



$E = mc^2$

원자력 비상 모니터링 트랙형 이동로봇

TRAM : Tracked Radiation Area Monitoring Robot for Nuclear Emergency

2020년 10월 12일

로봇응용연구부



한국원자력연구원
Korea Atomic Energy Research Institute



❖ **배경 : 원자력 비상시 고방사능으로 인한 작업자의 현장 접근성 한계로 비상작업 불가**

- 현장 상황파악 어려움
- 사고 확산방지/수습 지연
- 작업자 피폭

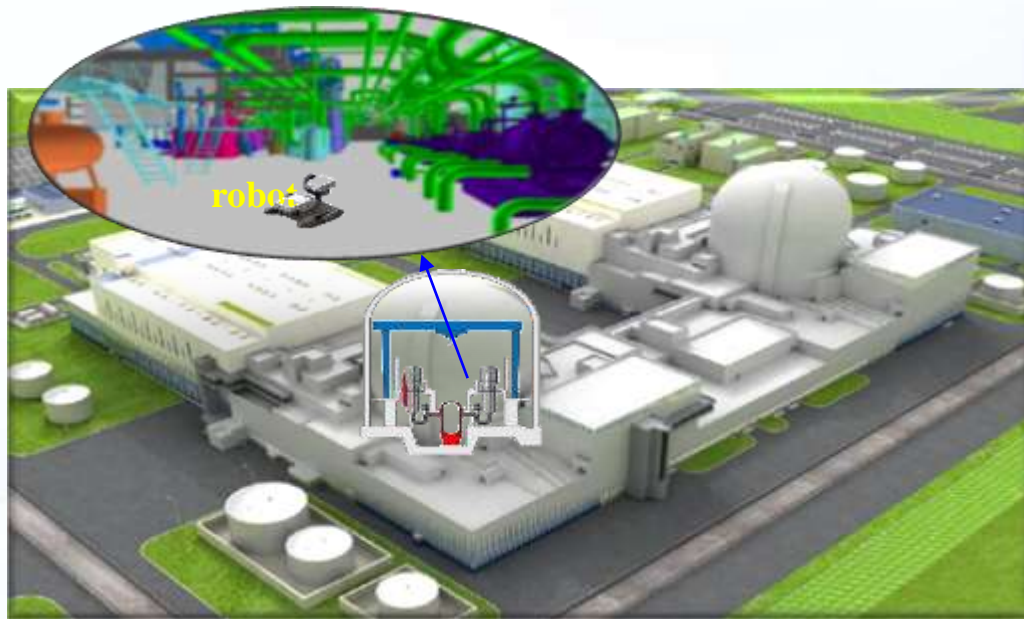
→ 원자력 비상시, 로봇을 이용하여 현장 상황을 정확하게 파악함으로써 작업자의 피폭을 최소화하면서, 사고 확산방지/수습 등 비상대응을 효과적으로 수행할 수 있음

❖ **로봇 요건**

- 좁은 지역 이동, 계단/턱/경사지 이동
- 로봇 제어에 필요한 센싱 정보 획득
- 현장 상황 파악을 위한 환경정보 획득(방사선, 온도, 영상)



- ❖ 개요 : 원자력비상시 신속한 사고수습 및 확산 방지 방안 마련을 위해 사고현장을 모니터링하는 이동로봇 개발
- ❖ 특징
 - 고경사 지형 이동기능
 - 영상 및 방사선 정보 획득
 - 이동차량 원격제어스테이션에서 로봇제어
 - 최고속도 : 시속 5.5km/h
 - 운용시간 : 약 4시간

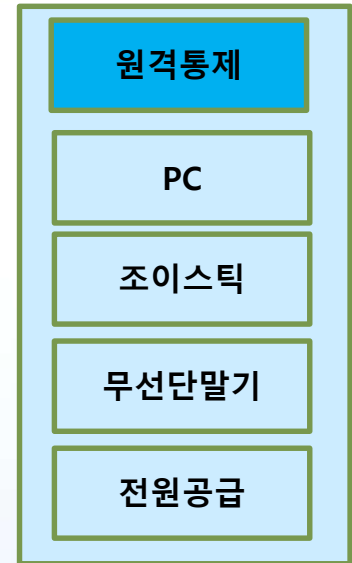


운용개념

원자력 시설 모니터링 로봇 TRAM



❖ 로봇과 원격통제 스테이션으로 구성



주행	주행인식	환경인식	제어
몸체 frame	전방 Camera	GPS	PC
트랙	줌 카메라	Lidar	인터페이스
구동모터	360 카메라	온도Sensor	무선단말기
모터 driver	IR 카메라	방사선 센서	
배터리	팬/틸트		
	조명		



