

디지털 목업을 이용한 공정장치의 원격 접근성 평가

김성현, 이효직, 유승남, 김기호

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

hvun@kaeri.re.kr

1. 서론

일반 산업계에서는 제품의 개념설계부터 제조, 유지보수까지의 전체 제품개발주기를 디지털환경 하에서 생성시키고, 전산모사하는 등의 컴퓨터를 이용한 가상 공간상에서 공정장치의 구조, 구동 및 공정을 검증하는 기술이 활발하게 도입되고 있다. 따라서, 물리적인 실물 모형 대신에 가상 프로토타입핑(Virtual Prototyping) 및 디지털 제조(Digital Manufacturing)을 이용하여 컴퓨터 안에서 실제 시설의 구조 및 외형뿐만 아니라 장치들의 조립과정에서의 조립성, 기기의 동작특성 및 대규모 공정의 전 과정을 모사하여 실제 장치에서 발생할 수 있는 문제점을 보완하고 있다.

일본 JNFL은 고준위 액체폐기물 저장시설(K시설)에서 캐니스터 수납장치에 대한 설계 타당성을 검증하기 위하여 IGRIP을 이용한 Virtual Prototyping을 활용하였고, 핵연료주기 시설내 핫셀에서의 원격취급과 유지보수를 위한 크레인 또는 매니플레이터의 작업절차 설정과 가능한 작업 영역 검증 및 작업자 훈련을 위해 그래픽 기술을 활용하고 있다.

한국원자력연구원에서는 파이로 프로세스 기술을 개발하고 있으며, 이 기술을 구현하기 위해 공학규모의 pyroprocess 공정을 일괄공정으로 실험하기 위한 파이로 종합시험시설(PRIDE : PyRoprocess Integrated DEmonstration Facility)을 건설 중에 있다. 본 연구에서는 pyroprocess 시설/공정의 설계 제작 시 개발 기간 단축 및 비용 절감을 위해 개념설계 단계부터 컴퓨터 시뮬레이션 기술을 활용하여 공정장치의 원격 취급/운전/유지보수성 및 배치 분석 등을 통해 시설 및 장치의 설계를 검증하는 pyroprocess 원격 운전 분석시스템을 개발하였다. 이 공정에 사용되는 3D 모델의 공정장치를 가상의 PRIDE 목업에 설치하고, 모든 공정장치들은 원격작업이 이루어 질 수 있도록 공정장치의 배치 선정 및 장치의 제작 전에 가상의 원격취급 장비를 이용한 원격 접근성을 검증하고자 하였다. Pyroprocess 원격 운전 분석시스템을 활

용하여 공학규모 파이로 공정장치의 원격 운전성과 유지보수성을 분석 및 평가를 통하여 공정장치의 배치 및 원격작업의 가능성을 점검하고자 하였다.

2. 본론

2.1 PRIDE 시설

파이로 종합시험시설은 파이로 프로세스의 일관공정을 실증위한 단일 셀로 아르곤 분위기의 목업이다. 내부크기는 40(L) x 4.8(W) x 6.4(H)m이다. Pyroprocess 는 사용후 핵연료 속의 각종 핵물질을 분리 및 정제하는 기술로, 이 기술은 4개의 주요 공정(전해환원, 전해정련, 전해 제련, 염 폐기물)으로 이루어져 있다. 파이로 종합시험 시설에는 pyro 공정장치와 원격 취급장비인 크레인, 17조의 원격조정기 및 천정이동형 양팔형 서보조작기가 설치될 예정이다.

2.2 PRIDE 원격운전 분석용 시스템

2.2.1 원격운전 분석용 시스템 개발

파이로 종합시험시설은 기존의 건물 안에 목업이 설치되는 구조로 공간이 매우 한정되어 있다. 원격운전 분석용 시스템은 가상 환경에서 개념설계된 공정장치와 원격장비를 디지털 목업에 배치하고 원격장비의 작업영역을 이용한 공정장치의 배치 및 접근성을 검증하는 시스템이다. 이 시스템은 입력, 시뮬레이션, 모델 입력 및 외부 입력 모듈로 구성하였다. 이를 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 취급장비는 hpatic 이라는 입력장치를 이용하여 동작과 충돌현상을 감지하는 그래픽 렌더링 API로 Open Haptics를 사용하였다. 원격 취급장비의 기구학 알고리즘 및 모델 입력을 위

