

파이로 공정 운전과 유지보수 절차서 검증을 위한 디지털 목업 설계 및 제작

박희성, 김성현, 박병석, 김기호, 김호동
한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045
parkhs@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후핵연료를 취급하는 파이로프로세스 시설 (이후부터 “파이로 시설”이라 호칭 함)은 작업자가 접근할 수 없는 핫셀에서 공정이 이루어지기 때문에 모든 공정이 원격으로 이루어지게 된다. 고방사성 물질을 원격으로 처리하는 환경에서 안전성을 확보하기 위해서는 원격 운전 및 유지보수와 관련한 절차서가 갖추어져야 한다. 공정장치의 운전 및 유지보수 작업 시 원격 조작기와 원격 취급 장비들의 거동을 사전에 파악하여 정비상의 문제점을 사전에 제거해야 하기 때문이다. 원격 운전 및 유지보수 절차서를 생산하기 위해서는 다양한 운전 유형과 사고들에 대한 전산모사가 필요한데, 이를 물리적인 목업에서 해결한다는 것은 현실적으로 불가능하기 때문에 컴퓨터 그래픽스와 가상현실을 응용한 디지털 목업과 시뮬레이션 기술로 그 해결책을 찾을 수 있다. 힘반향 장치인 햅틱을 이용한 기술로는 미국 Boeing 사의 VPS(Voxmap PointShell) 기술과 프랑스 CEA LIST의 가상의 물입 환경에서 기차의 유지보수 작업을 실시간으로 모사할 수 있는 시뮬레이터[1], 그리고 일본 기계 기술 연구소[2]의 유지보수 작업을 원격으로 처리하기 위해 인터넷과 로보틱스 기술을 이용한 연구 등에서 찾아볼 수 있다. 본 보고서에서는 물리적 목업이 아닌 디지털 목업 환경에서 3D 가상공학과 햅틱 기술을 이용하여 파이로 공정의 전산모사와 원격 취급성 및 운전성을 분석할 수 있고, 원격 조작기의 원격 취급성/접근성 등을 사전에 검증할 수 있는 원격 시뮬레이터 설계 및 제작 기술을 소개한다.

2. 본론

2.1 시뮬레이터 시스템 아키텍처

원격 시뮬레이터의 주 목적은 파이로 시설/공정의 개발 기간 단축 및 비용 절감을 위해 개념설

계 단계에서 공정장치의 원격 취급/운전/유지보수성 및 배치 분석 등을 통해 파이로 시설 및 장치의 설계를 검증하고, 전산모사 결과를 분석하며, 공학적 해석 결과와 공정 데이터 등을 가시화 시키는데 있다. 이러한 복잡한 모듈들로 구성된 시뮬레이터를 구축하기 위해서 통합된 환경에서의 시뮬레이터 아키텍처를 설계하였다. 시뮬레이터는 시설의 3차원 가상환경을 모델링하는 모듈, 가상 환경에서 작업자와 매니플레이트를 이용한 상호작용 기반 원격작업을 분석하는 모듈, 이산사건(discrete events)시뮬레이션을 기반으로 한 시설/공정 운전 분석 모듈, 그리고 시뮬레이션 분석 및 공학적 해석 결과와 공정 데이터를 가시화하는 모듈로 구성된다. 본 아키텍처는 공학규모 파이로 일괄공정 cold 연구시설(PRIDE)뿐만 아니라 공학규모 시설(ESPF)에 사용될 수 있도록 모듈들을 추가할 계획이다.

2.2 힘반향 상호작용 기술

기존의 시뮬레이터에서 사용되어 오던 그래픽 렌더링은 시각 기반의 일방적 시뮬레이터로서 작업자가 프로그램에서 지정한 기능만 수행할 수 있는데 반해 본 원격 시뮬레이터는 작업자와 상호 작용이 가능하여 작업 내용이 실시간으로 그래픽에 반영되며, 반응 결과를 시각 및 촉각으로 알려 주는 상호 작용 기반 시뮬레이터라고 할 수 있다. 그래픽 렌더링은 시설 및 공정장치/유지 보수 장치의 그래픽 데이터를 가지고 있는 Scene graph를 기준으로 그래픽을 그려 모니터에 출력하고, 햅틱 렌더링은 힘반향 정보를 계산하여 햅틱 입력 장치로 출력하여 정보를 알려 주게 된다. 인간의 시각과 관련된 그래픽 렌더링의 경우 30Hz이상이면 충분하지만 촉각의 경우 1kHz이상의 대역폭을 가져야 인간이 차이를 감지 할 수 없기 때문에 이와 같은 대역폭을 만족시켜야 한다.

2.3 디지털 목업 설계 및 제작

파이로 시설 및 공정장치들을 디지털 목업 환경에서 공정장치들의 배치와 원격 접근성 등을 3차원으로 검증하기 위해서는 가장 먼저 시설과 공정장치 그리고 도구들의 2차원 설계 도면을 3차원으로 모델링이 제작되어야 한다. 시뮬레이터에서 디지털 목업을 설계하고 제작하기 위해서는 통일된 형태의 CAD 데이터가 절대적으로 필요하다. 파이로 시설과 공정장치 그리고 원격 취급 장비들에 대한 디지털 목업은 파이로 시설의 설계도면, 유지보수 장비의 설계도면, 공학규모 공정장치의 개념 설계도면 및 3D 모델링 표준안을 토대로 설계/제작된다. 시뮬레이터에서의 디지털 목업 제작은 가장 먼저 SolidWork로 제작된 3D CAD 데이터를 VRML 형식으로 변환 시킨 뒤 시뮬레이터에서 *.fac(파이로 시설)와 *.mec(파이로 공정장치) 파일로 불러들인다. 그림 1은 PRIDE(PyRoprocess Integrated inactive Demonstration)의 설계 도면과 이를 바탕으로 제작된 디지털 목업을 보여주고 있다

3. 결론

파이로 디지털 목업 내에 배치된 공정장치들의 운전 및 유지보수 작업 시 원격 조작기의 접근성을 실험하기 위해 디지털 목업이 성공적으로 완료되었다. 이 실험을 통해 매니플레이터 운전자와 입력장치(햅틱)간 상호작용을 실시간으로 실행할 수 있는 기초 기술을 확립하게 되었다. 이 기술이 도입됨으로써 본 시뮬레이터는 앞으로 작업자의 훈련 시스템으로도 활용이 가능하다는 것을 시사하고 있다. 따라서 본 시뮬레이터는 운전자의 조작기 훈련도구가 될 수 있도록 시뮬레이션 기능을 더 추가시켜야 할 것이며, 공정장치 유지보수와 관련한 시뮬레이션을 수행할 수 있도록 공학적 기능을 더 확장시킬 계획이다.

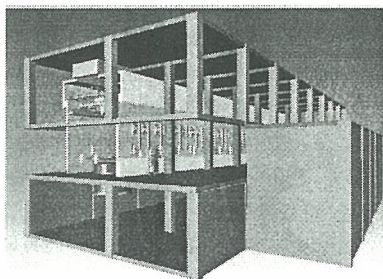


Fig. 1. PRIDE 디지털 목업 시설

4. 감사의 글

본 연구는 정부가 지원하는 한국과학기술재단의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

[1] Caroline Chabal, et al., "EMM-3D: A Virtual Environment for Evaluating Maintainability from CAD Models", Laval Virtual 2005.
 [2] Nak young Chong, et al., "Development of a Multi-telerobot System for Remote Collaboration", Proceedings of the 2000 IEEE/RSJ, Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems.