

PRIDE 가상 시뮬레이터를 이용한 원격작업 분석

김성현, 김창희, 김기호

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

hyun@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후핵연료를 취급하는 핵주기시설은 모든 공정이 원격으로 수행되어야 하는 특수성을 가지고 있다. 현재, 공학규모의 pyroprocess 공정을 일괄공정으로 실험하기 위한 파이로 종합시험시설(Pyroprocess Integrated DEmonstration)을 설계중에 있다. 파이로 프로세스는 고온에서 전기화학적 방법으로 사용후핵연료 속의 각종 핵물질을 분리 및 정제하는 기술이다. 이 공정은 전해환원, 전해정련, 전해제련 및 염 폐기물의 주요 공정으로 구성되어 있다.

3차원 설계기술을 활용하여 가상환경기반에서 시설의 건설, 장비의 설치 및 유지보수를 최적화하는 연구를 수행하고 있다. 일본 JNC는 FBR(Fast Breed Reactor) 연료의 재처리 공정을 원격으로 수행할 목적으로 RETF(Recycle Equipment Test Facility)의 건설에 3차원 설계기술을 이용하여 공정장치들의 최적배치, 원격유지보수 방안, 및 감시카메라의 시야범위 분석 등에 활용하였다. 현재 설계중인 파이로 종합시험시설의 성공적인 구축을 위하여 원격으로 운전되는 공정장치 및 원격 운전/유지보수 장비들의 배치 및 원격 운전/유지보수 장비의 작업공간의 분석이 필요하다. 본 연구에서는 컴퓨터 그래픽과 가상현실 및 시뮬레이션 기술을 응용한 PRIDE 가상 시뮬레이터를 개발하고 있다. 가상의 PRIDE 시설에 공정장치와 원격 취급장비를 미리 배치하고 시설의 목적에 맞는 장비의 선정과 셀 내에 설치될 공정장치는 원격 취급장비의 원격 운전/유지보수에 적합한 설계로 제작될 수 있도록 원격 접근성 분석을 수행하고자 한다. 이런 분석을 통한 검증 절차를 수행함으로써 완공된 PRIDE 시설에서 실제 장치가 설치되어 원격운전이 원활하게 이루어질 수 있다.

2. 본론

2.1 PRIDE 시설

파이로 종합시험시설은 2011년 까지 구축할 예

정이며 그림 1과 같이 내부크기는 40(L) x 4.8(W) x 6.4(H)m 의 크기를 갖는다. 파이로 종합시험시설은 단일 셀로 구성된 아르곤 분위기의 목업으로 구축되며, 4개의 주요공정의 공정장치와 원격 취급장비가 설치된다. 원격 취급장비는 원격 조정기(master-slave manipulator)와 천장이동형 양팔 조작기(Bridge transporter Dual arm Servo-Manipulator)가 셀 내에 설치된다. 원격 조정기는 17조가 프라이드 목업에 설치된다. 천장이동형 서보조작기는 이동장치, 마스터 매니플레이터, 슬레이브 매니플레이터 및 제어장치로 구성된다. 이중 셀 외부에는 마스터 매니플레이터와 제어장치가 설치되고 셀 내부에는 상하 이동과 좌우 이동하는 이동장치와 슬레이브 매니플레이터가 설치된다.

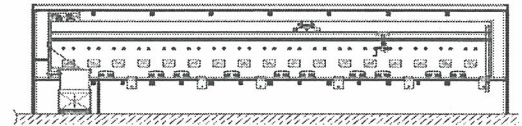


Fig. 1. PRIDE 목업

2.2 PRIDE 가상 시뮬레이터 구성

2.2.1 PRIDE 가상 시뮬레이터

파이로 종합시험시설은 기존의 건물 안에 목업이 설치되는 구조로 공간이 매우 한정되어 있다. 시뮬레이터는 시뮬레이터환경에서 개념 설계된 공정장치와 원격장비를 가상의 목업에서 배치하고 원격장비의 작업영역을 이용한 공정장치의 배치 및 접근성을 검증하는 시스템이다. 시뮬레이터는 입력, 시뮬레이션, 모델 입력 및 외부 입력 모듈로 구성하였다. 시뮬레이터를 개발하기 위해 사용된 소프트웨어는 윈도우 XP환경에서 Visual Studio 2005, Open Haptics, CodeJock Toolkit 및 Open Inventor를 사용하였다. 사용자 GUI의 메뉴는 CodeJock Toolkit로 개발하였다. GUI에서 그래픽 렌더링은 Open Inventor를 사용하여 개발하였다. 원격 취급장비의 입력장치의 움직임과 충돌 현상을 감지하는 그래픽 렌더링 API로 Open Haptics를 사용하였다. 원격 취급장비의 기구학

알고리즘 및 모델 입력을 위한 프로그램은 Visual Studio 2005 기반의 Visual C++를 사용하여 개발하였다. 시뮬레이터에서 원격 취급장비의 움직임에 대한 입력장치는 팬텀(PHANTOM Premium 1.5, Sensable Ltd.), 조이스틱 및 3D 마우스를 사용하였다.

