

난접근지역 오염물질 탐지로봇 개발 현황

2018. 10. 24

한국원자력연구원
이 성 욱

NCNR, UK

National Centre for Nuclear Robotics

원자력시설 해체 배경 및 동향

한국

- 후쿠시마 원전 사고 이후 세계적으로 원자력발전소(원전) 해체 문제가 부각되고, 국내에서도 초기 원전을 중심으로 수명 연장의 변화 가능성 대두
 - 고리 1호기(2017년 1차 수명 연장 종료), 월성 1호기(2013년 수명 연장 여부 결정)등
- 가동 원전 노화 및 정책적인 문제로 해체할 원전이 꾸준히 존재

영국

- the UK would “*lead the way in successfully decommissioning redundant nuclear facilities*” and that a key priority was to “*decommission the UK’s nuclear legacy*”, with the waste at the Sellafield site highlighted in particular.
- Legacy waste at the Sellafield site in Cumbria has been described by the Nuclear Decommissioning Authority (NDA) as an ‘intolerable risk’ and there is growing pressure to accelerate the decommissioning at this, and other sites around the UK.
- Whilst some of the decommissioning activities can be solved using existing technology, the recently published Technical Challenges document, produced by Sellafield Ltd identifies outstanding research requirements, many of which are related to characterisation.
- This is of particular concern as characterisation is a fundamental decommissioning task which features extensively in the Technology Baseline and Underpinning R&D (TBuRD) documents of all SLCs, particularly Sellafield and former power stations.

원전 해체 로봇 기술 필요성

■ Enhanced safety

- Reducing both exposure and cost
- Minimize manual intervention time in highly radioactive areas → enhancing safety and productivity

■ Cost reduction

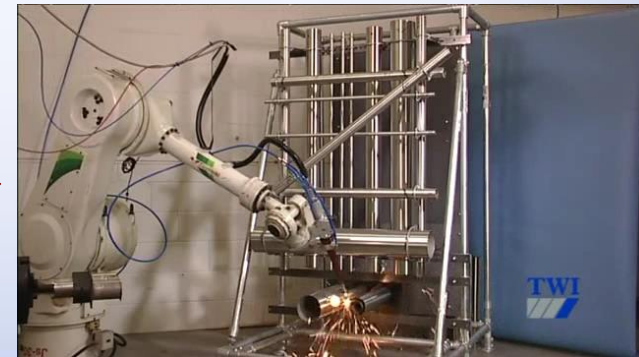
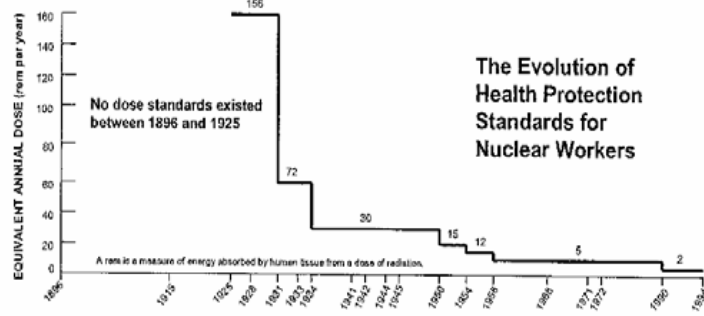
- The reduction of personnel exposures = cost reduction
- To perform a manual task in a high radiation field, many workers are required to avoid excessive doses. For the high radiation task, large number of workers employed.
- Robots can replace many human workers

■ Productivity improvement

- Because of the cumbersome nature of some protective clothing, worker efficiency can be greatly reduced.
- Workers may need to participate in multiple rehearsals to train for a task before it is performed
- Robot can reduce the number of workers

■ Accessibility

- Access to work locations that operators cannot physically enter
- To survey small diameter pipes



