

원자력시설 양팔 서보조작기의 천정이동장치 개발 Development of a Bridge Transport System for Dual-Arm Servo-Manipulator in Nuclear Facility

*#박병석, 이효직, 이종광, 유승남, 김기호, 조일제

*#B. S. Park (nbspark@kaeri.re.kr), H. J. Lee, J. K. Lee, S. N. Yu, K. H. Kim, I. J. Cho
한국원자력연구원 핵주기공정개발부

Key words : Bridge Transport System, Dual-Arm Servo-Manipulator, PRIDE, Nuclear Facility

1. 서론

원자력발전소에서 발생하고 있는 사용후핵연료 (Spent Nuclear Fuel)를 어떻게 안전하게 친환경적으로 관리 할 것인가, 또한 고갈되는 우라늄 자원 문제를 어떻게 해결할 것인가가 원자력 이용 국가들의 중요한 해결 과제이다. 이의 대안 중에 하나가 사용후핵연료 건식처리 기술인 파이로프로세싱(Pyroprocessing)이다. 한국원자력연구원은 사용후핵연료 파이로프로세싱 기술을 종합적으로 평가하기 위한 PRIDE (PyRoprocess Integrated inactive DEmonstration facility)을 구축하고 있다. PRIDE의 핵심공정은 아르곤 (Argon) 셀(Cell)에 놓이며, 아르곤 셀로의 공정물질 이송 및 공정장치들의 운전/유지보수를 위해 아르곤 셀에는 각종 셀 장치 및 원격취급 시스템이 구비된다. 본 논문에서는 원격취급 시스템 중 하나인 양팔 서보조작기(Dual-Arm Servo-Manipulator) 시스템의 이동수단인 천정이동장치의 개발 내용에 대해 소개한다.

2. PRIDE 셀 장치 및 원격취급 시스템 개요

그림 1은 PRIDE의 단면도를 보여준다. 2층은 기밀이 유지되는 40.3x4.8x6.4m(LxWxH) 크기의 아르곤 셀로서 아르곤 분위기가 요구되는 공정장치들이 놓이며, 1층은 아르곤 분위기가 요구되지 않는 공정장치들이 놓인다. 그림 1에서 아르곤 셀의 우측 운전지역 전면에는 17개의 투시창이 있으며, 각각의 투시 창 좌우에는 상업용 기계식 마스터-슬레이브 조작기(Mechanical Master-Slave Manipulator, Model : HWM A110, Handling Capacity : 15 kgf) 1조씩이 벽을 관통하여 셀 내부에는 슬레이브 조작기가, 셀 밖에는 마스터 조작기가 설치된다. 아르곤 셀 1단에는 개발한 3차원 천정이동 양팔 슬레이브 서보조작기(Bridge Transported Dual-Arm

Slave Servo-Manipulator, Handling Capacity : 25 kgf)가 설치되고, 셀 밖 운전지역에는 2차원 천정이동 양팔 마스터 서보조작기가 설치된다. 아르곤 셀 2단에는 2.8 톤 용량의 천정이동 크레인이 설치되며, 셀 천정에는 크레인을 유지보수하기 위한 2톤 용량의 hoist가 설치된다. 아르곤 셀 바닥에는 아르곤 분위기를 유지하면서 공정물질 또는 공정장치의 반입/반출이 가능하게 해주는 LTL (Large Transfer Lock) 시스템이 설치된다. 작은 규모(20 kgf 이내)의 물질을 아르곤 셀 내로 반입 또는 셀 밖으로 반출 될 수 있도록 STL (Small Transfer Lock) 시스템도 설치된다. 운전지역 전면 양쪽 끝 쪽에는 간단한 공구 등을 아르곤 셀 내로 투입할 수 있도록 Gravity Tube가 설치된다. 또한, 아르곤 셀 내로 공급되는 각종 전기적인 파워 및 신호들을 위해 Feed-through 시스템이 설치된다.

