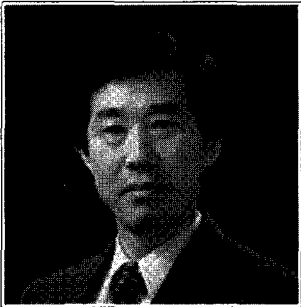


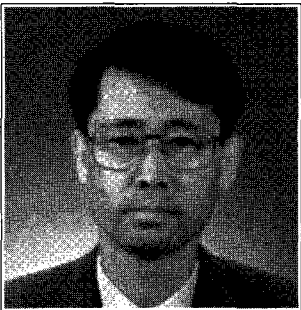
원자력발전소 감시 및 점검용 로봇

개발 경위와 활용 전망



이 중 민

한국원자력연구소 기반연구그룹장
로봇기반기술개발과제 책임자



김 승 호

한국원자력연구소
원전용로봇시스템개발과제
책임자

한국원자력연구소의 로봇개발팀에서는 중장기 연구 개발 과제가 이루어지기 이전인 87년부터 원자력 기초/기반 기술 연구 분야로서 원격 조작 기술, 고기능 로봇 기술 등을 기본 과제 형태로 자체 추진하여 핵심 요소 기술을 구축하였으며, 92년부터는 원자력 중장기 연구 개발 과제와 연계하여 인간의 접근이 제한된 고방사선 지역에서의 감시 및 점검 작업 로봇 분야를 집중 연구 개발하기 시작하였다.

개발 대상인 원격 제어 로봇 시스템은 원자력발전소에서의 점검 및 감시 작업을 원격/무인/자동화하여, 사람이 접근하기 어려운 고방사선 환경하에서의 감시·점검·유지 및 보수 작업을 함으로써 작업의 안전성 및 신뢰성을 향상시키고 또한 작업의 효율을 극대화시킬 수 있다.

특히 사람을 대신한 로봇 활용은 극한 작업을 원격 무인화할 수 있기 때문에 ALARA 개념에 의한 관련 종사자의 방사선 피폭을 보다 낮출 수 있을 것으로 전망된다.

우 리 나라의 전력 공급은 이제 양과 질적인 면에서 세계적인 규모로 성장하여 막대하게 투자된 원전 설비의 효율적인 운영이 시급히 요청되고 있다.

또한 세계 경제 및 사회 환경이 숨가쁘게 변화하는 속에서 94년의 기후 변화협약, 95년에 출범된 WTO 체제, 그리고 96년으로 예정된 OECD 가입 등으로 우리 나라도 선진국과 대등한 관계에서 동일한 규제를 받으면서 무한 경쟁을 해야 하는 처지에 놓여 있다.

시대적인 변화에 능동적으로 대처하고 원자력 산업 분야의 획기적인 기술 발전 및 도약의 전환점을 마련하기 위하여, 정부에서는 92년을 '첨단 기술 구축'의 원년으로 설정하여 「원자력 연구 개발 중장기 계획」을 의욕적으로 추진하기에 이르렀다.

이와 같이 범국가적으로 추진중인 원자력 중장기 연구 계획은 미래 지향적인 기술 혁신 연구 부분과 현장 적용을 목표로 하고 있는 실용화 기술 개발 부분으로 크게 나누어져 있다.

78년 4월 29일 고리에서 58.7만

kW급 가압 경수형 원자력발전소가 국내 최초로 상업 발전을 개시한 이래, 현재 11기가 가동중에 있고 2002년 6월까지 8기가 건설 및 계획중에 있으며, 또한 2040년까지는 40여기를 추가적으로 건설할 계획이다.

원전용 로봇 개발 경위

원자력발전소의 운전 기간이 늘어감에 따라 안전성 관련 기기들의 방사화 정도가 더욱 심화되고 동시에 노후화에 따른 유지 보수 작업의 빈도도 더욱 높아지게 되었다.

따라서 작업자의 안전성 및 피폭선량 저감화 차원에서 고방사선 지역에서의 점검 보수 로봇 시스템 활용이 시급히 요구되고 있다.

특히 원자력발전소의 원자로 냉각재 계통 내의 이상 상태를 조기에 발견하기 위해서는 원전 무인 감시 및 점검용 로봇의 개발이 시급하다.

이에 따라 한국원자력연구소의 로봇개발팀에서는 중장기 연구 개발 과제가 이루어지기 이전인 87년부터 원자력 기초/기반 기술 연구 분야로서 원격 조작 기술, 고지능 로봇 기술 등을 기본 과제 형태로 자체 추진하여 핵심 요소 기술을 구축하였으며, 92년부터는 원자력 중장기 연구 개발 과제와 연계하여 인간의 접근이 제한된 고방사선 지역에서의 감시 및 점검 작업 로봇 분야를 집중 연구 개발하기 시작하였다.

개발 대상인 원격 제어 로봇 시스템은 원자력발전소에서의 점검 및 감시 작업을 원격/무인/자동화하여, 사람이 접근하기 어려운 고방사선 환경에서의 감시·점검·유지 및 보수 작업을 함으로써 작업의 안전성 및 신뢰성을 향상시키고 또한 작업의 효율을 극대화시킬 수 있다.

특히 사람을 대신한 로봇 활용은 극한 작업을 원격 무인화할 수 있기 때문에 ALARA 개념에 의한 관련 종사자의 방사선 피폭을 보다 낮출 수 있을 것으로 전망된다.

세계의 원전용 로봇 개발 현황

미국의 맨해튼 프로젝트에서 원격 조작기가 선보임으로써 로봇 기술이 원자력 산업 분야에서 최초로 적용되기 시작하였다.

ANL의 Ray Goertz는 이 분야의 선도적인 로봇 기술자로서 매우 진취적이고도 의욕적으로 과제를 추진하였으나, 에너지부와 원자력규제위원회의 이해 부족과 당시의 낙후된 기계 및 반도체 기술로 인하여 로봇의 개발이 중단되었다.

그러나 TMI 사고 이후 사후 처리용으로 로봇 개발이 다시 시작되었으며, CMU의 RRV, RWV를 필두로 원자력 선진국들에서는 비상 대응용 이동 로봇이 활발하게 연구 개발되었다.

특히 독일의 MF-2·3·4 등은 체

르노빌 사고시 현장에 투입되었다.

미국 전력연구원에서 개발한 Surveyor와 Remotec사의 Surbot을 이용하여 비상 대응을 위한 실증 시험과 현장 적용에 대한 시도가 이루어졌으며, Consolidated Edison사에서도 ANDROS를 Indian Point-2 원자력 발전소에 적용 시험하였다.

최근 전자/기계 공학의 급속한 발달에 힘입어, 비상 대응용이 아닌 정상 가동중에도 인간을 대신하여 주요 시설을 점검하고 간단한 보수 작업을 수행할 수도 있는 이동 로봇 개발에 관심이 집중되고 있다.

이에 따라 프랑스의 프라마툼사에서는 증기발생기의 유지 보수 작업 적용을 위하여 ARAMIS를 개발하였다.

미국에서는 Brand사가 다목적 제어 입출력 시스템, 로봇 동력 구동 원치, 원격 제어 카메라 및 유압 구동 로봇과 지지대로 구성된 ROMA 로봇 시스템을, 웨스팅하우스사가 ROSA III 로봇 시스템을 각각 개발하여 현장에 적용중이다.

원자력 선진국에서는 원자력 시설 작업 종사자의 작업 기피 현상 증가에 적극적으로 대처하고 작업자의 방사선 피폭선량을 저감화하기 위한 로봇 기술 확보를 위하여 지속적인 연구 개발을 국가 주도 및 산업체 주도로 수행중에 있다.

선진국에서 개발되고 있는 로봇은 96년 현재 약 200여 종이며, 특히 일본의 경우 실용화를 목표로 개발중인

〈표 1〉 감시 점검 및 유지 보수 로봇의 적용 분야

구 분	적 용 분 야
유지 보수	<ul style="list-style-type: none"> • 콘크리트 표면 청소 및 슬러지 제거 • 필터 제거 및 교체 • 장비 운송, 방사성 물질 처리 및 운송 • 용접 및 절단 • 오염 물질의 진공 이용 제거 • 격납 건물의 표면 청소 • 원자로 내부 이물질 제거 • 표면 재염
감시 점검	<ul style="list-style-type: none"> • 방사선 · 온도 · 습도 · 먼지 감시 • 불트 체결/풀음, 밸브 개폐 상태 감시 점검 • 초음파 검사 및 카메라 무인 감시 • 배관의 내면 및 외면 육안 검사 • 물속에 위치한 부품 및 기기 검사

로봇이 50여 종에 달하고 있다.

원자력 산업용 감시 점검 및 유지 보수 분야 로봇의 적용 분야는 〈표 1〉과 같다.

현재 국내에서는 산업용 로봇 개발에 관한 연구를 기업을 중심으로 활발히 추진하여 왔으나, 극한 작업용 로봇에 대한 연구는 한국과학기술원을 비롯한 일부 대학에서 학술적인 차원에서의 기초 연구로서 수행되었을 뿐 본격적인 개발은 아직 시도된 바 없다.

그리고 한국과학기술연구원은 인간과 유사한 오감과 지능을 가지고 이동하며 작업하는 자율형 휴먼 로봇을 2010년대에 실용화할 목표로 개발중에 있으며, 한국기계연구원에서는 해저 탐사용 로봇을 연구중에 있다.

한편, 한국원자력연구소에서는 고간 자체 축적된 핵심 기술과 학·연·

산 등 국내 타 기관에서 축적된 기술들을 종합 활용하여 원자력용 감시 점검 로봇을 개발해 오고 있다.

다음은 한국원자력연구소에서 연구 개발중에 있는 감시 점검용 로봇에 대하여 로봇 비전을 포함한 다양한 센서로 이루어진 감시 점검부와 이를 탑재하여 이동 감시 점검할 수 있는 이동부를 중심으로 하여 개발 현황 및 기술적 사항을 서술하고자 한다.

KAERI의 로봇 개발 현황

1. 개 요

한국원자력연구소에서는 87년부터 89년까지 원자력발전소 고방사선 지역에서의 현장 적용을 위한 로봇 기술 현황 분석을 수행한 후, 로봇 제어 시스템의 핵심 기술인 멀티 프로세서 실시간 로봇 제어기 등의 개발을 완료하였다.

로봇 핵심 기반 기술 구축을 바탕으로 하여 90년부터 92년까지는 이동부·조작기부·제어 및 센싱부가 통합된 이동형 감시 점검 로봇인 KAEROT을 개발하였다.

92년 9월부터는 원자력 연구 개발 중장기 과제로서 「원자력 산업용 첨단 로봇 기술 개발」을 중점 사업으로 추진하고 있다.

이에 따라 기개발된 점검 감시 로봇의 적용 대상과 범위를 확대하기 위하여 KAEROT의 기능 다양화, 실용화, 신뢰성 향상을 연구 목표로 설정한 후 계속적인 연구를 수행함으로써 KAEROT/m-1의 개발에 박차를 가하고 있다.

