>(5)</sup>는 가상현실을 응용하여 원자력발전소 등 발전 플랜트 제어실의 사용 편의성을 평가하는 시스템을 개발했다. 이 시스템은 건설 예정인 플랜트의 제어실을 컴퓨터 화면에 입체적으로 비추어 내는 동시에 가상의 운전원도 화면에 표시해 제어실내의 계기를 조사한다든지 스위치를 누르는 등의 운전상태를 모의할 수 있도록 개발하였다.

Fujita<sup>(6)</sup>은 원자력발전소의 재료물성치 정보시스템인 Data-Free-Way를 인터넷기반으로 개발하였다. Data-Free-Way는 분산형 데이터베이스로 데이터가 서버에 분산 저장되어있으며 인터넷을 통해 쉽게 이용할 수 있다. 국내에서도 조기용<sup>(7)</sup>, 박대유<sup>(8)</sup> 등은 원자로 압력용기(Reactor Pressure Vessel; RPV)에 대해 VR기술을 적용하여 안전성평가 시스템을 개발하였으며, 웹을 기반으로 하여 다중 접속을 통한 협업 및 데이터베이스 효율적 관리가 가능하도록 하였다.

## 3. 원자력 발전소 가상현실환경의 개발

가상현실모델링언어는 월드와이드웹(World Wide Web; WWW)상에 3차원 정보의 요구를 반영할 수 있는 인터넷기술로서 컴퓨터상에 3차원 모델을 형상화하여 그 환경 속에서 탐색(navigation)하고, 상호작용(interaction) 할 수 있는 환경, 즉 가상현실환경(Virtual Reality Environment; VRE)을 구현하는데 사용된다<sup>(9)</sup>. 기존의 동영상은 미리 제작된 영상그림의 연속적인 재생으로 사용자에게 수동적인 경험만을 제공하는데 반해, 가상현실기술을 이용하면 사용자와 3차원 형상들의 상호작용이 가능한 환경을 구성할 수 있다. 따라서 사용자는 자신의 의지에 따라 가상의 세계에서 원하는 상황을 만들거나 실제로 경험하기 힘든 상황을 체험할 수 있다.

본 논문에서는 사용자가 인터넷상에서 원자력발전소에 대한 가상체험을 할 수 있는 가상현실 환경을 개발하였다. 개발된 가상현실환경은 설계자료를 기초로 하여 발전소 전체사이트부터 내부 주요기기까지 탐색하고 상호작용 할 수 있도록 구성하였다. 가상현실환경구성의 기본요소로 사용되는 3차원 형상의 작성은 3D-Max 를 사용하였으며 가상현실화경 구성은 VRML 2.1로 구성하였다.

### 3.1 가상현실환경

기존의 CAD프로그램으로 작성되는 디지털 모델은 일종의 와이어프레임(wire frame)모델이며, 이러한 모델을 시각화(visualization)하려면 우선 표면들을 구성하고 표면들간의 경계부분을 연속적으로 표현하여야 한다 (10).

이러한 시각화과정을 거친 모델을 실제사물과 같이 표현하기 위해서는 다음의 4가지 과정이 필요하다.

- (1) 모델사이즈를 고려한 대상물 단위 픽셀밀도 선정(image resolution)
- (2) 구조물간의 관련성을 고려한 고유한 색상 선정(color palette)
- (3) 사실감을 나타내기 위한 광원의 위치 및 음영의 정도 선정(optical behavior)
- (4) 사물의 사실감 증가와 폴리곤사용 절감을 위한 각 재질의 질감 선정(material textures)

가상현실환경은 원자력발전소 전체 사이트(site)에서부터 주요기기와 파이프 및 각종 장치들이 설치되어 있는 격납건물(containment building) 그리고 원자로압력용기(reactor pressure vessel)나 증기발생기(stream generator) 등의 주요기기에 대한 상세모델로 구성하였다. 본 논문에서는 주요기기에 대한 상세모델을 구성하였으며, 관심부위에 대해서는 상호작용할 수 있도록 구성하였다.

Fig. 2는 본 논문에서 개발한 원자력발전소의 가상현실 환경을 나타낸 것이다.