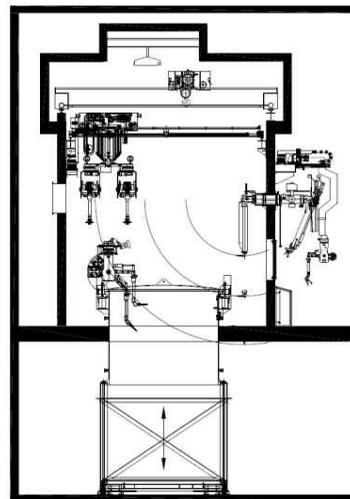


Fig. 1 Section view of the PRIDE

3. 양팔 서보조작기의 천정이동장치 개발

PRIDE 아르곤 셀은 규모가 큰 편이기 때문에 범용 원격취급 시스템인 기계식 마스터-슬레이브 조작기 34조로도 공정장치의 운전 및 유지보수를 성공적으로 수행할 수 없다. 공간적으로 이동이 가능한 천정이동장치에 부착된 조작기는 벽에 고정된 34조의 조작기에 비해 오히려 작업영역이 크다. 따라서 공간적으로 이동이 가능한 천정이동 양팔 서보조작기 (Bridge transported Dual-arm Servo-Manipulator, BDSM) 시스템을 개발하였다. 3차원적으로 이동이 가능한 천정이동장치의 회전판에 부착된 양팔 슬레이브 서보조작기는 아르곤 셀 내에 설치되고, 2차원적으로 이동이 가능한 천정이동장치의 회전판에 부착된 양팔 마스터 서보조작기는 운전지역에 설치된다. 아르곤 셀 내에서 양팔 슬레이브 서보조작기를 3차원적으로 이동시키는 천정이동장치는 크게 거더(X 방향 구동), 트롤리(Y 방향 구동), 텔리스코픽 튜브(Z 방향 구동) 및 회전판으로 구성된다. 텔리스코픽 튜브는 상부 고정단을 포함하여 6단으로 구성된다. 텔리스코픽 튜브 하부에 있는 회전판 양쪽 끝에는 각각 슬레이브 조작기를 부착하고, 중앙에는 공구가 부착되도록 하였으며, 작업시작을 운전자에게 전달할 수 있도록 3개의 카메라를 회전판에 장착하였다. 거더에도 2개의 카메라를 장착하였다. 슬레이브 천정이동장치는 유지보수 대상에 대해 원격 분리 및 접촉이 가능하도록 모듈화 하였다. 거더는 구동 모터부를 제외하면 유지보수 대상이 거의 존재하지 않기 때문에 구동 모터부에 대해 2중화 하였으며, 트롤리 및 텔리스코픽 튜브 구동 모터부도 2중화 하였다. 트롤리에 부착된 텔리스코픽 튜브는 구동 모터부외에도 다른 부위에서 고장 발생 가능성이 존재하기 때문에 수리를 위해 셀 밖 유지보수 셀로의 원격 이동이 가능하도록 회전판이 장착된 텔리스코픽 트롤리 부 전체를 일체형으로 모듈화 하였다. 또한, 거더에 장착된 2개의 카메라 및 회전판에 장착된 3개의 카메라도 고장 발생 가능성이 존재하기 때문에 원격 교체가 가능하도록 개별적으로 모듈화 하였다. 그림 2는 PRIDE 아르곤 셀에 설치한 양팔 슬레이브 서보조작기 천정이동장치의 모습이다. 그림 2 (a)는 텔리스코픽 튜브 이하를 완전히 접었을 때의 모습을 보여주며, 그림 2 (b)는 최대로 펼쳤을 때의 모습을 보여준다. 최대 2,000 mm 까지 접었다 폈다 할 수 있다.



(a) Extraction (b) Extension
Fig. 2 Bridge transporter installed at the PRIDE



Fig. 3 BDSM installed at the PRIDE

4. 결론

사용후핵연료 파이로프로세싱 기술을 종합적으로 평가하기 위한 PRIDE (PyRoProcess Integrated inactive DEMonstration facility)의 원격 운전/유지보수에 활용할 양팔 서보조작기 및 이의 이동수단인 천정이동장치를 개발하였다. 천정이동장치는 유지보수를 고려하여 텔리스코픽 트롤리 시스템, 카메라 등이 모듈화 되었다. 개발한 천정이동 양팔 서보조작기 시스템은 기계식 조작기 및 셀 내 크레인과의 협력 작업을 통해 PRIDE의 원격 운전 및 유지보수에 활용될 예정이다.

후기

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국연구재단의 원자력기술개발사업으로 지원받았습니다.

참고문헌

1. 박병석, 이효직, 이종광, 유승남, 김기호, 김호동, "PRIDE 천정이동 양팔 서보조작기 시스템의 유지보수 방안," 2011 한국방사성폐기물학회 춘계학술발표회 논문요약집, 149-150, 2011.