2. 감시 점검부

가. 입체 영상 관측 장치

고방사선의 원자력 시설은 작업자의 접근이 어려운 특수 환경으로서, 이러한 환경에서의 로봇 원격 제어를 원활하게 하기 위해서는 작업자에게 원격지의 상황을 실감나게 전달하는 '현장감 제공'이 필수적이다.

사람의 오감 중에서 시각 정보는 전체 감각 정보의 70% 이상을 차지하기 때문에 원격지의 상황을 작업자에게 전달하기 위한 가장 효율적인 방법이다.

특히 사람의 눈과 같은 기능을 갖는 스테레오 카메라를 이용한 입체 영상을 이용하면 작업자에게 원격지의 상황을 현장감 있게 전달하여 작업 효율을 극대화시킬 수 있다.

입체 영상은 사람의 두 눈으로 사물을 보는 원리와 같이 두 대의 카메라를 이용하여 획득되며, 기존의 평면 영상과는 달리 관측 사물에 대한 심도 정보, 즉 원근 거리 정보를 포함하고 있다.

이러한 입체 영상을 이용하면, 보다 실영상에 가까운 영상 정보를 작업자

에게 제공하게 되고, 이를 이용하는 작업자는 2차원의 평면 영상을 이용할 때보다 30% 이상의 원격 작업 효율을 향상시킬 수 있다.

따라서 입체 영상은 고도의 안전성 및 신뢰성이 확보되어야 하고, 작업자의 방사선 피폭량 저감이 최우선적으로 고려되어야 하는 원자력 분야 각종 작업의 원격화에 사용되어 작업 효율을 극대화시켜 줄 것이다.

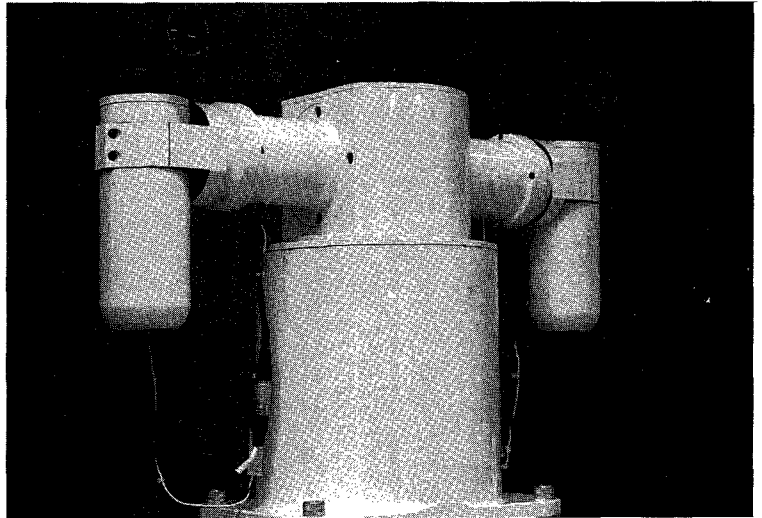
본 개발팀에서는 편광 방식 디스플레이 및 수평식 입체 영상 카메라를 개발하여 감시 점검 로봇 시각 장치로 사용하고 있다.

〈사진 1〉과 〈사진 2〉는 입체 영상 장치의 영상 획득부와 입체 영상 디스플레이부를 보여준다.

기개발된 편광 방식 입체 영상 모니터는 고화질과 함께 떨림 현상 없이 입체 영상을 재생할 수 있어, 다른 방식의 디스플레이 방식에 비해 우수한 성능을 가지고 있지만, 특수 안경을 착용하여야 하는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 개발팀에서는 이러한 단점을 없애기 위해 특수 안경 착용 없이 입체 영상을 관측할 수 있는 자동 입체 TV 모니터를 개발중에 있다.

〈그림 1〉은 이동 로봇에 탑재된 카메라를 이용하여 로봇을 'S' 및 'T' 코스를 따라 원격 주행할 때, 일반적인 2차원 영상을 이용하는 경우와 입체 영상을 이용하는 경우의 로봇 원격 주행 조작성을 비교 실험한 것으로서, 입체 영상을 이용하여 이동 로



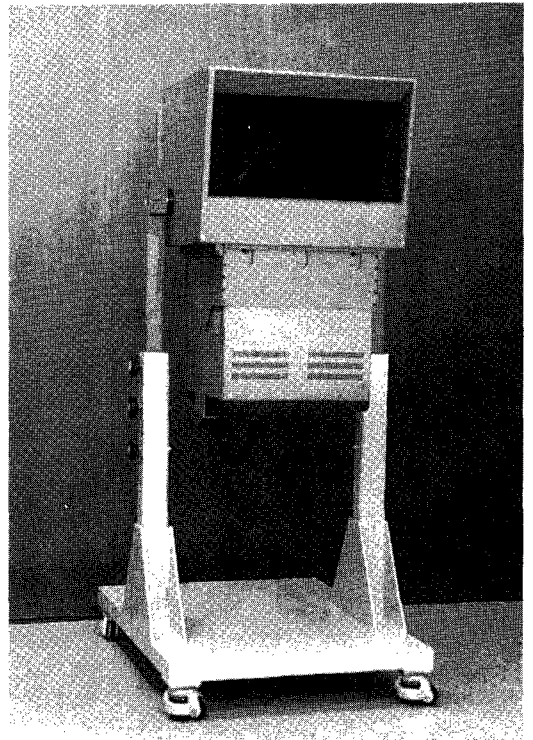
(사진 1) 입체 영상 카메라(94년도 개발 완료)

봇을 원격 주행 제어하는 경우가 30% 정도 조작성이 우수함을 나타내 주고 있다.

