

가상원전 ISI DB 운영시스템 개발에 관한 연구

신진호* 송재주* 서명원** 박대유** 조기용**
전력연구원* 성균관대**

Study on the development of ISI DB management system
for virtual nuclear power plant

Jinho Shin*, Jaeju Song*, Myungwon Suh**, Daeyu Park**, Kiyong Cho**
KEPRI* SKKU**

Abstract - In recent years, studies on virtual reality and web 3D have been progressed and got a eye-opening progress in the field. In this paper, to improve a process of In-Service Inspection work for a nuclear power plant, we developed a virtual ISI DB management system by using virtual reality technology. This management system provides a high degree of efficiency for In-Service Inspection process and makes inspectors comfortable in web environment. This paper will be hope to activate a introduction of VR technology to the domestic industry.

1. 서 론

원자력발전소와 같은 대규모의 플랜트 설비들은 그 규모가 방대하고 설비의 안전성에 중요한 영향을 미치는 주요기기들로 구성되어 있으며, 이러한 산업설비에 대한 관련자료들은 방대한 데이터베이스로 구축되어 해당설비의 유지보수 관리에 활용되고 있다. 그러나, 설비 관리를 위한 데이터베이스가 텍스트형식으로 구성되어 있고, 효율적인 정보전달이 어려운 수작업에 의해 이루어지고 있어, 데이터베이스의 체계적 관리 및 해당설비에 대한 효율적인 유지보수 능력이 이미 한계에 이르고 있는 실정이다. 따라서, 새로운 관리체계 도입의 필요성이 강력히 대두되고 있다. 한 예로, 플랜트 설비의 운전에 대한 활용에서는 이러한 데이터베이스와 운전상황간의 연결이 이루어지지 않고 있다. 따라서, 현재 사용중인 플랜트 설비의 운전중 사고가 발생하는 경우 기존의 데이터베이스 시스템으로는 운전원이 사고 발생 기기를 직접 확인하고 그 발생기기의 데이터를 수작업으로 찾아야 하는 실정이다. 따라서, 이러한 비효율적인 2차원적 업무프로세스를 개선하기 위해 최근 들어 가상현실 기법과 WEB기반 환경을 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다.

가상현실(Virtual Reality)이란 컴퓨터 모형화와 모의실험을 통해 사용자로 하여금 인공적인 3차원 시각적 환경 및 그 밖의 감각적 환경과 상호 반응하게 하는 기술을 의미한다. 오늘날에는 가상현실을 새로운 데이터 전달 매체로 사용하는 기술들이 개발되고 있다. 현재까지 모든 문서나 매체의 전달은 2차원적인 공간에서 이루어져 왔다고 해도 과언이 아닐 것이다. 그러나, 가상현실 기술의 발달은 평범하고 단순한 매체전달 방법을 3차원적이고 상호 작용적인 형태로 바꾸어 놓고 있다. 즉, 그것은 사용자가 실제환경과 유사하게 만들어진 컴퓨터 모델 속에 들어가 시각 청각 촉각과 같은 감각들을 이용하여 그 속에서 정의된 세계를 경험하고 상호 교환적으로 정보를 주고받도록 하는 방식이다.⁽¹⁾ 가상현실의

활용범위를 살펴보면 그 범위는 무한하다고 할 수 있다. 특히, 산업설비 분야에서의 가상현실은 단순히 보여주는 개념의 3D가 아닌 사용자와 PC간의 상호작용을 가능하게 하여 기존의 텍스트방식의 데이터베이스 체계를 시각적인 3차원 방식으로 제공할 수 있고, WEB기반의 환경에서 구현할 수 있어 WEB을 통한 신속한 정보전달 및 관리를 가능하게 해준다. 따라서, 가상현실과 WEB을 이용한 산업설비 관리체계의 개발은 기존의 플랜트 설비 운영에서의 문제점을 개선하고, 비효율적인 2차원적 업무 프로세스를 향상시키며, 유지보수 업무의 체계화를 통한 경제적인 설비 운영을 가능하게 한다.

