

## 방사선편폐기물 원격감시용 이동로봇 A Mobile Robot for Remote Inspection of Radioactive Waste

서용철, 김창희, 조계완, 최영수, 김승호  
한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150

### Abstract

Tele-operation and remote monitoring techniques are essential and important technologies for the inspection and maintenance of the radioactive waste. A mobile robot has been developed for the application of remote monitoring and inspection of nuclear facilities, where human access is limited because of the high-level radioactive environments. The mobile robot was designed with reconfigurable crawler type of wheels attached on the front and rear side in order to pass through the ditch. The extendable mast, mounted on the mobile robot, can be extended up to 8 m vertically. The robust controller for radiation is designed in focus on electric components to prevent abnormal operation in a highly radioactivated area during reactor operation. This robot system will enhance the reliability of nuclear power facilities, and cope with the unexpected radiation accident.

### 1. 서론

근래에 로봇의 제조기술이 발달하고 각 분야에서 로봇의 필요성이 확대됨에 따라 방사능 지역과 같은 위험한 환경에서의 작업, 우주공간이나 심해에서의 작업로봇 등의 다양한 방면으로 이러한 로봇의 개발이 시도되고 있다. 이러한 지역에서의 로봇의 필요성에 비해 실제의 활용도가 낮은 것은 방사선의 노출, 고온, 장소의 협소함 등으로 인하여 로봇의 작업환경으로 어려움이 많기 때문이며, 또한 로봇을 작업장소까지 도달할 수 있게 하는 방법이 로봇의 활용에 큰 장애가 되었다. 인간이 접근하기 어려운 이와 같은 지역에 접근하여 감시점검 작업을 수행하기 위하여 이동로봇을 개발하였다. 개발된 로봇은 평지뿐만 아니라 도랑이나 장애물의 통과가 가능하며 고방사능 환경 내에서 견딜 수 있도록 내방사화하였다.

### 2. 로봇 시스템의 구성

방사선편폐기물 저장소 및 원자력발전소 시설과 같은 제한된 작업환경을 가진 장소에서 안정적으로 이동 가능하고, 작업 목적을 원활히 수행하기 위하여 크로러 암을 갖는 차륜구조의 이동 메카니즘을 설계하였다. 구동 휠의 중심거리는 40 cm 인 바퀴의 크기를 고려하여 48 cm로 설계하였으며 크로러 암의 길이는 폭 0.8 m의 도랑을 통과하기 위하여 54 cm로 설계하였다. 신축 마스트는 최종단에 점검장치인 카메라 팬/틸트(pan/tilt)를 탑재하고 일정한 높이까지 이동시키면서 주변의 시설들을 점검할 때에 점검장치를 요구하는 높이에 도달하기 위한 장치이다. 이동부에 탑재되어 감시 점검작업을 수행하는 카메라 장치를 상하 이동시키는 마스트는 최대 8 m 높이까지 이송시킬 수 있으며 작업현장까지의 접근이 용이하도록 하기 위하여 나선 홈을 이용한 다단 마스트 구조를 설계하였다. 설계된 신축형

마스트는 16 개의 링크로 구성되며 링크 하나의 높이는 0.55 m 로서 마스트의 최저 높이는 1.2 m 이고 최대 높이는 8 m 이다. 경량화를 위하여 탄소섬유 복합재료를 사용하여 마스트 전체의 무게는 29kg 이다. 신축마스트의 끝단에 장착된 점점 카메라는 일반 CCD 카메라를 사용하였다. 내방사선 카메라의 전체 길이와 중량이 마스트 끝단에 탑재하기 부적절하며, 카메라가 파손되었을 때에는 즉시 교체하여 점점임무를 수행하게 되므로 내방사선 카메라를 사용하는 것보다 경제적이어서 일반 카메라를 사용하였다.

### 3. 내방사선 제어기

로봇 내에 탑재되는 원격제어부는 제어시스템으로 관리제어부의 명령에 따라 이동부, 신축암, 팬/틸트의 서보모터 제어, 릴레이 구동 및 디지털 입출력, 방사선 센서 데이터 처리 등의 기능을 담당한다. 본 연구에서 이와 같은 기능을 담당하는 원격제어부의 프로세서 선정에 매우 어려움이 있었다. 프로세서의 내방사선화는 펜티엄 프로세서까지 가능한 상태이나 주로 우주 응용에 사용되는 것으로 가격이 매우 비싸고, 특히 금수 품목이라서 미국에서 수출을 금하고 있다. 따라서 현재 미국 국무성의 허가하에 유일하게 구입 가능한 제품이 UPMC 사에서 INTEL 8051을 내방사선화한 5962H563801QQX를 사용하였다. 원격제어부에 사용된 전자소자들 중 저항, 콘덴서 등의 수동소자들은 대부분이 1 Mrad 의 방사선 환경내에서 사용할 수 있다. 또한 다이오드, A/D 변환 IC, OP Amp, 멀티플렉서와 같은 소자는 1 MRad 누적방사선량에서 동작 가능한 Mil Spec. 전자소자를 사용하였다. 로봇이 작업도중 예기치 못한 오류로 인하여 비정상적으로 동작할 경우 제어반에서 작업자의 스위치 조작에 의하여 로봇에 탑재된 릴레이 회로를 직접 구동하여 로봇을 동작시킬 수 있도록 하였다.

이동로봇의 관리제어부는 싱글보드 컴퓨터를 사용하여 구성하였으며 운영체제는 사용자에게 익숙한 MS 윈도우를 사용하였다. 개발된 관리제어부는 현장적용을 고려하여 경량화 및 이동이 편리하도록 하였다. 이동 로봇을 운전하기 위한 프로그램은 정상운전 조작부의 스위치나 조이스틱 변화값을 취득하여 로봇의 운전값으로 연산하고, 연산 결과를 시리얼 통신포트를 통해 로봇으로 전송하는 루틴으로 구성된다. 모든 프로그램은 Labwindow/cvi 5.0을 사용하여 개발하였다.

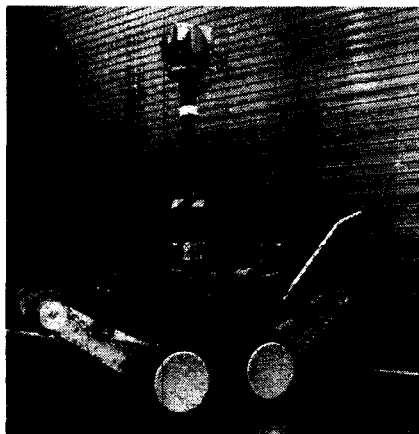


그림 1. 제작된 이동로봇 외관



그림 2. 관리제어부

### 4. 결 론

본 논문에서는 방사능으로 인하여 인간이 접근하기 어려운 환경에 투입되어 감시점검 작업을 수행하기 위하여 개발된 이동로봇에 대하여 기술하였다. 다양한 이동환경에 대처할 수 있도록 크로라 암

이 이동시스템 전후면에 부착된 4륜 구동 바퀴 이동방식을 채택하여 기구부를 제작하였으며 지상의 높은 곳에 대한 관측을 용이하도록 하기 위하여 최대 8 m까지 가변신축이 가능한 다단 신축형 마스트를 개발하여 탑재하였다. 또한 고방사선 지역에서 작동하는 제어부는 안전성의 향상을 위하여 다양성을 도입하고 고방사선에서 작업이 가능하도록 내방사화 하여 설계하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력연구 개발사업의 일환으로 수행되었습니다.