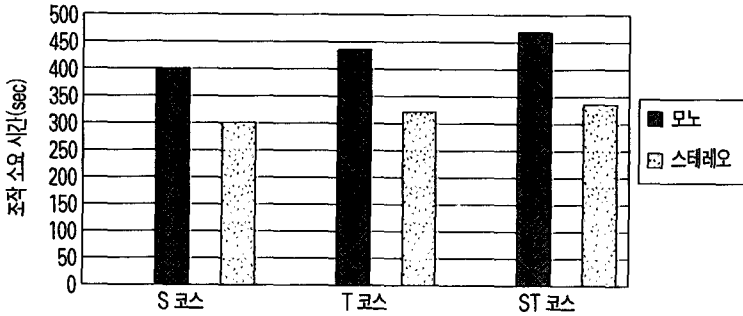
나. 열영상 관측 장치

열영상 센서는 전자파 스펙트럼에서 가시광 영역 외부에 존재하는 적외선 영역의 파장을 감지하기 때문에 사람의 눈으로는 관측이 불가능한 관측체의 온도 및 온도 분포를 측정할 수 있다.

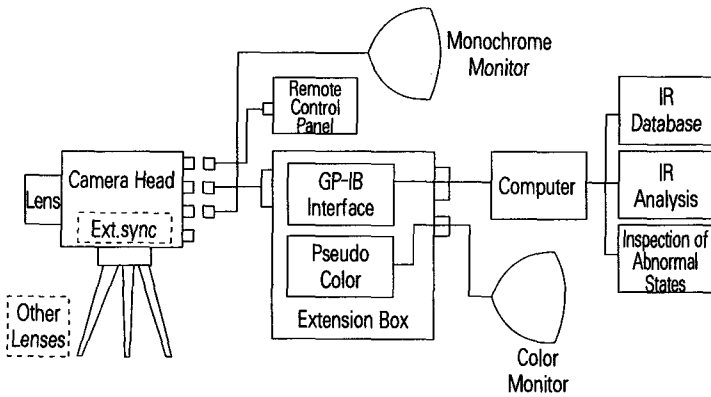
일반적으로 적외선 영역은 0.75μm



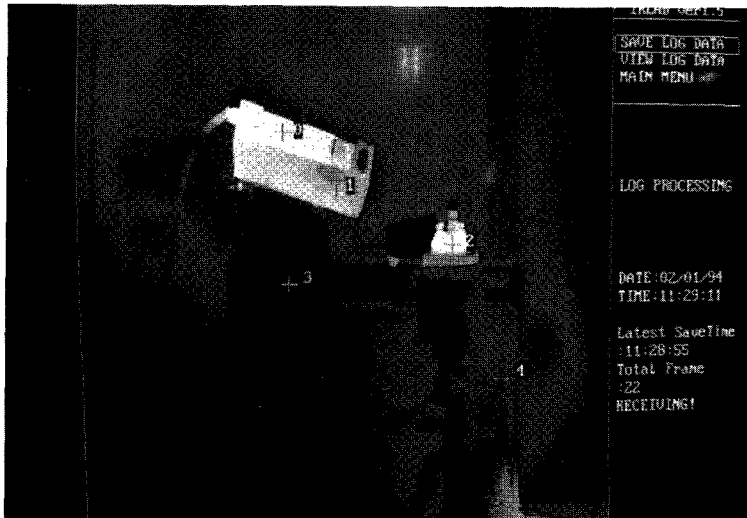
(사진 2) 편광 방식 입체 영상 시스템(95년도 개발 완료)



(그림 1) 이동 로봇의 원격 조작성 평가



(그림 2) 열영상 센서 모듈의 구성도(94년도 개발 완료)



(사진 3) 열영상 센서 모듈에 의해 획득된 열영상

에서 1mm 사이의 파장을 가지는 전 자파를 말한다.

절대 온도 0°K 이상의 모든 물체는 적외선 센서를 이용하면 물체를 관측 함에 있어 가시 광선 영역에서 얻기 어려운 유용한 정보를 얻을 수 있다.

사람의 눈으로 관측하기 힘든 적외 선 영역의 파장을 영상 정보로 변환하 여 관측을 용이하게 하고, 접촉식으로 측정하는 온도 계측기와 달리 비접촉 식으로 관측 영역 전체의 온도 분포를 관측할 수 있기 때문에 감시 시스템의 관측 범위를 넓힐 수 있다.

로봇에 탑재된 열영상 관측 장치는 물체의 응력 분석, 전기 선로 및 전기 애자의 상태 이상 유무 확인, 물체의 균열 및 내부 결함 감지, 암실의 물체 식별, 각종 배관의 누수 상태 점검 등 일반적인 감시·점검에 사용되는 가시광 영역의 영상 관측에서 확인할 수 없었던 사항들에 대해서도 다양한 감시·점검 작업을 원하는 장소로 이동 하며 수행할 수 있게 한다.

(그림 2)는 기계발전 열영상 센서 모듈의 구성도이며, (사진 3)은 열영 상 센서 모듈로부터 획득된 열영상을 보여준다.

다. 방사선 분포 측정 장치

원자력발전소용 감시 점검 로봇의 필수 센서 모듈로서는 방사선 분포 측정 장치가 있다.

이동 로봇에 탑재되어 있는 방사선 준위 분포 측정 센서 모듈은 원하는 장소의 방사선 준위 분포를 측정하고,

이를 2차원 영상화할 수 있어 작업자에게 방사선 피폭에 대한 부담을 줄여 주고, 방사선 준위 분포를 쉽게 감지할 수 있게 한다.

