

PRIDE 시설 원격 운전/유지보수용 양팔 서보조작기 제작

이종광, 박병석, 윤광호, 이효직, 김기호
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
leejk@kaeri.re.kr

1. 서론

Pyroprocess 기술을 종합적으로 평가하기 위한 공학규모 파이로 일관공정 Cold 연구시설인 PRIDE(PyRoprocess Integrated Inactive DEmonstration) 시설이 개발되고 있다. PRIDE 시설은 argon 분위기의 셀이다. 비록 argon 셀이 방사선 환경의 hot-cell은 아니지만, 작업자의 직접 접근이 불가능하므로 모든 공정 운전 및 장치 유지보수 작업들이 마스터-슬레이브 원격 조작에 의해 수행되어야 한다. 본 연구에서는 PRIDE 시설 공정장치의 원격취급을 위해 개발되고 있는 양팔 마스터-슬레이브 서보조작기 시스템에 대해 소개한다.

2. PRIDE 시설 원격 운전/유지보수용 양팔 서보조작기

그림 1은 PRIDE 시설에서 공정장치의 운전 및 유지보수를 수행할 수 있는 원격취급장치의 구성도를 보이며, 크레인, 벽고정 기계식 조작기, 천정이동 양팔 서보조작기(BDSM: Bridge transported Dual arm Servo Manipulator) 등으로 구성된다. 대부분의 작업들은 차폐창 근처에 설치된 기계식 조작기에 의해 수행된다. 서보조작기는 천정이동장치에 의해 셀 내부의 모든 공간을 접근할 수 있어, 기계식 조작기의 작업 영역을 벗어나는 공간인 공정장치의 후면과 상부면에 대한 작업들을 수행할 수 있다. 개발하고 있는 천정이동형 양팔 서보조작기의 주요 특징은 다음과 같다.

- 슬레이브 조작기는 한 팔당 25 kgf의 하중을 연속적으로 취급할 수 있으며, 마스터 조작기는 5 kgf 까지의 작업력을 조작자에게 전달할 수 있다.
- 일반적인 케이블 구동 조작기는 관절 운동시 케이블이 폴리에 감기는 양이 변화하여 모션 간섭(motion coupling) 발생된다. 개발된 조작기는 그림 2와 같이 모션 간섭량을 이동 폴리를 통해 흡수하는 구조를 갖고 있어, 한 관절의 운동이 타 관절의 운동에 전혀 영향을 미치지 않는다. 이를 통해 예기치 못한 오동작을 줄일 수 있으며, 부품의 내구성을 향상 시킬 수 있다.
- 마스터 조작기는 조작자가 직접 운전하게 되므로 큰 힘을 들이지 않고도 쉽게 움직일 수 있어야 한다. 이를 위해 구동부가 높은 역구동성(backdrivability)을 갖도록 케이블과 기어가 최적의 비율로 혼합된 동력 전달 방식을 선정하였다. 또한 조작기 관절의 무게 불균형은 조작자가 불필요한 힘을 느끼게 하므로 관절이 균형을 갖도록 설계하는 것이 중요하다. 기구적 무게 균형을 이루기 위해 위치에너지 해석 방법을 적용하여, 설계 파라미터들을 결정하였다. 그림 3은 마스터 운전시 특히 중요한 하부팔 피치와 상부팔 롤 운동에 대한 무게 균형이 잘 이루어지고 있음을 보여주고 있다.
- 양팔 서보조작기는 천정이송장치와 인터페이스 장치를 통해 결합되어 있어 한 팔씩 원격으로 분리될 수 있으며, 분리된 곳에는 별도의 툴들을 원격으로 탈부착할 수 있도록 설계되었다. 또한 천정이송장치의 텔레스코픽 튜브를 완전히 접어서 트롤리와 같이 분리하여 유지보수 셀로 이동시킬 수 있도록 개발 중이다.