본 연구에서는 원자력발전소의 안전성평가를 위해 수행하는 가동중점검(In-Service Inspection: ISI)업무를 가상현실기법을 이용하여 WEB기반의 환경으로 개발함으로써, 기존의 수작업방식의 가동중점검업무 체계의 문제점을 획기적으로 개선한 가상원전 ISI DB 운영 시스템을 개발하였다.

2. 본 론

2.1 가동중점검업무 개요

원전 가동중점검은 원자력발전소의 안전성평가를 위해 중요 검사부위를 지정하여 해당주기별로 검사를 수행하여 원전의 안전성을 유지하도록 비파괴검사, 고체역학, 용접, 재료 등의 많은 기술이 복합적으로 사용되는 업무이다. 이 점검을 통해 기록된 모든 점검결과는 원전 가동중 기기 재료의 변화를 평가하기 위하여 후속 가동중점검 결과와 비교되어야 한다. 또한 가동중점검 결과는 후속기 설계에 반영되어 설계개선을 유도함으로써 궁극적으로 원전의 안전성 향상에 이용되어야 하므로, 가동중점검 데이터들은 체계적으로 분류되어 후속검사에 반영, 종전 데이터와 비교, 검사부위별 결합발생 추이 파악에 이용되어야 하며, 향후 결합 추적 시 당시 검사 조건을 재현하기 위해 검사 데이터의 표준화가 필요하다. 그러나, 현재 가동중점검업무를 수행하는 각 운영 업체별로 점검 데이터의 기록이 서로 상이하고, 검사기록의 누락이 발생하기 쉬운 실정이다. 또한, 가동중점검 중 비파괴검사 결과의 입력 시 결합의 평가 및 보수 필요성 평가 등 엔지니어링(파괴역학분석/응력해석 등)이 필수적이므로, 엔지니어링의 표준화 및 엔지니어링 결과의 신뢰성 확보가 필요하다. 따라서, 가동중점검 데이터 및 필요 자료를 이용하고, 엔지니어링을 표준/자동화할 수 있는 ISI DB 운영 시스템의 개발이 필요할 실정이다.

현재 국내에는 PRISM(PROGRAM FOR ISI MANAGEMENT) 프로그램을 이용하여 결합업무 등 단순 정보만을 관리하고 있으며 이 시스템은 FORTRAN으로 작성되어 한국 전력 연구원 Main

Computer에서 운용되고 있어 데이터 이용에 많은 제약이 따르는 등 현장 활용에는 부적합하다. 또한, ISI Long Term Plan은 외부용역에 의해 작성되고 있으며 수동으로 검사부위 선정 및 검사주기를 작성하고 있으므로 전회 검사결과와 후속조치 누락, 검사부위 누락 등 치명적인 문제가 발생할 수 있는 위험이 있고, 현재의 결함평가, 보수여부 평가 등이 외부업체에 의해 수행되고 있으나, 평가자의 능력 및 자격차이에 의해 서로 상이한 결과를 초래할 수 있다. 본 가상중점검은 '97년까지는 한국원자력연구소에서 독점적으로 검사를 수행하여 왔으나, '98년부터는 3개 기관이 자유경쟁에 의해 참여하므로 검사업체 변경 시 기존 검사 결과 및 방법의 반영문제 등 검사의 연속성 유지가 곤란하다. 따라서 한전 및 검사업체가 공동으로 활용할 수 있는 프로그램의 개발이 필요하다.

또한, ISI 검사업체의 자유경쟁을 유도하는 추세로 신규업체 참여시 검사부위선정과 위치 파악의 곤란으로 검사의 신속성과 치밀성이 우려되고 있다. 따라서, 본 연구를 통해 검사부위를 구체적이며 사실적으로 보여줄 수 있는 가상현실 기법을 이용한 3D 그래픽 모듈의 개발과 WEB기반의 데이터베이스를 구축하여 가상원전 ISI DB 운영시스템을 개발하고 이를 통해 검사의 신속성과 치밀성을 확보하고자 한다.