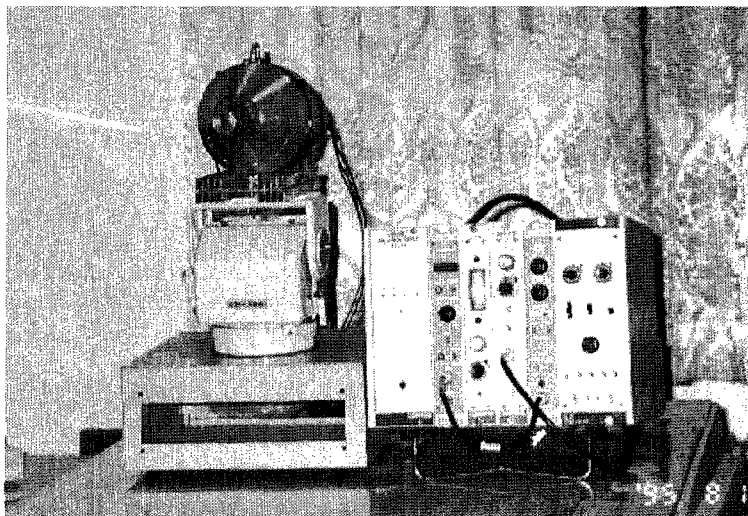
원자력 산업, 의료 분야, 비파괴 검사 분야, 방사선 관련 산업 분야 등의 수요 증대에 따라 방사선에 대한 선량 평가 및 방사선 방어의 중요성이 날로 증가하고 있다.

특히 원자력 발전의 경우 보다 안전하고 효율적인 원전 운영을 위해서는 주요 시설의 점검 및 보수 작업이 이루어져야 하며, 이러한 작업들의 대부분은 작업자들이 방사선에 노출된 상태에서 수행되기 때문에 방사선 피폭에 대한 안전성이 고려되어야 한다.

그러나 기존의 방사선 준위 측정 방법은 기술자가 장비를 들고 다니면서 각 지점마다 방사선 준위를 측정하는데, 이 방법은 각 위치에 대한 방사선 준위의 정확한 매핑(mapping)이 현실적으로 어렵고 작업자의 방사선 피폭 가능성을 높여준다.

무인 원격 방사선 준위 분포 모니터링 시스템은 로봇을 이용함으로써 작업자에게 방사선 피폭에 대한 부담을 줄여주고, 센서로부터 감지된 신호를 2차원의 영상 형태로 나타냄으로써 방사선 준위 분포를 쉽게 감지할 수 있다.

KAEROT에 탑재되는 방사선 준위 분포 관측 장치는 (사진 4)와 같이 collimator, 감지 센서부, scanner, 방사선 신호 처리기, 제어용 인터페이



(사진 4) 방사선 준위 분포 관측 장치의 구성도(93년도 개발, 현재 성능 보완중)

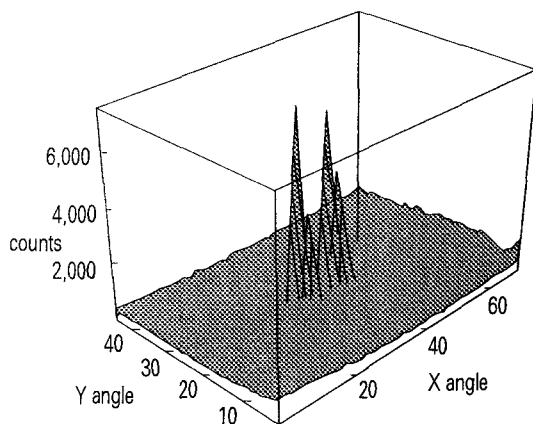
스부 및 소프트웨어로 구성된다.

각 부분은 로봇 탑재를 위하여 소형화 및 소비 전력의 최소화를 고려하여 설계되어 있다.

(그림 3)은 두 개의 방사선원에 대한 3차원 방사선 분포로서, 감지된 방사선 신호를 손쉽게 감지하기 위해 방사선 준위 정보는 영상화되어 실영상과 방사선 분포가 2차원 영상 형태로 매핑된 결과를 나타낸다.

라. 가상 환경 원격 조작 장치

원격지에서 감시 점검 로봇을 자유자재로 조작하기 위해서는, 조작자가



(그림 3) 두 개의 방사선원에 대한 방사선 분포 측정

로봇에 탑승하고 작업 현장에 직접 투입되어 작업하는 것과 같은 현장감을 갖도록 하는 것이 중요하다.

이를 위해서는 인간의 오감을 인지하고, 작업 현장을 현실감 있게 묘사하는 가상 현실 개념에 입각한 로봇 제어 기술이 필요하다.