제작된 마스터-슬레이브 양팔 서보조작기가 시험동에 설치된 모습을 그림 4에 보이며, 현재 기본 운전 테스트가 수행되고 있다.

3. 결론

PRIDE 공정장치의 원격 운전 및 유지보수를 위한 천정이동형 양팔 서보조작기를 개발 중에 있다. 현재 양팔 마스터 및 슬레이브 조작기 기구부를 제작 완료하였으며, 천정이동장치와 통합 제어반을 상세 설계중이다. 금년도에는 전체 시스템에 대한 제작을 완료한 후, 시험 운전을 수행하고 시스템 안정성을 검증할 예정이다.

사 사

본 연구는 교육과학기술부의 원자력중장기연구개발사업(과제번호 : 2009-0062309)의 일환으로 수행되었습니다.

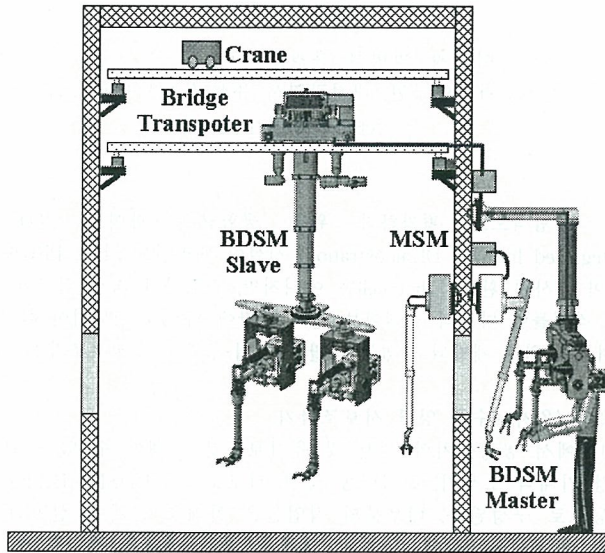


그림 1. PRIDE 시설 원격취급장치 구성도

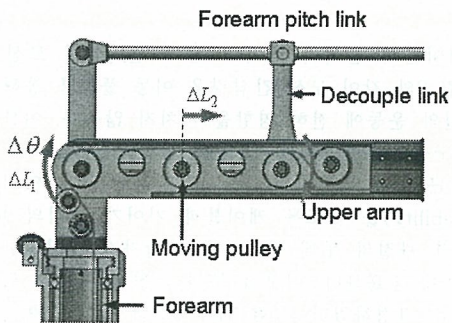


그림 2. 모션 비간섭 케이블 동력전달 구조도

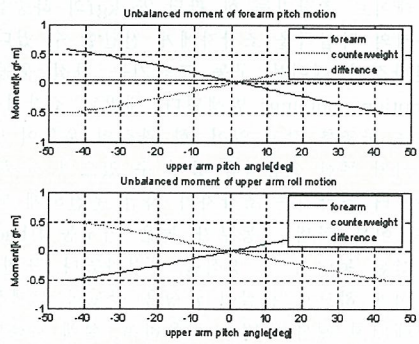


그림 3. 주요 구동부 무게 균형 특성

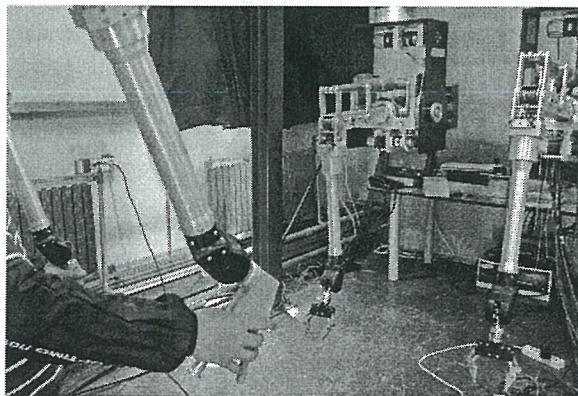


그림 4. 마스터-슬레이브 양팔 서보조작기 모습