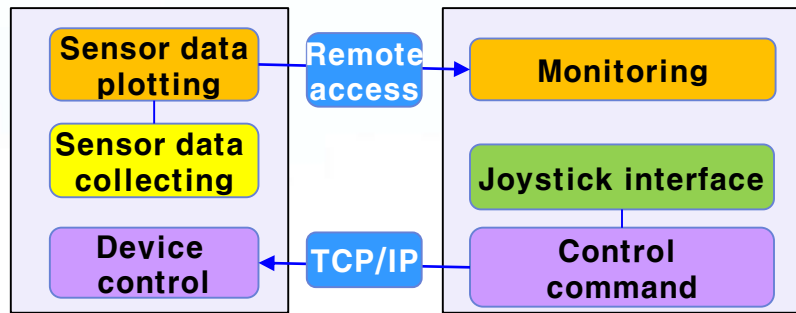
항목	명세
크기	980(L)x700(W)x600(H) cm
무게	40 kg
속도	Max. 5.5 km/h
영상관측	팬틸트 줌 카메라, IR 카메라 360도 카메라
센서	방사선량(GM 센서) 온도
통신	LTE 또는 wi-fi

원자력시설 모니터링 로봇 TRAM



❖ 모니터링 로봇 S/W 개발

- 로봇 서버와 제어 스테이션 클라이언트로 구성
- 로봇 서버는 센서 데이터 획득 및 처리, 디바이스 제어 수행
- 제어스테이션 클라이언트는 사용자의 조이스틱 조작 신호 취득하여 TCP/IP로 제어명령 전송
- 제어스테이션에서 로봇서버 원격접속으로 카메라 및 센서 신호 모니터링
- 통신은 LTE, 5G, wi-fi mesh 연결 가능



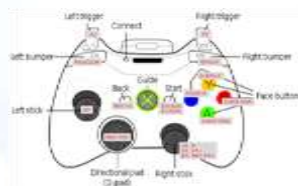
소프트웨어 구성도



카메라 화면

360도 카메라

위치데이터(GPS)



제어 화면 및 조이스틱 제어



센서 데이터(방사선, 온도, 라이다)

❖ 실내 이동성 시험

- 원자력시설 계단, 그레이팅, 문, 턱을 통과하는 주행시험 수행
- 야간에는 로봇 자체 조명을 이용하여 주행(주간과 이동 소요 시간은 비슷)
- 아직까지 사람에 비해서는 느린 편임(로봇의 실내 이동시 사람에 비해 약 4.5배의 시간 소요)



계단 등반



그레이팅 이동



문 통과



턱 등반



문통과(야간)



협소구역통과(야간)



그레이팅 이동(야간)



계단하강(야간)



❖ 실외 이동성 시험

- 콘크리트 평지, 초지, 계단, 자갈길 등을 통과하는 주행시험 수행
- 야간에는 로봇 자체 조명을 이용하여 주행(주간, 야간의 주행 소요 시간은 비슷)
- 사람에 비해서는 조금 느린 편임(사람에 비해 약 2.5배의 시간 소요)



평지 이동



초지 이동



계단 등반



자갈평지 이동



평지 이동(야간)



자갈평지 이동(야간)



계단 등반(야간)