### 3.2 탐색과 상호작용

가상현실환경에는 사용자가 3차원 대상에 대하여 시점을 변화시키면서 움직일 수 있는 탐색기능이 있다(11). 즉, 사용자는 3차원 대상에 다양한 각도를 움직이면서 대상의 형상과 주변 구조물과의 연결 상태 등을 파악할 수 있다. 이러한 탐색 기능은 두가지로 지정된 일정한 경로에 따라 움직이는 경우와 사용자의 자유의지에 따라 움직이는 경우가 있다. 후자는 사용자가 초기에 설정된 경로에 따라 한정된 시각을 가지고 대상을 관찰하는 전자와 달리 사용자가 자유로운 의지에 따라 움직임과 시점을 변화할 수 있다. 따라서 사용자는 특정관심 대상에 대하여 자신이 원하는 각도에서 자세한 형상과 연결상태 등을 파악할 수 있다. Fig. 3은 원자로압력용기와 주변기기에 대한 탐색의 예를 나타낸 것이다.

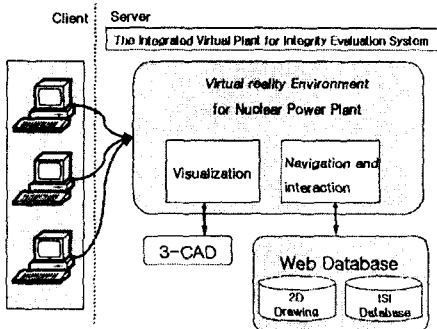


Fig. 1 Structural configuration of virtual reality environment for power plant.

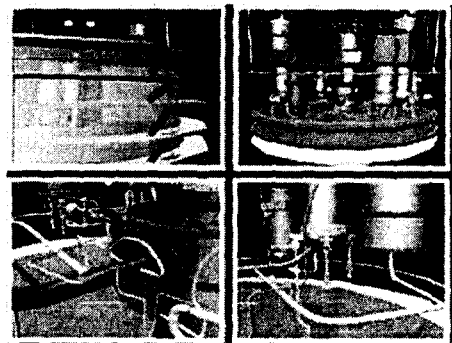


Fig. 2 Virtual reality environment for nuclear power plant.

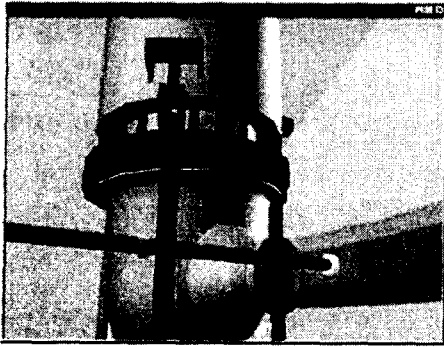


Fig. 3 Navigation around a reactor vessel.

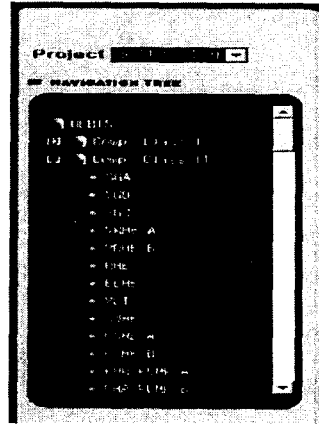


Fig. 4 Tree structure of ISI database

본 논문에서는 이러한 상호작용(interaction)을 위해서 자바스크립트를 사용한 데이터 tree를 구성하여 사용자가 원하는 데이터로 접근이 가능한 가상현실환경을 구성하였다. 이 기능을 이용하여 사용자는 가상현실환경과 연계된 프로그램을 실행하거나 데이터베이스의 데이터를 검색할 수 있다. Fig. 4는 데이터 tree를 구성한 예를 나타낸 것이다.

#### 4. 가상원전 위치정보인식시스템 개발

##### 4.1 웹 데이터베이스

본 논문에서 개발한 데이터베이스는 WWW의 대화식 페이지를 사용한 웹데이터베이스이다. 웹서버는 Window NT 환경하에서 가장 많이 사용되는 아파치(Apache) 웹서버를 사용하였으며, 데이터베이스 관리 시스템은 오라클(Oracle)을 사용하였다. 사용자인 클라이언트와 평가 시스템이 수행되는 서버의 통신은 서버릿에 의해 이루어지는데 본 연구에서는 서버릿엔진으로 타 웹서버와 호환성이 좋으며 속도가 빠른 제이런(JRun)을 사용하였다. 데이터의 검색방식은 클라이언트/서버 방식으로구성하였으며 클라이언트와 서버 사이의 통신은 네트워크를 통해 인터넷에서 이루어진다.