2.2 가상원전 ISI DB 운영 시스템 개발

본 연구의 수행을 위해 울진 원자력발전소 2호기의 1차 계통을 연구대상으로 선정하였다. 본 연구의 목표인 가상원전 ISI DB 운영시스템개발은 가상현실기법을 도입하여 기존의 2차원적 DB 운영을 3차원 가상공간에서 운영함으로써 보다 효과적이고 효율적인 DB 운용을 도모하기 위함이다. 따라서, 본 연구에서는 울진 2호기 1차 계통에 대한 3D 모델을 구축하여 가상원전을 개발하고, ISI DB와 연계, 활용할 수 있는 ISI DB 연계시스템을 개발하였다. 이를 위해, 울진 원자력발전소의 협조를 얻어 울진 2호기에 대한 도면 및 장기가동중점검사제

표를 참조하였다. 또한, VR환경을 도입하여 각 데이터에 대한 시각적 정보 제공과 검사 DB와의 연결로 검사자의 이해도를 향상시키도록 하였다. Fig. 1은 본 연구에서 개발한 가상원전 ISI DB 운영시스템의 구성도를 나타낸 것이다.

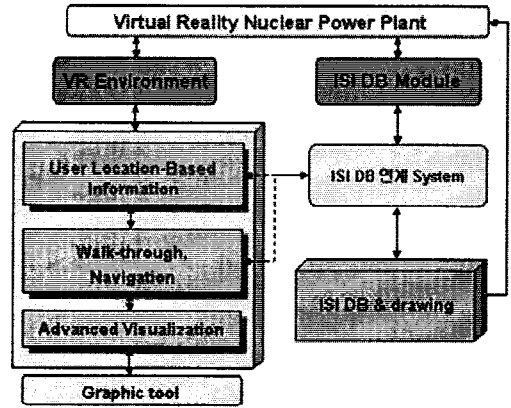


Fig. 1 System configuration of ISI DB management system

2.2.1 가상원전 개발

원자력발전소를 대상으로 한 3D 모델의 구축은 대용량의 모델데이터 작성을 필요로 한다. 원자력발전소의 구성기기는 Vessel, Pump, Valve, Pipe support, Piping, Component support 및 MC&CC⁽²⁾로 이루어져 있으며, 각 기기들은 다시 Area, Elevation, Building, Class의 그룹으로 나누어져 있다. 따라서, 본 연구에서는 가상원전을 구성하기 위한 3D 모델 구축을 위해서 실제 원전내부 기기의 구성과 동일한 3D 모델에 대한 Design DB를 구축하여 방대한 3D 모델데이터에 대한 효율적인 관리와 효율적인 DB검색 및 로