본 로봇개발팀에서는 현장감 확보를 위해 입체 영상 장치와 작업 현장의 컴퓨터 그래픽 모델링 환경을 기반으로 하는 시각 장치, 작업 현장의 음

원의 위치를 입체적으로 확인할 수 있는 입체 청각 장치, 힘 반향 조이스틱 등 각종 감지기를 이용하는 촉각 장치, 열영상, 방사선 영상 등 각종 센싱

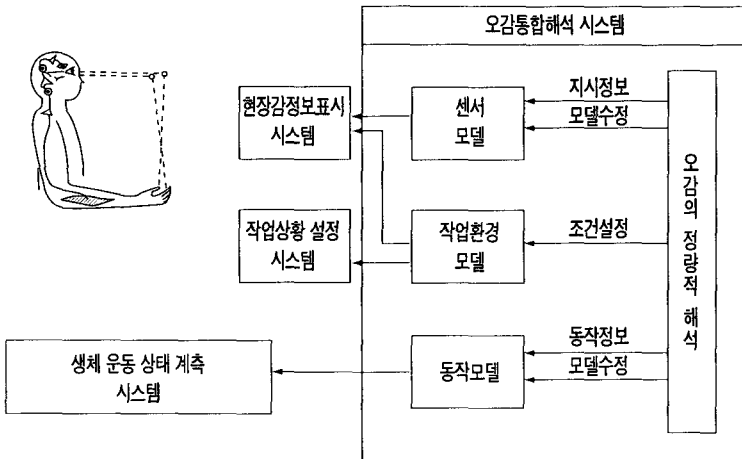
기능을 통합하는 다중 센싱 장치를 이용하여 로봇을 원격 제어하고 있다. <그림 4>는 가상 현실 원격 조작 개념도를 나타낸다.

이러한 가상 환경 원격 조작 기능에는 실시간 그래픽 환경하에서의 로봇 제어 뿐만 아니라 시뮬레이터 기능이 포함되어 있어 로봇의 실제 현장 사용에 앞서 여러 가지 발생할 문제점들을 사전에 점검할 수 있다.

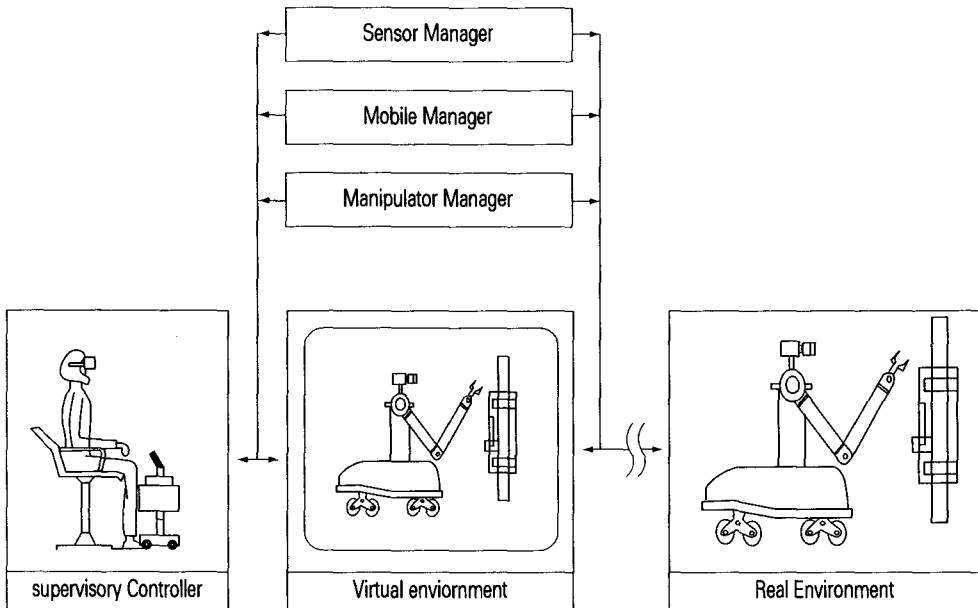
이러한 시뮬레이터 기능은 로봇 조작의 안전성 및 신뢰성을 향상시켜 준다.

3. 이동부

원자력 시설 내 주요 기기 사이를 자유롭게 이동하며 감시 점검 및 유지 보수 작업을 수행하기 위해서는 이동



(그림 4) 가상 현실 원격 조작 개념도



(그림 5) 원자력발전소 감시 점검 로봇의 구성도

기능을 갖는 로봇의 개발이 필수적이다.

원자력발전소 내의 구조는 좁고 복잡하며 계단 등의 장애물이 존재하기 때문에 로봇 이동 장치는 이러한 특수 시설에서 자유롭게 움직일 수 있도록 고려되어야 한다.

현재 개발중인 원자력발전소 감시 점검용 로봇 시스템은 <그림 5>의 구성도에서와 같이 각종 센서를 탑재한 이동형 로봇 형태이며, 원격지의 작업자에 의해 원격 조작으로 제어된다.

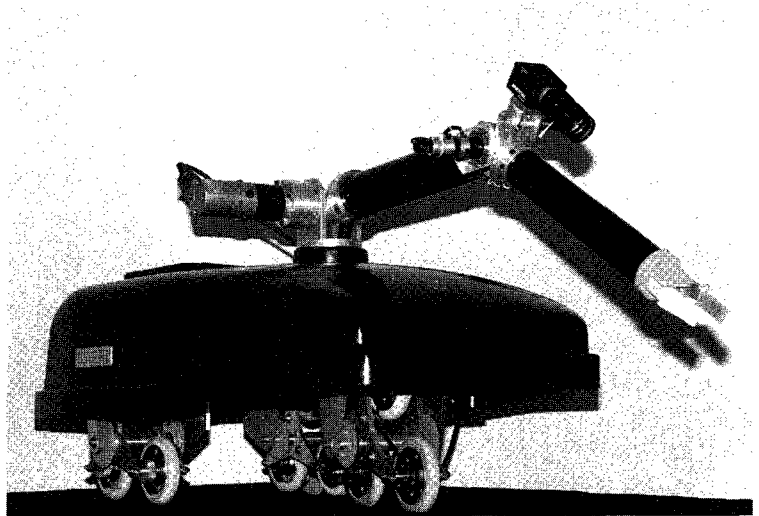
이동형 로봇에는 작업 현장을 작업자에게 생생하게 전달하기 위해 입체 영상 및 그래픽 시뮬레이터 기능을 포함하는 가상 현실 원격 제어 기능을 갖추고 있으며, 센서 모듈로 열영상 관측 장치 및 방사선 준위 분포 측정 장치가 탑재되도록 설계되어 있다.