2.2.2 모델링

PRIDE 목업에 설치되는 모든 장치들은 실측 크기로 3D 캐드 소프트웨어를 사용하여 3차원 그래픽 모델을 생성한다. 생성된 모델은 PRIDE 시뮬레이터에 사용하기 위해서 계층적 구조를 갖는 VRML 모델데이터로 변경하는 절차를 수행한다. 시뮬레이터에서는 VRML 형식의 모델 데이터로 입력받고 기구학적인 특성과 속성 등을 정의한다. 모든 모델데이터는 이 절차에 의해 모델링되어 시뮬레이터 GUI 환경의 렌더링 창에 표현된다.

2.3 원격 취급장비의 분석

2.3.1 원격 취급장비의 작업영역 분석

셀 안에 설치된 공정장치를 원격으로 운전 및 유지보수를 위한 원격 조정기는 작업높이(operating height)에 따라 셀 내의 작업가능 요건을 만족하여야 한다. 현재 PRIDE 시설은 작업높이를 셀 바닥을 기준으로 원격조정기가 선택되었다. PRIDE 시설에 설치될 원격 조정기는 Wallishmiller 사의 A110을 선정하였다. 원격 조정기는 설치위치가 3.05m이고, 최대 도달거리는 3.353 m 이다. 시뮬레이터에서 분석 작업에 사용하기 위해 작업영역에 해석하여 전시할 수 있는 3D 모델로 생성하였다. 이를 시뮬레이터에서 전시하여 목업 내에서 원격장비가 도달할 수 있는 지점을 표현할 수 있었다. 마찬가지로 목업에 설치되는 BDSM도 작업영역을 해석하여 시뮬레이터에 전시할 수 있는 3D 데이터로 생성하여 작업영역에 검증작업에 사용하였다. 모든 공정장치는 원격으로 운전하기 때문에 원격 취급장비의 작업영역 안에 설치되어야 운전할 수 있기 때문이다. 이를 이용하여 작업영역 안에 공정장치의 존재 여부를 검증하여 공정장치를 배치하였다.

2.3.2 원격 취급장비의 접근성 분석

시뮬레이터에 설치되는 원격 취급장비들은 외부 입력장치의 움직임에 따라 시뮬레이터에서 전시되는 창에서 움직이도록 되어 있다. 목업에 설치된 공정장치에 원격 취급장비가 도달하면 시뮬레이터

에서의 충돌기능을 이용하여 그림 2와 같이 원격 취급장비의 tong 색상이 변경됨으로써 공정장치에 도달하였음을 알 수 있도록 하였다. 또한 haptic 입력장치는 충돌현상이 있을 때 사용자가 힘을 감지하여 장치에 도달함을 알 수 있다. 외부입력장치를 사용하여 배치된 공정장치의 작업지점으로부터 원격 취급장비의 충돌현상이 일어날 때까지 이동시키므로써, 장치에 도달하였음을 검증한다. 이를 통해 장치의 상세설계 반영하여 원격으로 운전할 수 있는 장치를 제작할 수 있다.

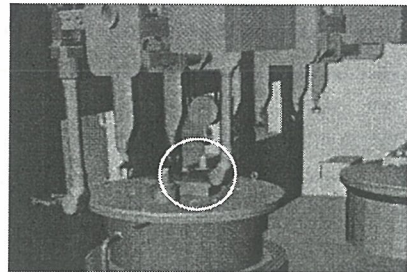


Fig. 2. 원격 취급 장비의 접근성 분석

3. 결론

PRIDE 가상 시뮬레이터의 개념을 정립하고 시스템을 개발하여 파이로 종합시험시설의 개념설계를 적용하였다. 목업에 설치될 원격조정기의 모델을 적용하여 가상환경에서 원격조정기의 작업영역을 전시하였다. 이를 이용하여 공정장치의 배치와 관련된 위치를 도출하였다. 공정장치가 설치된 공간에서 외부입력장치를 이용하여 개념 설계된 공정장치에 대한 접근성을 수행할 수 있었다. 실제 공정장치의 제작 전에 설계단계에서부터 시뮬레이터를 이용한 원격장비의 접근성을 분석하여 장치설계의 오류를 검증하여, 설계에 반영하고자 한다.

4. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국연구재단의 원자력기술개발사업으로 지원받았습니다.(연구과제 관리코드: M2010-0001139)

5. 참고문헌

- [1] K. Salisbury, etc al. "Haptic Rendering: Introductory Concepts", IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.24, Issue2, pp.24-32, 2004.