연구 개발 배경

원자력 시설의 제염과 해체를 위한 오염물질 탐지 로봇

- 원자력 시설내의 방사선 오염지역에서 작업자의 접근이 어렵고 좁은 복잡한 시설에서 오염물질의 측정/위치파악/제거를 용이하게 할 수 있는 로봇 시스템이 필요
 - 방사선 오염지역에서 이동 가능한 로봇 시스템 개발
- 원자력 시설에 방사능 오염으로 인하여 작업자 접근이 어렵고 밀폐된 공간들이 존재함
 - 오염물질 탐지를 위하여 작업자 대신 탐지 로봇을 투입
- 현장에 로봇을 투입하여도, 로봇을 직접 볼 수 없는 상황에서 원격지의 영상 정보만으로는 작업자가 로봇을 조종하기에는 어려움
 - 로봇에 장착된 영상만으로는 시설 내에 장애물 회피 및 원하는 위치로 이동하기에는 용이하지 않음
- 오염물질 탐지 로봇의 원격 제어 기술이 필요함
 - 원자력 시설 내에서 자유롭게 원격 조종을 하기 위해서는 원자력 시설 내의 환경과 로봇의 자아 위치 파악 기술이 요구됨

Decommissioning Sites



Access port(150mm)



난접근지역 오염물질 회수robot 핵심기술 개발

우주원자력국제협력기반조성사업, 2015.04~2018.03(3년), Univ. of Birmingham

최종목표 :

난접근지역 오염물질 회수robot 핵심기술개발

방사선 오염지역에서 작업자의 접근이 어려운 좁고 복잡한 시설에서 오염물질의 제거를 용이하게 할 수 있는 이동식 로봇 시스템의 핵심기술 개발 (Parent-Child type).

- 오염물질 제거를 위한 이동형 로봇 매니퓰레이터 플랫폼 기술 (자유도 8이상)
- 난접근 지역에 접근 가능한 소형 등반 로봇 기술 (무게 20kg 이내)
- Parent 로봇과 Child 로봇 간의 하선 승선 협업 및 교신 원격제어 기술
- 영상기반의 오염물질 파지 및 3D 환경모델링 기술 *[영국측]
- 오염물질 회수작업을 위한 힘반영 동적 원격제어 기술 *[영국측]

Project Overview

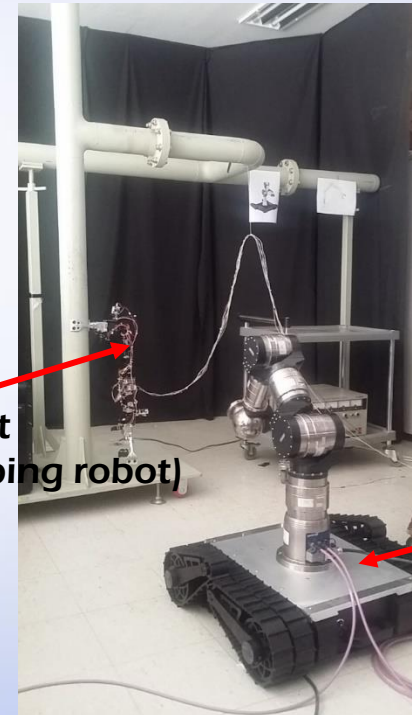
Project goals: optimal design of mobile robot manipulator for retrieval of contaminated materials from inaccessible zone.
(mother-child type mobile robot)

- Mother: 2 DOF vehicle with 6 DOF manipulator
- Child: 5 DOF pole climbing robot



