천정이동 양팔 서보조작기의 원격 분리성능 평가

유승남, 이종광, 이효직, 김성현, 박병석, 김기호, 김호동
한국원자력연구원, 대전시 유성구 덕진동 대덕대로 1045
snvu@kaeri.re.kr

1. 서론

방사선 환경인 핫셀에서의 원격 취급 기술과 관련하여 지금까지 다양한 조작기들이 개발되어 왔으며, 이와 관련한 원격기술은 방사선 작업자의 피폭을 감소시키고 작업의 신뢰성을 높일 수 있는 기술로 인식되고 있다.[1-2] 특히 노후 시설 해체, 사용후연료 및 방사성폐기물 관리, 원전 노심 유지보수 등 원자력 분야 뿐만 아니라 극한 환경 (해양, 우주, 국방 등) 다양한 분야에 크게 기여할 수 있는 기술로 인정받고 있으며, 특히 이와 관련한 핵심기술은 조작기의 원격 운전 및 유지보수라 할 수 있다.[3]

본 연구에서는 PRIDE (PyRoprocess Integrated Inactive DEmonstration) 셀 공간 내에서 다양한 공정장치의 운전 보조 및 유지 보수를 수행할 수 있는 천정이동 양팔 서보조작기 시스템의 원격 분리 실험을 통하여 원격유지보수성 측면에서의 시스템 성능을 검증하고자 한다.

2. 시스템 구성 및 성능 평가

2.1 시스템 개요

천정이동 양팔 서보조작기는 양팔 합계 총 14자유도의 매니퓰레이터로서, 신축형 튜브를 통해 천정이동장치와 연결되어있다. (Fig. 1)

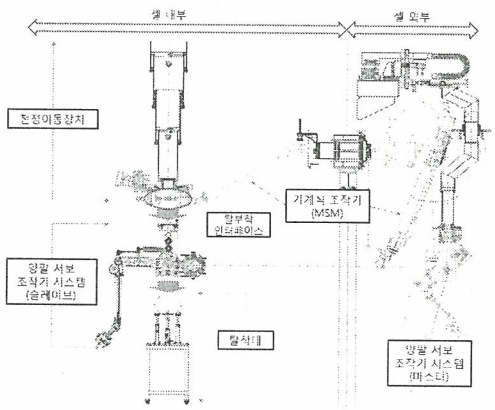

Fig. 1. Overview of Bridge transported Dual arm Servo-Manipulators (BDSM) and MSM System.

양팔 서보조작기는 이러한 천정이동장치를 이용하여 PRIDE 내부 공간을 이동할 수 있으며, 목표지점에 위치한 후에는 양팔 서보조작기의 자체 자유도를 활용하여 작업을 수행한다. 본 시스템의 조작은 PRIDE 셀 외부에 위치한 작업자에 의해 원격으로 이루어진다. 양팔 서보조작기는 계속적인 운전을 거치면서 정기/비정기적인 유지보수 상황이 발생하며, 이때 해당 시스템의 분리 및 교체 역시 원격으로 이루어지게 된다.

2.2 양팔 서보조작기의 원격 분리 실험을 위한 제반 사항 구성

본 연구에서 주목한 작업은 작업자가 원격으로 양팔 서보조작기를 천정이동장치로부터 분리하는 작업이다. 이를 위해서 아래의 사항들을 고려하였다.

2.2.1 원격 분리 작업을 위한 보조 시스템 구성

Fig. 2는 실제 PRIDE의 환경을 모사한 시스템 검증용 목업 내부에 설치된 양팔 서보조작기 및 탈착시스템을 도시하고 있다. 그림에서와 같이 기계식 원격조작기 (MSM), 유압잭 기반 탈착대, 인양장치를 기본 구성으로 한다.

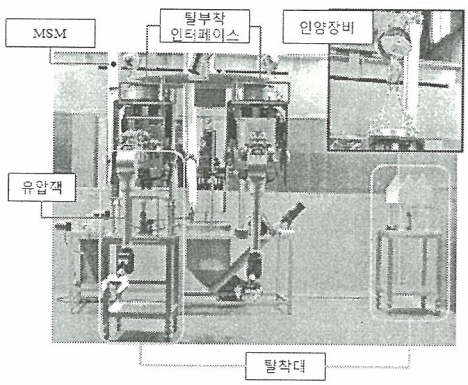

Fig. 2. Mock-up facility and developed tools for the manipulator disassembly.