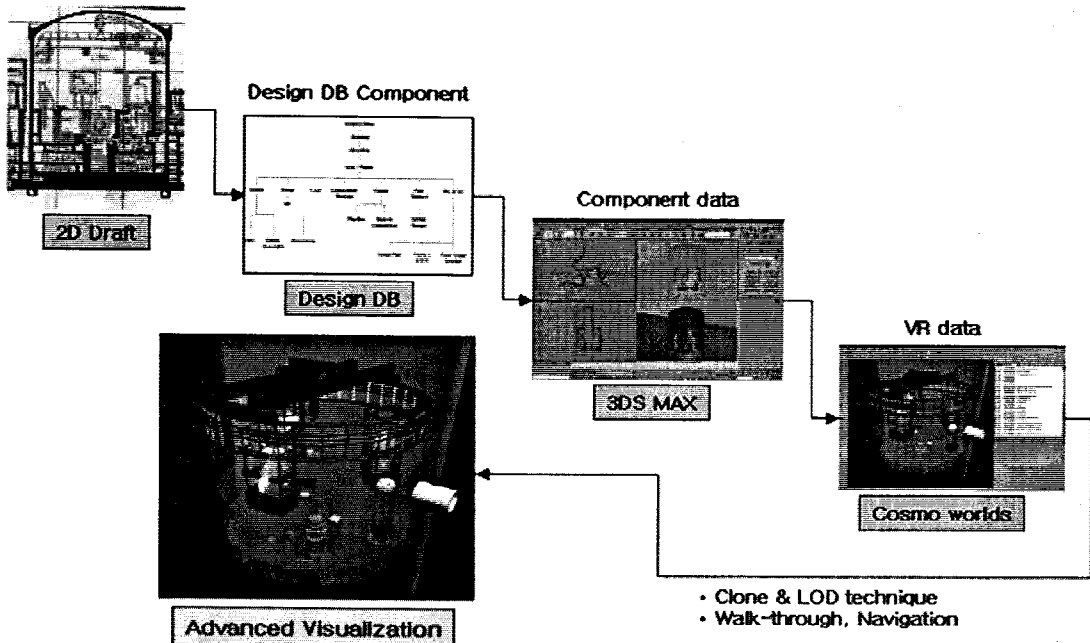


Fig. 2 A process of advanced visualization

딩(loading)이 용이하도록 구성하였다.

가상원전 3D 모델을 구축하기 위해 우선 울진 원자력 발전소 2호기에 대한 도면을 참조하였다. 실제 도면을 바탕으로 앞서 설명한 Design DB에 따라 모델링을 하였다. 본 연구에서는 3DS Max 3.0을 사용하였다. 또한, 구축한 3D 모델을 가상현실 환경에서 구현할 수 있도록 Cosmo Worlds를 사용하여 VRML 코드로 작성하였다. 이와 같이 가상원전을 구축하는 일련의 과정을 Advanced visualization이라 한다. 이는 일반적인 3D 모델구축 과정 외에 가상현실 기반에서 작동할 수 있도록 LOD, Clone technique 등의 VRML기반의 가상현실 기술을 적용하는 과정을 모두 포함한다. Fig. 2는 본 연구에서 수행한 원자력발전소에 대한 Advanced Visualization과정을 나타낸 것이다.

구축한 가상원전은 검사자가 실제 가동중점검업무에서 활용할 수 있도록 네비게이션, walk-through 등의 기능을 포함한 브라우저 형식으로 제공되어야 한다. 이는 기존의 수작업 방식의 업무체계에만 익숙한 검사자의 혼란을 최소화하고 새로운 시스템 도입을 통한 가동중점검업무의 효율을 높이는 데 매우 중요한 역할을 하므로, 가능한 사용이 쉽고, 검사결과와 반영이 정확한 시스템을 구축해야 한다는 점에서 매우 중요하다. 따라서, 본 연구에서는 그래픽 관리시스템(Graphic Management System : GMS)이라는 가상원전을 위한 WEB기반 브라우저를 개발하였다. 그래픽 관리시스템은 일반적인 가상현실 기법에서 제공하는 네비게이션, Walk-through 기능 외에 검사자의 현재 위치를 알려주는 검사자 위치 정보기능(User Location-Based Information)과 방대한 그래픽 처리속도 향상을 위한 원전내부의 층별 네비게이션 및 Graphic Acceleration 기법을 제공한다. 따라서, 검사자는 그래픽 관리시스템을 이용하여 원전내부를 가상현실을 통해 시각적으로 경험할 수 있으며, 방대한 그래픽으로 인한 속도저하 없이 실시간으로 검사업무에 활용할 수 있다. Fig. 3은 본 연구에서 개발한 가상원전 그래픽 관리시스템의 브라우저를 나타낸 것이다.

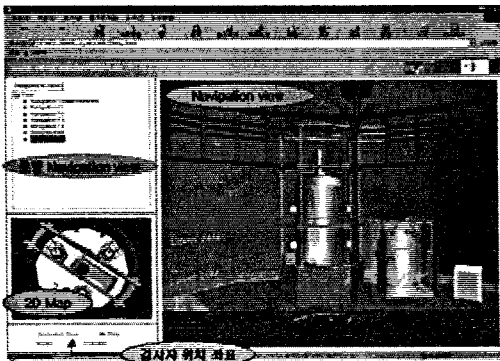


Fig. 3 Graphic Management System(GMS)