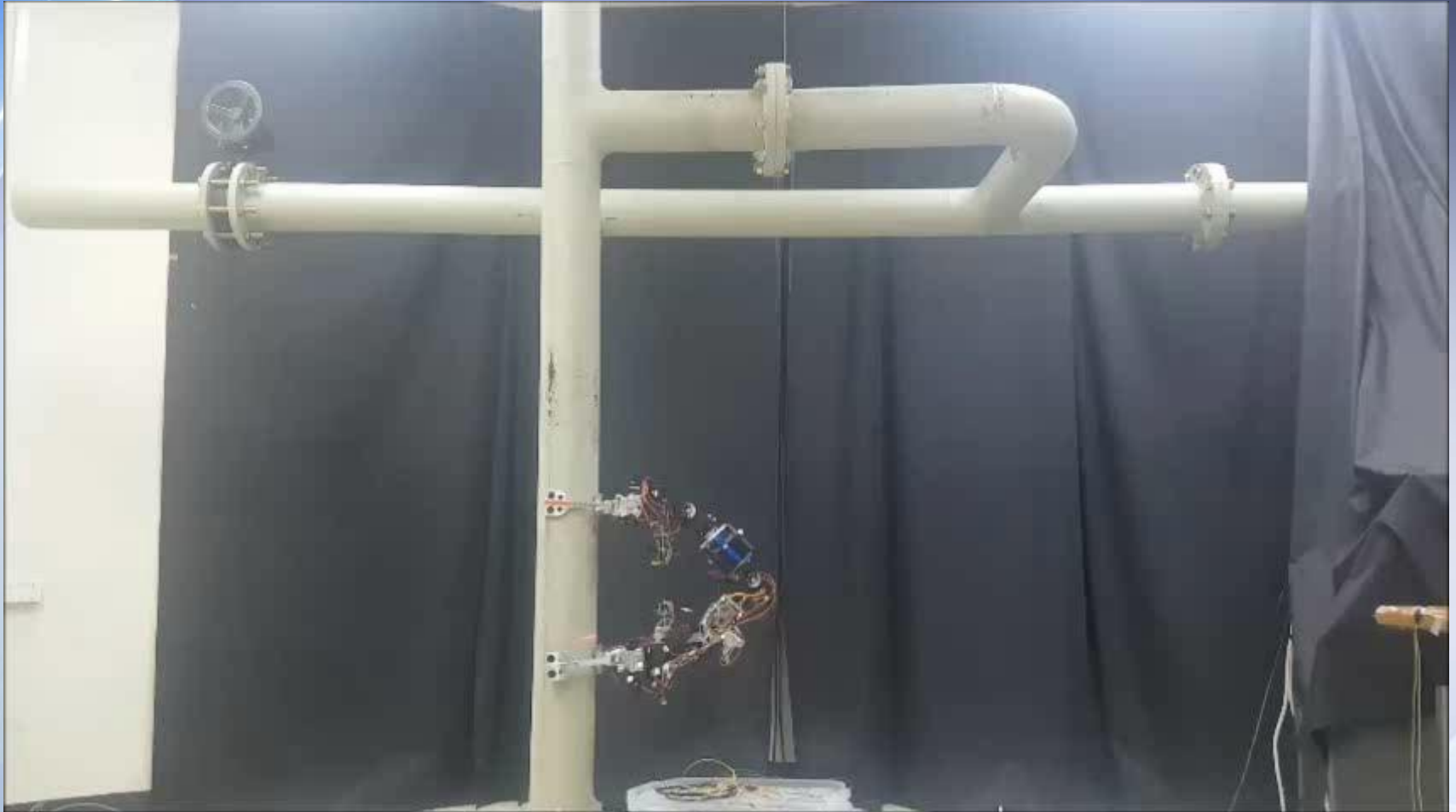
www.shutterstock.com · 163628318

Child Robot
(pole climbing robot)