2.2.2 원격 분리작업 시나리오 구성

전술한 기본 구성요소들을 기반으로 양팔 서보조작기의 원격 분리작업 시나리오를 Fig. 3과 같

이 구성하였다. MSM, 천정이동장치 및 인양기구는 개별적으로 복수의 작업자가 운용하거나, 한 명의 작업자가 각 장치를 순차적으로 조작할 수 있다.

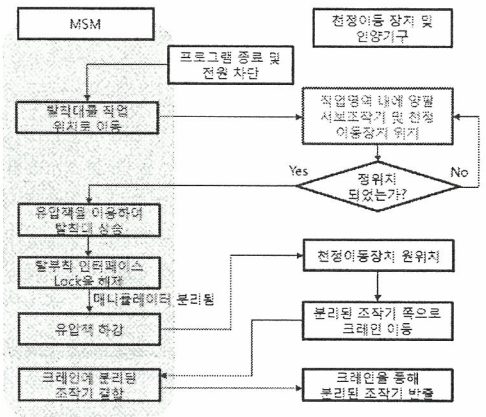

Fig. 3. Designed scenario for the manipulator disassembly based on the MSM and lifting tool.

2.3 원격 분리 실험

Fig. 4는 Fig. 3의 시나리오를 기반으로 시스템 검증용 목업 내부에서 수행된 양팔 서보조작기의 원격 교체작업을 도시하고 있으며, 작업 시나리오에 더하여 MSM 및 BDSM의 유기적인 협업이 요구됨을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

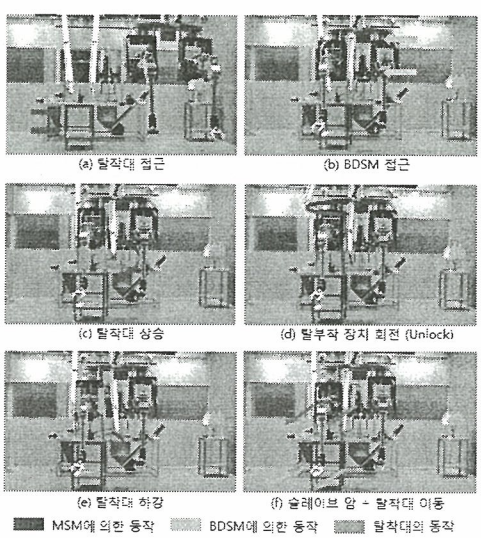

Fig. 4. Experiment of Manipulator Disassembly.

Fig. 5는 전술한 Fig. 4의 원격 분리 실험을 동일조건에서 수행한 3명의 작업자별 소요시간을 주요 작업 구간별로 도시하고 있다. 그림에서와 같이 유압 작키를 MSM으로 직접 상승시키는 '탈착대 상승'과 같은 작업에서의 기구적 개선이 필요함을 확인하였다.

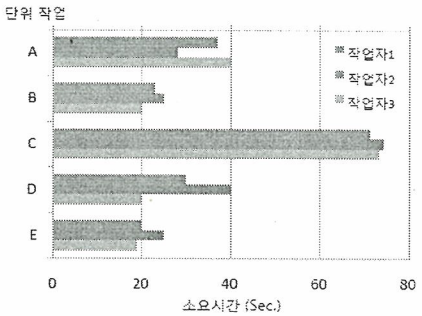

Fig. 5. Elapsed time for each task of manipulator disassembly performed by three subjects.
(A: MSM으로 탈착대 접근, B: BDSM 접근, C: 탈착대 상승, D: 탈부착 장치 회전, E: 탈착대 하강)

3. 결론

본 연구에는 PRIDE용 양팔 서보조작기의 교체작업을 재현함으로써 원격 분리작업 시나리오 및 작업 보조장비의 타당성을 검증하였다. 향후에는 다양한 작업자를 대상으로 동일 작업을 반복 수행하여 단위 작업에 대한 세부적인 난이도 평가를 수행하는 한편, 유지보수 장비 개선 등의 연구를 추가로 진행할 예정이다.

4. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국연구재단의 원자력기술개발사업으로 지원받았습니다.

5. 참고문헌

[1] Mark J. Rennich, Thomas W. Burgess, "Remote handling in the Spallation Neutron Source target facility", Robotics and Remote Systems Special Section of Nuclear News, 2006.

[2] Pete C. Pittman, Jeffrey E. Roybal, Russell E. Durrer, Derek J. Gordon, "Material Handling For the Los Alamos National Laboratory Nuclear Storage Facility", Robotics and Remote System 8th Int. Topical Meeting and exposition, 1999.

[3] 이한수, "파이로 건식 처리 공정 기술 개발", 원자력산업, 91-117, 2009.