2.2.2 ISI DB 연계 시스템 개발

ISI DB는 원전 가동중점검의 점검결과에 대한 데이터베이스를 말한다. 기존의 가동중점검 결과는 각 검사업체에서 검사 후 작성한 문서로 보관되어 있다. 따라서, 본 연구에서 개발한 가상원전 ISI DB 운영시스템에 점검결과에 대한 온라인 정보를 제공하기 위해, 점검결과의 디지털자료화 작업을 수행하였다. 우선 해당검사부위에 대한 고유 ID를 부여하고, 각 검사부위를 주기별로 구별할 수 있도록 색상을 달리하여 모델링하였다. 또한, 가동중점검계획서를 참조하여 각 검사부위에 대한 기록을 DB로 구축하였다. 이와 같이 ISI DB 구축을

통해, 검사자가 해당검사부위에 대한 결과를 신속히 조회하고, 점검결과에 대한 기록 및 점검업무에 대한 종합적인 진행상황을 정확히 파악할 수 있도록 ISI DB 연계 시스템을 개발하였다. 본 시스템을 사용하여 검사자는 해당 검사부위를 시각적으로 확인할 수 있고, 해당 검사부위에 대한 ISI DB를 마우스 클릭만으로 확인할 수 있다.

Fig. 4와 Fig. 5에는 ISI DB 연계시스템 브라우저와 해당검사부위에 대한 DB를 보여주고 있다. Fig. 4의 검사부위를 클릭 하게되면 해당 검사부위에 대한 검사부위 ID가 출력되고 고유한 검사부위 ID에 의해 검사자는 해당검사부위에 대한 DB를 검색할 수 있다.

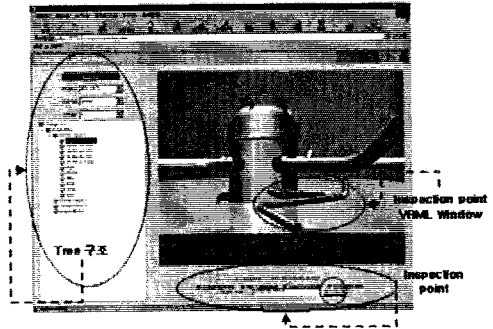


Fig. 4 ISI DB linkage system

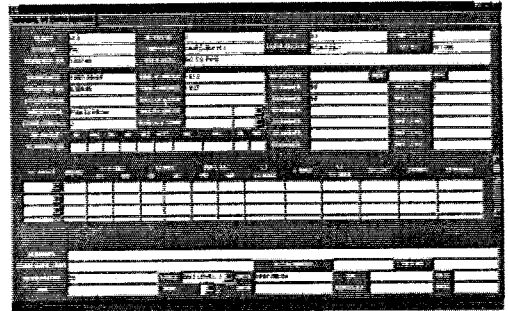


Fig. 5 A browser of ISI DB

3. 결 론

본 연구에서는 원자력발전소의 가동중점검업무의 효율을 높이고, 원전 안전성 확보 및 유지 기술의 개발을 위해 가상현실기법을 이용하여 가상원전 ISI DB 운영시스템을 개발하였다. 본 연구를 통하여 기존의 가동중점검업무에서 야기될 수 있는 검사결과의 누락 및 손실 등과 같은 2차원적 업무 프로세스에 의한 문제점을 개선하고, 검사자의 검사 루트(rout) 표준화, 검사업무의 체계화를 유도하였다. 또한, 최근 각 산업 및 공학분야에서 새로운 어플리케이션 형태로 적용되고 있는 가상현실 기법을 적용하여, 원자력발전소와 같은 대규모 플랜트설비에서의 적용가능성과 개발 방향을 제시하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] 서명원, 조기용 "가상현실을 이용한 가스플랜트의 VR Monitoring System 개발", 대한기계학회논문집 A권, 제25권 제5호, pp 788-796, 2001.5
- [2] 한국전력공사, "울진 원자력발전소 2호기 제2주기 장기가동중점검계획서", 1999.7-