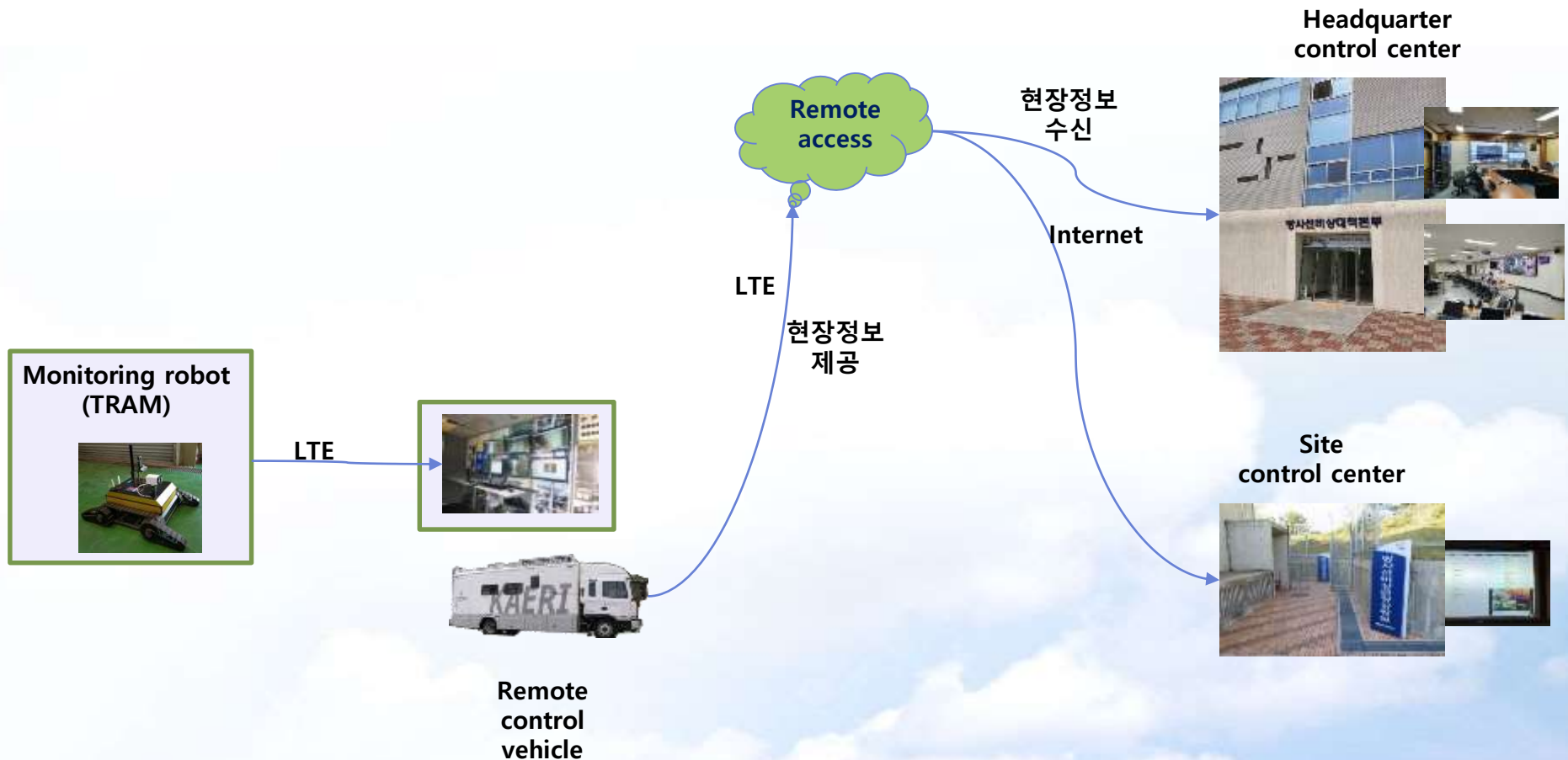


경사지 이동(야간)



❖ 방사능방재훈련 적용

- 비상대응 로봇을 이용하여 현장 모니터링 및 대응, 본부/현장상황실에서 현장상황 파악
- 로봇을 방사능 방재훈련에 적용하여 문제점 및 개선방안 도출



$$E = mc^2$$

사진









TrackServer

[Radiation sensor]
9.33e-05 mSv/h

[Temperature sensor]
12.1C

[Device Connection]
Connect Enable Joystick

[Motor Driver Control]
Quick Stop Fault Reset Motor Enable Driver Reset Flipper Enable Flipper Reset Set Limit Reset Limit

[Driving Speed] [Pan/Tilt Speed]

[Driving Control] [Pan/Tilt Control]

[Flipper Control] [Zoom/Focus Control]

[Status]
BAT(V) 21.8
FF(status) 20045 FF(A) -0.0
BF(status) 20047 BF(A) -0.0
L1(A) 2.7 R1(A) 3.0
L2(A) 2.7 R2(A) 2.9
FF: On/ None/ None
BF: On/ None/ None
L1: On/ None/ None
L2: On/ None/ None
R1: On/ None/ None
R2: On/ None/ None

2019_12_26_17_54_50_674

[Navigation]
GPS





CamMonitor

Connect Zoom In Zoom Out Near Far

COM2 - u-center 19.08.01 - [Map - [MapView_satellite_0.6357301_2.2230319_1

File Edit View Player Receiver Tools Window Help

RelPosN: 1.#Q0m
RelPosE: 1.#Q0m
RelPosD: 1.#Q0m
Distance: 1.#Q0m
AccN: 1.#Q0m
AccE: 1.#Q0m
AccD: 1.#Q0m

Ready NTRIP client: Not connected u-blox Generatio

TrackServer

(Radiation sensor)
1.39e-04 mSv/h

(Temperature sensor)
30.8C

(Device Connection)
Connect Enable Joystick

(Motor Driver Control)
Quick Stop Fault Reset Motor Enable Driver Reset Set Limit Reset Limit

(Driving Speed) [Slider]

(Driving Control)
F L B R

(Pan/Tilt Speed) [Slider]

(Pan/Tilt Control)
PT_Up PT_Dn PT_L PT_R

(Flipper Control)
FF_Up BF_Up FF_Dn BF_Dn

(Zoom/Focus Control)
Z_In F_Far LED On Z_Out F_Near LED Off

(Status)
BAT(V):21.1
FF(cnt):0 FF(A):0.0
BF(cnt):0 BF(A):0.0
L1(A):3.1 R1(A):3.5
L2(A):3.0 R2(A):3.2
FF: On/ None/ None
BF: On/ None/ None
L1: On/ None/ None
L2: On/ None/ None
R1: On/ None/ None
R2: On/ None/ None

2019_09_27_14_24_26_80