<사진 5>는 자체 개발한 이동 로봇인 KAEROT의 초기 모델 모습으로서, 계단 승월이 가능하도록 유성 차륜 형태의 3륜식 특수 바퀴를 사용하였다.

<사진 6>은 KAEROT의 성능을 보 완시킨 KAEROT/m-1으로서, 평지에서 전방향 주행 기능을 갖도록 한 4륜식 이동 로봇 시스템이다.

KAEROT/m-1의 FRP 재질로 몸체를 구성함으로써 경량화시켰으며, 사용후의 제염 처리를 위해 방수가 가능하도록 설계되어 있다.

<표 2>는 KAEROT/m-1 이동 로봇의 주요 기능을 보여준다.



(사진 5) 이동형 로봇 KAEROT(94년도 개발 완료)

환경 감시 및 감시 대상물의 이상 상태의 점검 및 판단에 활용될 센싱부로서 CCD 카메라 및 관련 센싱 모듈들을 탑재한 이동형 로봇은 중수로형 원자력발전소의 칼란드리아 전면부 압력관 육안 검사, 지발성 중성자 시료 채취, 배관 누수 및 부식 검사, 기체 및 액체 누수 감시 점검 등의 작업에 활용될 수 있다.

이 로봇에 탑재되어 있는 각종 센서 모듈을 통해 측정된



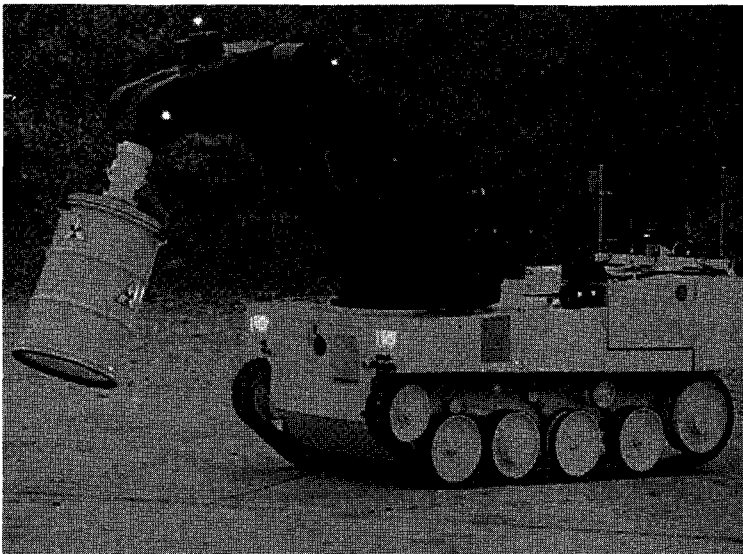
(사진 6) KAEROT/m-1(96년 개발 및 성능 보완중)

정보들은 원격지 제어실에 전달되어 실시간 정보 분석을 통해 원전 안전성 관련 기기의 이상 동작을 진단하게 된다.

또한 방사능으로 오염된 지역이나, 오염 가능성이 있는 지역에 투입하여 구역 방사선원을 측정 및 분석하여 방사능 오염 예상 지역의 방사선원 분포도를 작성하여 효과적인 제염 작업을 할 수 있게 한다.

(표 2) 이동 장치의 주요기능

구 분	설 계 기 준
평지주행용	• 경사도 45도, 높이 250mm의 계단 승월
	• 225mm 높이의 장애물 통과
	• 45도 경사진 지면 주행
	• 250mm 폭의 홈 통과
	• 740mm 폭의 문 통과
	• 150mm 깊이의 물속 주행
	• 150mm 이상의 거리에서 원격 조정 가능



폐기물 드럼을 운반하고 있는 이동형 로봇(외국)

감시 점검용 이동 로봇은 원자력발전소에서 작업자의 접근이 어려운 고방사선 구역 뿐만 아니라, 상시 감시가 요구되는 곳에서도 작업자를 대신하여 주어진 임무를 수행할 수 있도록 개발하고 있다.

현재 개발중인 로봇은 고방사선 구역 내의 시설물 실증 시험 및 mock-up 시험을 통하여 적합성과 타당성을 검증한 후 원자력발전소 1차 계통의 이상 상태 진단 및 조기 발견에 활용할 예정이다.

결론 및 활용 전망

원자력발전소의 안전성 향상을 위해서는 새로이 개발되는 각종 신기술 및 첨단 기술들이

적극 활용되어야 하며, 이는 세계적 추세이기도 하다.

한국원자력연구소에서는 원자력 중장기 연구 개발의 일환으로 작업자의 접근이 어려운 고방사선 구역 내의 효율적 감시 점검을 위한 원자력 시설용 이동 로봇을 개발하고 있다.

감시 대상물의 이상 상태 점검 센싱부는 열영상 감시 장치, 방사선 준위 분포 관측 장치, 물체 인식/추적 장치, 원활한 주행 제어를 위한 입체 영상 장치 등으로 구성되어 있다.

이동 로봇에 탑재되어 사용되는 상기의 각종 센서 장치들은 로봇에 탑재 및 분리 사용이 가능하도록 독립 시스템 형태로 설계되어 있다.