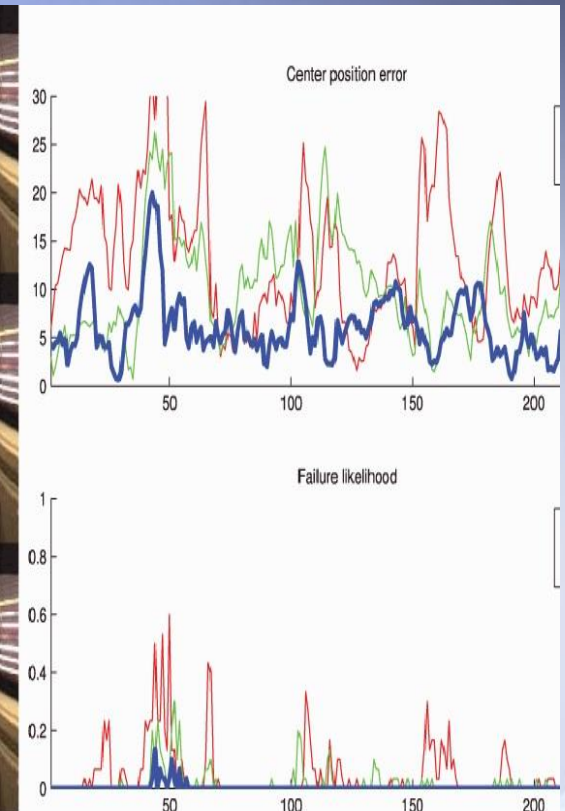


Mother Robot
(mobile robot)

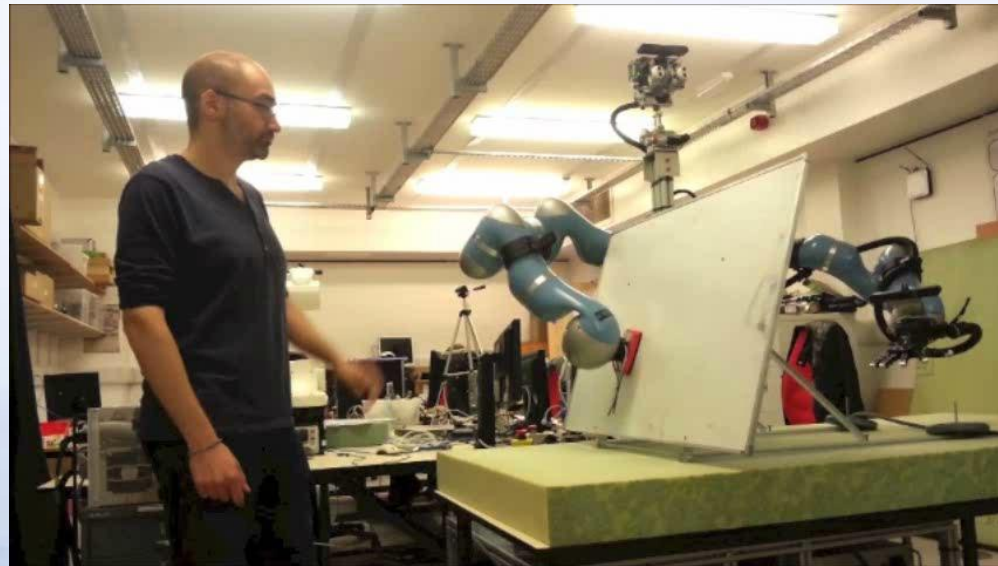
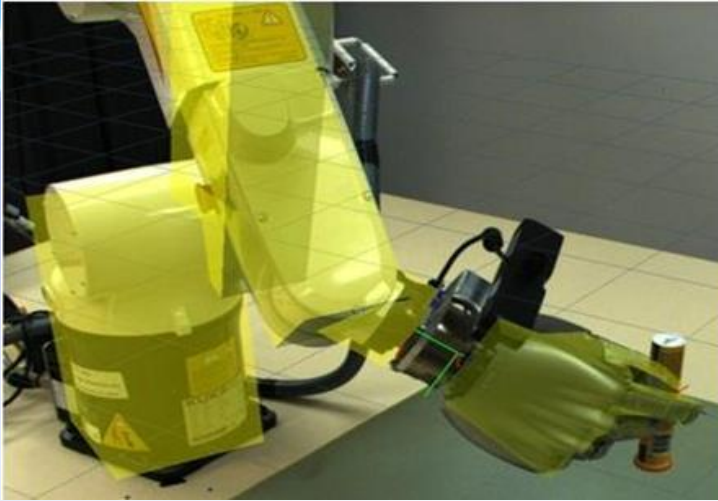
Pole Climbing Robot (KOR)