Fig.5는 본 논문에서 구현한 웹데이터베이스의 구성도이다. 기능적인 측면에서 서버는 데이터 처리와 관리, 통합유지/보수 등을 담당하며, 클라이언트인 사용자는 웹 브라우저 인터페이스를 이용하여 데이터를 검색할 수 있다.

##### 4.2 위치정보인식시스템

본 논문에서는 개발한 웹데이터베이스와 가상현실 환경을 이용하여 인터넷기반의 가상원전 위치정보인식시

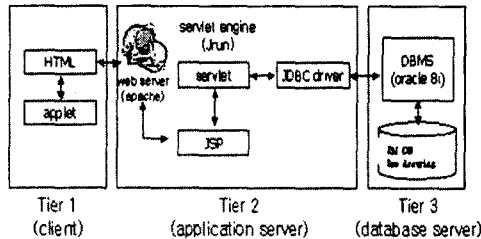


Fig. 5 The system configuration of web database.

시스템을 개발하였다. 본 논문에서 구성한 시스템은 다양한 전문가(검사자, 규제자, 외부전문가 등)가 가동중 검사자료나 2D Drawing 및 원자력발전소 내부에서의 자신의 위치를 검색하고자 할 때 용이하게 접속이 가능하다. 그에 따른 세부 기능은 다음과 같다.

#### 4.2.1 Touch & Tell

Touch & Tell 기법은 검사자가 복잡한 원저내부를 가상환경을 통해 경험하는 동안, 검사가 검사해야 할 검사부위에 대한 정보를 자동으로 알려주는 기능이다. Touch & Tell 기법을 이용하여 점검부위에 접근했을 경우, 해당 점검부위에 대한 식별체계 ID와 검사주기를 자동으로 출력하여, 검사자의 이해도를 향상시킬 수 있다. Fig.6는 본 논문에서 개발한 Touch & Tell 기능을 나타낸 것이다.

#### 4.2.2 2D Map

3차원 시각적 정보의 제공은 2차원의 데이터 활용의 효과를 증대하기 위한 목적으로 사용된 것이다. 그러나, 기존의 2차원 데이터를 배제하고 3차원 데이터만을 활용하는 것으로 교육의 효과를 반감시킬 수 있으므로, 2차원 데이터와 3차원 데이터의 접목이 이루어져야 한다. 또한 자신의 위치를 2D Map를 이용하여 검사자는 자신의 위치에 대한 정보를 쉽게 얻을 수 있다.

Fig. 7은 해당 검사부위에서의 2D Map를 보여준 예이다.

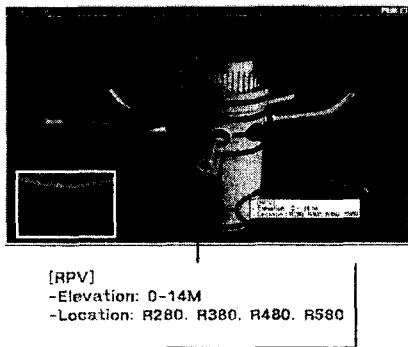


Fig. 6 Touch & Tell

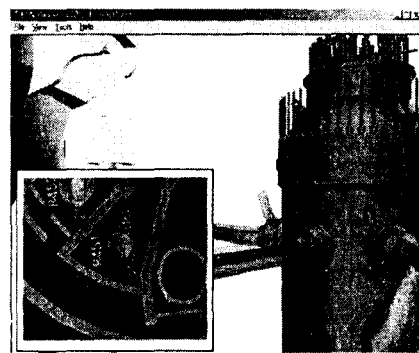


Fig. 7 The screen of 2D Map

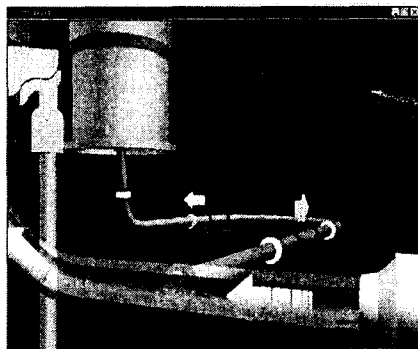


Fig. 8 The flow of the water

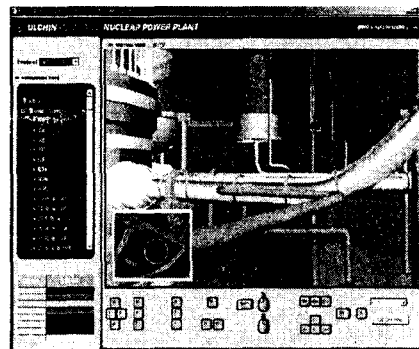


Fig. 9 the Information System of User Location(ISUL)