이동 로봇은 좁고 복잡하며 계단 등의 장애물이 존재하는 원자력발전소의 계단 승월이 가능하고, 평지 회전 반경이 작은 유성 차륜형 전방향 방식의 이동 장치를 채택하였다.

감시 점검용 이동 로봇은 원자력발전소에서 작업자의 접근이 어려운 고방사선 구역 뿐만 아니라, 일상 감시가 요구되는 곳에서도 작업자를 대신하여 주어진 임무를 수행할 수 있도록 개발하고 있다.

이 로봇은 원자력발전소의 고방사선 구역내 시설물에서 현장 실증 시험 및 mock-up 시험을 통하여 적합성과 타당성을 검증한 후 원자력발전소 1차 계통의 이상 상태 조기 발견에 활용 예정이다.

또한 이 로봇은 중수로형 원자력발

전소의 칼란드리아 전면부 압력관 육안 검사, 지발성 중성자 시료 채취, 배관 누수 및 부식 검사, 기체 및 액체 누수 감시 점검 등의 작업에 활용될 수도 있다.

로봇에 탑재되어 있는 각종 센서 모듈을 통해 측정된 정보들은 원격 제어실에 전달되어 실시간 정보 분석을 통해 원전 안전성 관련 기기의 이상 동작을 진단하게 된다.

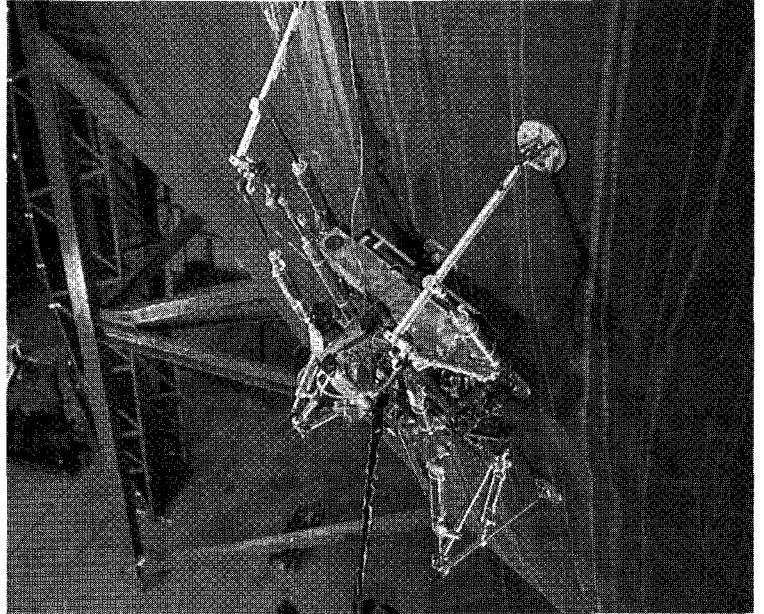
또한 방사능으로 오염된 지역이나, 오염 가능성이 있는 지역에 투입하여 방사선원을 측정 및 분석하고 방사능 오염 예상 지역의 방사선원 분포 지도를 작성함으로써 효과적인 제염 작업을 할 수 있게 한다.

이 로봇은 시설물의 단순한 감시 및 점검 뿐만 아니라, 발전소 실제 사고 발생시 비상 사태에 대응하여 사태 진압 및 사후 처리 작업에도 활용이 가능하다.

감시 점검 이동 로봇과 관련된 핵심 기술들은 원자력 산업 분야 외에도 고온·고압·심해저·우주와 같은 극한 작업 환경의 감시 점검이나, 작업자를 대신한 단순 반복 형태의 감시 작업용 로봇에도 응용이 가능하다.

특히 이동부나 각종 센싱부는 태평양 심해저에 존재하는 망간 단괴와 같은 광물 채집, 폐어선 수거, 해저 광케이블 설치 등 최근 관심이 집중되고 있는 해양 분야에서도 유용하게 활용될 수 있다.

모션에서 조작되는 무인 수중 로봇



원자로벽을 타고 작업을 하고 있는 로봇(외국)

에 의한 심해저 광물 채집의 경우, 수중 로봇에 개발된 입체 영상, 가상 현실 원격 조작, 이동 및 각종 센싱 등의 감시 이동 로봇 핵심 기술들이 접목될 경우 보다 효율적인 작업이 이루어질 수 있을 것이다.

또한 관련 핵심 요소 기술의 산업체 이전을 통하여 방재 분야의 무인 감시 및 비상 대응 시스템 국산화를 가속시켜 대외 기술 수입 의존도를 감소시킬 수 있으며, 농경 재배 분야에서는 농약 살포 및 경작의 무인화를 통하여 농업 종사자를 유해한 화학 물질로부터 보호하며, 농작물의 생산성을 증대시킬 수도 있을 것이다.

외국의 원자력발전소에서는 단순 기능의 전용 로봇들을 이미 투입하고

있다.

국내에서도 원자력발전소의 효율적인 유지 관리 및 안전성 제고를 위한 고방사선 지역 점검 보수용 이동 로봇과 안전성 관련 기기 유지 보수용 다기능 로봇 기술 개발에 대한 연구가 더욱 활발히 추진될 것으로 예측되며, 이와 같은 원자력 산업용 로봇 기술 개발 노력이 원자력발전소 유지 보수 작업의 무인화를 앞당길 수 있으리라 사료된다.

향후 기술적으로 더욱 복잡하고 어려운 다양한 작업들을 수행하기 위하여 고도의 지능과 조작성 및 이동성을 구비한 다기능 고지능형 로봇 기술의 연구 개발이 지속적으로 수행되어야 할 것이다. ☞