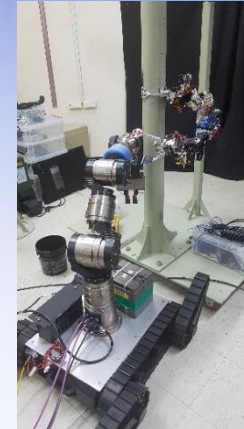
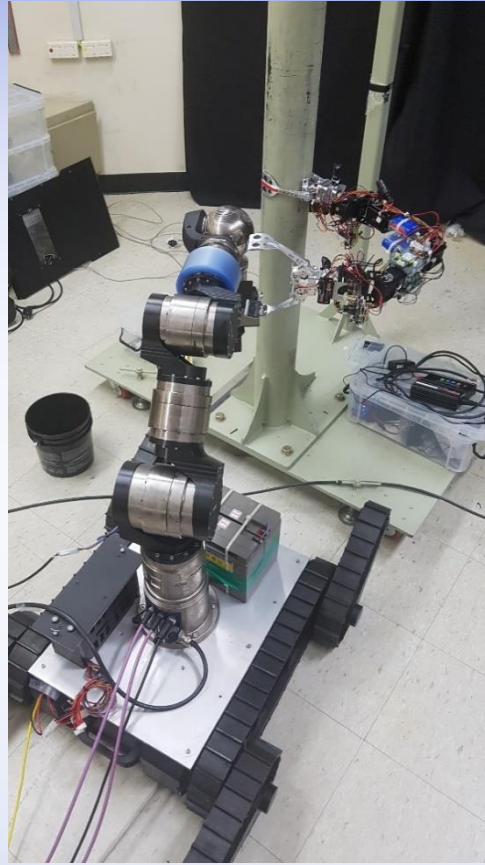
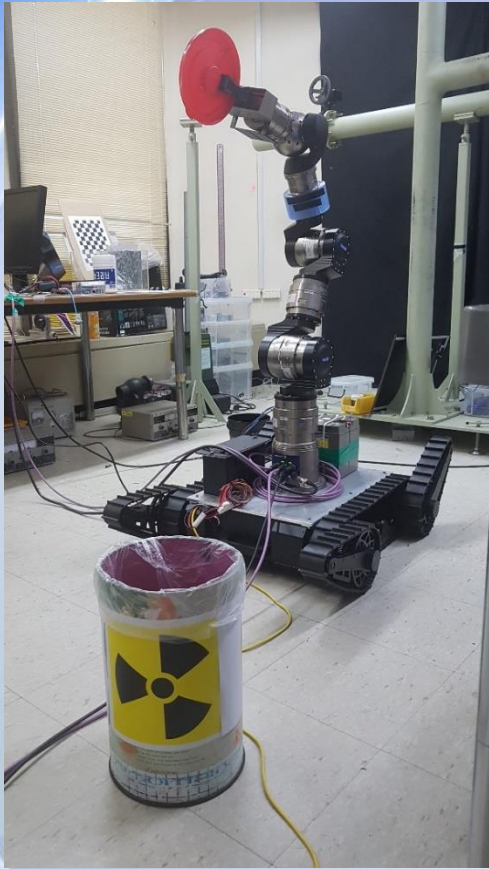
영상추적을 이용한 로봇의 위치 추적(UK)



오염물질 회수작업을 위한 힘방영 원격조종 기술(UK)



