

모터 출력이 제한된 원격 다관절 이동 로봇의 최적 궤적 계획 Trajectory planning of remotely controlled multi-joint mobile robots with limited motor power

*#이스라엘¹, 이재철², 최유락², 김재희²

*#S. R. E. Lee(lesrael@naver.com)¹, J. C. Lee², Y. R. Choi², J. H. Kim²

¹충남대학교 전자전파정보통신공학과, ²한국원자력연구원

Key words : Multi-joint mobile robots, Trajectory planning

1. 서론

원자력발전소를 비롯한 여러 산업플랜트들은 복잡한 파이프 시스템들이 필수적으로 필요한데, 설비의 사용연수가 경과함에 따라 부식 및 물리적 충격 등에 의해 파손의 위험이 증대되고 있다. 따라서 안전성 및 중요성을 고려하여 Over-haul 기간이나 가동 중에도 반드시 안전성 검사를 수행해야 하는 경우가 많다. 그럼에도 불구하고 검사자의 작업 공간 확보 불가와 배관의 복잡성 및 고위험 지역에 위치하면서 T형 분기배관(T배관) 그리고 작업환경으로 인하여 검사대상 파이프의 일부 특정 구간에 대한 검사만을 수행하는 경우가 많다[1]. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 5 DOF를 가진 다관절 로봇의 설계 및 구성 그리고 최적 궤적에 대하여 제안한다.



Fig 1. Piping system of nuclear power plant

2. 환경 및 다관절 로봇의 구성

원자력발전소는 그림 1과 같이 작업자가 접근하기 어려운 15m 이상의 수직배관 및 T형 분기배관 그리고 밸브나 압력계 등의 센서를 설치하기 위하

여 플랜지가 돌출되어 있다. 이를 이동하기 위해서는 4 DOF를 가져야한다[2]. 하지만 파이프와 파이프 간의 이동이 어려움이 있으며, 케이블 문제를 가진다. 이를 해결하기 위해 그림 2와 같이 5 DOF와 파이프를 잡기 위한 2개의 Gripper를 가지며, 원격으로 제어가 가능한 다관절 로봇을 설계하였다. 그리고 컨트롤은 Zigbee를 이용한 무선 및 RS 485를 이용하여 제어 명령 및 작동 상태를 확인하였다. 다관절 로봇의 특성으로는 다음 표 1과 같다.



Fig 2. Multi-joint mobile robots

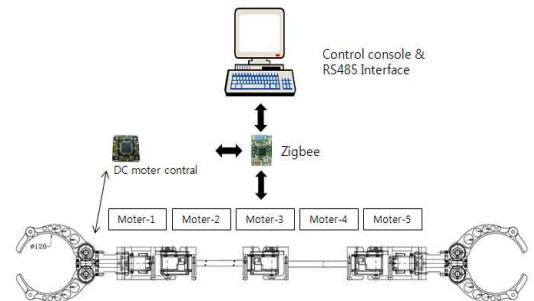
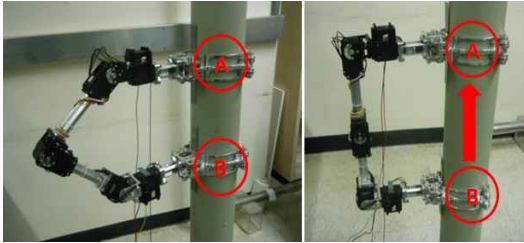


Fig 3. Control realization

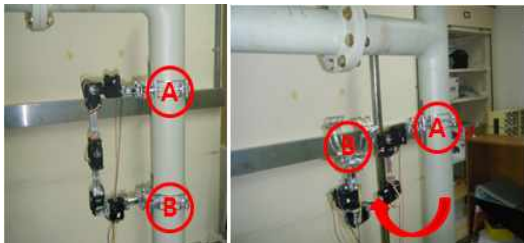
Table 1 ROBOT CHARACTERISTICS

Degrees of Freedom	5
Climbing Procedure	Step by Step
Weight (kg)	2.5
Robot Size (cm)	98 × 15 × 16
Remote control	Zigbee & RS485

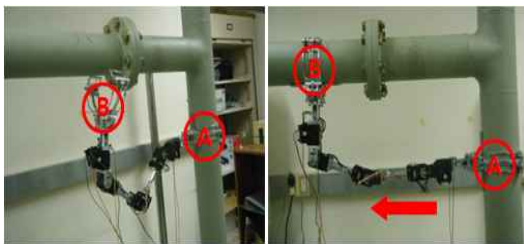
3. 다관절 로봇의 최적 궤적



(a) Climbing vertical pipe



(b) Moving along T branch pipe



(c) Moving over the flange

Fig 4. Snapshots of robot motion.

다관절 로봇의 이동시 서보 모터의 소요 토크

증가로 각 서보 모터에 걸리는 파워가 급격히 떨어지게 된다. 이를 해결하기 위해 각 서보 모터에 걸리는 토크를 최소로 하는 동작이 필요하다. 그러므로 다관절 로봇의 최적 궤적을 구조물 실험을 통해 그림 4와 같이 정의하였다. 그림 4의 (a)는 다관절 로봇이 ①-Gripper를 이동시켜 수직 파이프를 오르는 것을 보여주고 있으며, 그림 4의 (b)는 T자 배관 부분을 다관절 로봇이 ②-Gripper를 들어 이동하는 것을 볼 수 있다. 그리고 그림 4의 (c)는 ①-Gripper를 수평으로 180° 돌려서 파이프 플랜지 부분을 완전히 넘는 것을 보여주고 있다.

4. 결론

본 연구는 배관의 외부 비파괴 검사 및 육안검사를 위한 다관절 로봇으로 수직배관 및 T형 분기배관 그리고 밸브나 압력계 등의 센서를 설치하기 위하여 플랜지가 돌출되어 있는 부분을 이동하여 검사를 수행할 수 있다. 그러나 서보 모터의 출력이 제한되어 있어 임의의 동작이 불가능하다. 본 논문에서는 모터의 소요 토크가 최소가 되도록 다관절 로봇의 모션을 계획하는 방법을 고안하였다. 그리고 실험을 통하여 다관절 로봇의 동작이 완전히 작동되었다. 추후 다관절 로봇의 배터리 문제 및 Gripper 제어 문제를 해결하여 로봇의 자율성을 더욱 높일 수 있을 것이라 본다.

후기

본 연구는 지식경제부 기술혁신 사업의 일환으로 개발되었습니다.

참고문헌

1. 최창환, 박병석, 정현규, 정승호, "중수형 원자로 급수 배관 검사용 자율 주행형 자벌레 로봇", Journal of Institute of Control, Robotics and Systems Vol. 14, No.2, February 2008.
2. Tavakoli, M., Marjovi, A., Marques, L. and de Almeida, A., "3DCLIMBER: A climbing robot for inspection of 3D human made structures " IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Nice, France, Sept. 22-26, 2008