#### 4.2.3 유량 흐름 표시

본 논문에서는 검사부위의 위치를 더욱 명확하게 하기 위하여 각 검사 파이프에서의 유량의 흐름을 3차원적으로 표시하였다. 기존의 VR은 단순히 주요기기와 검사부위를 표시하였지만 파이프에 흐르는 유량의 흐름을 표시하므로써 원자력발전소 내부에서의 자신의 위치에 확인할 수 있을뿐만 아니라 교육의 효과를 증대하기 위한 목적으로 사용할 수 있다.

Fig. 8은 해당 검사부의 파이프에서의 유량흐름을 표시한 것이다.

Fig. 9는 가상원전 위치정보인식시스템의 전체적인 window 화면을 보여준 예이다.

### 5. 결 론

본 연구에서는 원자력발전소 안전성 유지 기술의 향상을 위하여, 데스크톱 가상현실 기법을 도입하여 가상 원전 위치정보인식시스템을 개발하였다. 본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 기존의 방대한 문서자료로 보관되어 있는 ISI 데이터의 효율적인 관리와 검색을 위해 웹기반 기술을 이용하여 데이터베이스로 구축하였다.
- 가상원전 위치정보인식시스템을 개발하여 검사자의 검사경로를 표준화 및 최적화하였다.
- 검사부위를 사전에 인지하여 검사시간의 단축, 업무 능력의 향상 및 안전사고를 마연해 예방할 수 있는 원자력발전소 가상현실 위치정보인식시스템을 개발하였다.

### 후 기

본 논문은 한국과학재단 산하 성균관대학교 산업설비 안전성평가 연구센터의 연구비지원으로 이루어진 것으로써, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

### 참고 문헌

1. 홍승열, "원자력발전소 수명관리", 대한기계학회지, 제33권, 제5호, 1993, pp. 384-392
2. 최재봉, 김영진, "원자력발전소 안전의 미래", 기계저널, 제40권, 제5호, 2000, pp.40~45
3. S. Hass and U. Jasnoch, "Cooperative Working on Virtual Prototypes", Proceedings of the IFIP WG 5.10 Workshops on Virtual Environments and Their Applications and Virtual Prototyping, 1994, pp.48-57
4. Y. Mastsubara, S. Toihara, Y. Tsukinari and M. Nagamachi, "Virtual Learning Environment for Discovery Learning and It's application on Operator Training", IEICE Transactions on Information & System, Vol.E80-D No. 2, 1997 pp. 177-188,
5. 日經産業新聞, "도시바, 발전제어실의 사용 편의성을 VR로 평가", 194호, 1996.25
6. M. Fujita, and J. Kinugawa, "Material Information system on Internet," Proceedings of an Intelligent Software System in Inspection and Life Management of Power and Process Plants, 1999, pp. 127-144,
7. 조기용, "가상현실을 이용한 가스플랜트의 VR Monitoring System 개발", 대한기계학회논문집 A권, 제25권 제5호, 2001.5, pp.788-796
8. 박대유, 조기용, "구형 스크린을 이용한 준몰입형 VR 시스템 개발", 대한기계학회 춘계학술대회논문집, Vol.C, 2001, pp.207-212
9. 김 현, 명재형, 목경태, "동시공학 구현을 위한 Web 기반의 공학 프로세스 지워 프레임워크", 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제3권, 제4호, 1998, pp. 87-99
10. S. Hernandez, and L.A. Hernandez, "Advanced visualization and computer animation in engineering and architectural design", Proceedings of Second International Conference Application and Architectural Design, 1996, pp. 15-30
11. M. A. Bossak, "Simulation Based Design", Journal of Process Technology 76, 1998, pp.8-11