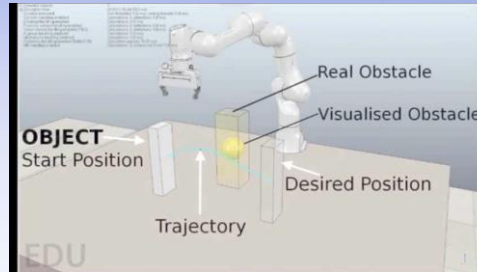
오염물질 회수작업 및 Mother-Child 협업(KOR)



장애물회피 기반 오염물질 파지 및 회수(UK)

Successful grasp: #1

Schunk 장애물회피 기반 파지



교시훈련 및 장애물회피
기반의 Waste 수거



영국 National Centre of Nuclear Robotics 과제 참여 현황

- National Centre of Nuclear Robotics (NCNR)
 - 원자력분야 로봇 현안문제 해결을 위한 국제 컨소시엄 Hub
 - 영국 ERSRC의 “Robotics and AI” 과제로 추진
 - 주관 기관 (책임자) : Univ. of Birmingham (Prof. Rustam Stolkin)
 - 참여 기관 : 영국 9개 대학, 미국 NASA, JPL 등
 - 과제 기관 : 4년
 - 예산 규모 : 40M 파운드
- KAERI의 참여 방식
 - International Strategic Advisory Board 참여
 - NCNR 연구원의 KAERI 방문 및 공동연구 지원
 - KAERI 연구원의 NCNR 방문 및 공동연구 참여
 - KAERI의 실험 시설 장비 공동 활용
 - No Fund from NCNR
- 기대 효과
 - 원자력 로봇 분야 국제 연구동향 파악 및 선진 기술 정보 습득
 - KAERI의 원자력로봇분야 국제위상 강화

오염물질 탐지robot 원격제어 핵심기술 개발

우주원자력국제협력기반조성사업, 2018.08~2019.12, Univ. of Birmingham

연구 개발 목표

방사선 오염 지역에서 작업자의 접근이 어려운 좁고 복잡한 시설에서 오염물질의 탐지를 용이하게 할 수 있는 이동식 로봇 시스템의 원격 조종 핵심 기술 개발

세부 내용

- 3D 딥러닝 및 멀티 영상 융합처리 기반의 탐지robot 원격 조종 기술(UK)
 - 경사센서 기반의 로봇 동작의 3차원 그래픽 시뮬레이션
 - 3D 딥러닝 기반의 탐지robot 주변 현장 환경의 재구축
- 탐지 로봇의 현위치 자아 파악을 위한 3차원 사선법(Dead Reckoning) 개발
 - 휠기반의 모션로봇 곡면 주행시의 현위치 자아 파악
 - 3D 파이프 구조물 등반시의 현위치 자아 파악
- 모자 협업기반의 오염물질 탐지 로봇의 원격 조종 종합 실증 실험
 - 탐지 로봇 원격 조종 알고리즘 통합 및 원격조종 기초 실험
 - 영국 NCNR 시험현장에서의 종합 실험(UK)

원격 조종 시스템 개념도



원자력 시설의 제염과 해체를 위한 오염물질 탐지 로봇의 원격 제어 기술 필요

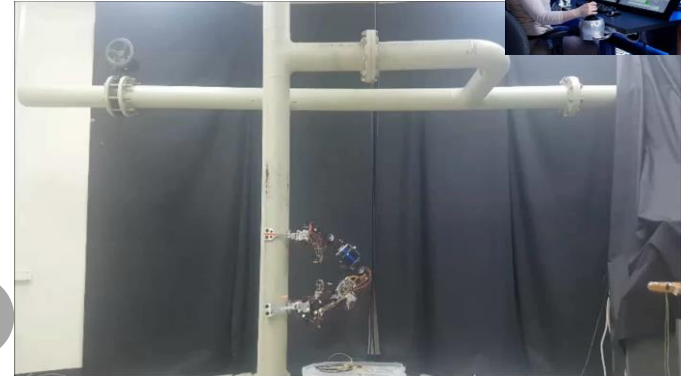
오염물질 탐지 로봇은 주로

- 이동식 로봇(Mobile Robot)이며
- Mother Robot-Child Robot의 협업 작업이므로 고도의 원격제어 및 조종 기술이 필요함