한 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 및 디지털 목업 구축

PRIDE 시설의 설계도면, 유지보수 장비의 설계도면, 공학규모 공정장치의 개념 설계도면들은 3차원 캐드소프트웨어로 3차원 데이터를 갖는 모델데이터로 생성된다. 디지털 목업 구축에 사용되는 모델 데이터는 scene graph 구조를 갖는다. 디지털 목업에 사용된 모델의 형상데이터는 실측 크기이다. 시스템에 사용된 동작과 관련된 모델 (원격 취급장비)들은 회전과 이동에 관한 기구학적인 특성 및 동작의 범위라는 속성을 부여하여 동작하는 장치의 모델을 완성하였다. 모든 모델을 하나의 가상공간상에 배치한 PRIDE 디지털 목업을 구성하였다. 구성된 목업에서 원격 접근성을 분석하기 위해 원격 취급장비들은 시스템에 연결된 외부 입력장치(haptic, joystick, 3D mouse)를 이용하여 동작을 구현하였다.

2.3 원격 접근성 평가

2.3.1 원격 취급 장비의 원격 접근성 평가

원격접근성 평가를 위해 평가인자와 독립변수들을 도출하여 공정장치의 접근성/운전성/유지보수성을 실시간으로 분석하고, 배치분석을 통해 파이로 시설과 장치의 설계를 검증할 수 있는 평가 방법을 도출하였다. 원격 취급장비 및 장비를 고려한 원격접근성 부분과 이와 관련이 없는 배치인자로 나눌 수 있다. 공정장치 배치인자 중 원격 취급장비의 원격접근성과 관련된 부분은 시야확보, 작업영역, 접근경로의 세 가지 인자로 구분해 볼 수 있다. 시야확보는 작업창 및 카메라를 통해 본 작업지점의 시야평가 인자이며, 그림 1과 같이 작업영역은 조작기의 기구학으로부터 생산된 workspace 내에 작업지점이 존재하는가에 대한 평가 인자이며, 접근경로는 원격 취급장비를 갖고 작업지점에 접근작업을 하는 과정에서 발생하는 평가 인자이다. 따라서, 원격 취급장비 관련 원격접근성 인자들을 개별적으로 분석하면 개별 원격접근성 인자에 영향을 주는 독립변수를 파악할 수 있다.

2.3.2 전해환원장치의 원격 접근성 평가

전해환원장치의 6개의 운전작업 지점에 대한 중 원격접근성 평가를 수행하였다. 공정장치는 작업장에서 공정장치 중심까지의 거리가 다른 3지점에 각각 배치하고 원격 접근성 평가를 수행하였다. 종합적으로 원격접근성은 2400mm, 3500mm의 경우에는 비슷한 평가를 보여주었으며, 1500mm인 경우에는 좋지 않은 평가를 보여주었다. 이는 BDSM의 영향보다는 벽에 설치된 MSM의 한정된 작업영역으로 인한 영향을 받은 것으로 보인다.

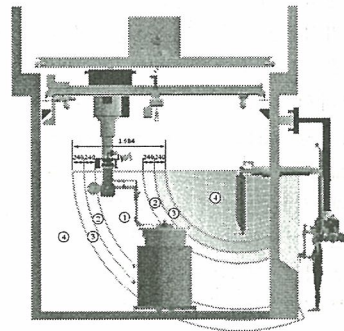


Fig. 1. The workspace of MSM.

3. 결론

파이로 종합시험시설, 공정장치 및 원격 취급장비를 3차원 모델링을 하여 pyroprocess 원격 운전 분석시스템에서 가상공간의 PRIDE 디지털 목업을 구축하였다. 원격접근성 평가를 위해 평가인자와 독립변수들을 체계적으로 도출하고, 객관적인 평가절차를 제시하여 파이로 공정장치들의 작업지점의 위치설계와 PRIDE 내 배치검토 등에 크게 기여할 수 있었다.

4. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국연구재단의 원자력기술개발사업으로 지원받았습니다.

5. 참고문헌

- [1] Y. Omura, "Virtual prototyping for canister receiving devices of high level waste storage facility," Proc. of '99 DENEK User Meeting for Korean Users, 1999.