무인차량
+Drone
+Snake Robot

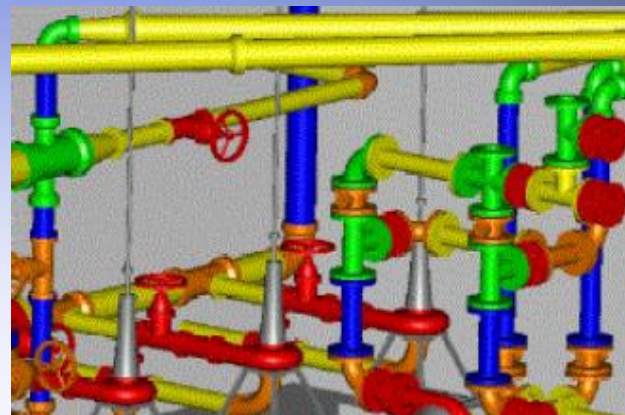
Robot Manipulator
+Pole Climbing Robot



연구 내용



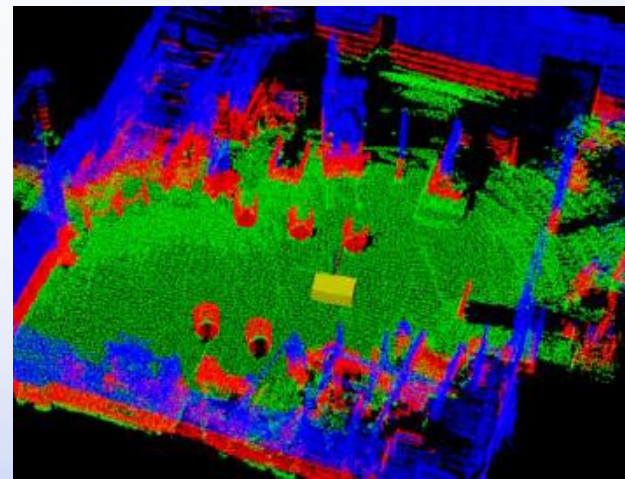
탐지 로봇 주변
현장 환경 재구축



탐지 로봇의
현위치 자아 파악



원격 조종 알고리
즘 통합 및 원격 조
종 실험



국제 공동 연구개발

추진 배경

- 미래창조과학부와 영국 공학및자연과학 연구위원회(EP SRC)가 추진하는 원자력시설 제염 해체 및 방사성폐기물 관리분야 한-영 공동연구과제를 통해 KAERI와 UoB는 공동 연구로 교류 사례 있음
- 현재 KAERI는 영국 National Centre for Nuclear Robotics(NCNR)과 기술 협력 중임 (NCNR은 Birmingham 대학(UoB) 주관)

성공 가능성

〈Birmingham 대학〉

- 제염 및 해체와 관련된 로봇 연구를 수행 중
- 영국 EPSRC로부터 NCNR를 유치하여 4년간 11,588,431파운드를 지원받고 있음
- 로봇 원격 조종 관한 심도 깊은 기술 확보

〈KAERI〉

- 이동형 로봇 플랫폼 및 원격 조종 신기술 개발
- 상호간의 공동 연구로서 최종 목표를 성취할 수 있음

상대국 연구원(5명의 교수진)

- 연구 책임자 : Prof. Rustam Stolkin (UoB)
- 참여연구원
 - Prof. Ales Leonardis (UoB) : Robot Vision
 - Prof. Michael Mistry (Univ. of Edinburgh) : Robot Dynamics
 - Prof. Tom Scott (Univ. of Bristol) : Robot Vision and SLAM
 - Dr. Esfahani Amir (UoB) : Deep Learning

Matching Fund

- 60,000 GBP/year 이상
- 방문 연구자를 위한 실험실 및 장비 제공
 - Nuclear Robotics Lab.
 - 최신 로봇, 영상 장비 제공
 - 포닥 학생 연구원 한국 파견

국제 교류 계획

한국 연구자 파견

- 목적 : 영국 버밍엄 대학과의 기술교류
“3D reconstruction and radiation detection control”
- 인원 : 한국측 연구자 1명 내외
- 장소 : National Centre for Nuclear Robotics (UoB)
- 기간 : 2019/05경 (4개월 내외)
- 예산 : 35,600천원

과제 회의

- 목적 : 과제 진행 및 협의 회의
- 영국측 방문자 :
Dr. Rustam Stolkin
Dr. Michael Mistry
Dr. Ales Lenardis
Dr. Naresh Marturi
- 기간 : 2018/09 (예정)

영국 연구자 파견

- 목적 : 비상대응 로봇 및 이동형 방사선 탐지 로봇 실습
- 인원 : 영국측 연구자 1명 내외
- 장소 : 원자력로봇랩(KAERI)
- 기간 : 2019/08경 (6개월 내외)
- 예산 : 영국측 부담
(한국측:사무실 및 실험실 제공)

국제 공동 세미나 개최

- 목적 : 2019 European Robotics Forum 공동 세션 운용
- 세션명 : Inspection and maintenance of Nuclear Facilities: Robotic Inspection, Maintenance and Operation in Harsh Environments
- 장소 : Bucharest, 루마니아
- 기간 : 2019/03/20~22

활용방안 및 기대효과

활용 방안

- 원자력 시설의 제염 및 오염물질 회수 작업 시에 원격 조종 로봇 매니퓰레이터 구현에 활용
- 원자로 폐로 및 해체 시에 필요한 방사선 레벨 지도 작성에 활용
- 원자력 시설의 중대사고로 인한 비상대응 로봇의 원격제어 기술로서 활용
- 원자력 시설 및 일반산업시설의 유지 보수에도 활용 가능

기대 효과

- 난접근지역의 오염도 측정 및 방사선 모니터링이 가능한 최첨단 기술로서, 향후 국내/외 원전 해체 시에 난접근지역의 방사선 맵 측정 및 환경 재구축에 활용 가능
- 원전 시설 내의 오염물질 회수를 위한 원격 제어 기술이지만, 향후 원전 시설내에 유지보수/해체 분야에도 활용 가능

Applications



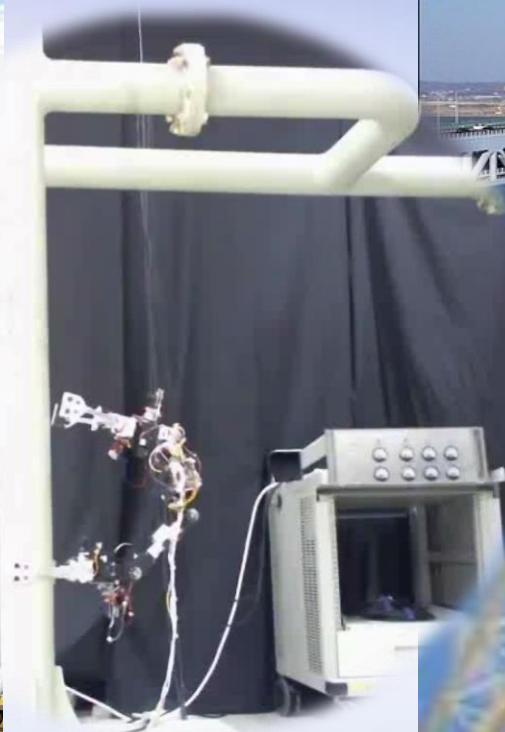
CHEMICAL PLANT



BRIDGE




STADIUM



FRAME STRUCTURE





Thank you for your attention