

콘크리트 구조물 표면 검사를 위한 지상형 모바일 로봇 설계

신동빈*, 표주현*, 김우림*
한국로봇융합연구원*

A Study on the Design of a Mobile Robot for the Detection of Cracks on the Surface of Concrete Structures

Dongbin Shin*, Juhyun Pyo*, Maolin Jin*
Korean Institute of Robotics & Technology Convergence*

Abstract - 콘크리트는 압축에 강인한 특성을 지녀서 각종 건축물이나 구조물의 주요 재료로 사용되지만, 인장에 취약한 특성과 재료, 배합, 시공, 환경, 시간에 따른 부식 등의 요인으로 인해 균열 발생의 우려가 항상 존재한다. 콘크리트 대형 구조물의 대표적인 사례로는 그림1과 같이 교각, 댐, 발전소, 지하공동구 등이 있다. 이들과 더불어 방사능폐기물처리장이 들 수 있는데 국민의 안전에 영향력이 큰 대규모의 콘크리트 시설물이다. 해당 시설은 안전 검사를 위해 높은 수준의 정밀도가 요구되고 다수 인력이 투입되어 육안으로 직접 검사를 시행한다는 특징을 가진다. 또한 시설 내부 추락사고 등 작업자의 안전사고 위험성이 상당히 높을 뿐 아니라 육안을 통한 점검 시, 사각지대가 다수 존재하여 결과의 신뢰성이 저해되는 문제점을 안고 있다. 사고처리에 불리한 환경과 안전 문제로 인한 과급력이 크기 때문에 사후 구조작업만큼이나 사전 사고예방의 중요성이 더욱 큰 특징을 가진다. 그리하여 최근 안전 검사 자동화 시스템의 개발 필요성이 대두되고 있지만 방사능 처리물 폐기장 내부 콘크리트 구조물 표면 검사를 위한 로봇의 연구는 아직 미흡하다.

최근 국내에서 자율주행 기능과 영상센서 기반 인공지능(AI)를 활용해 지하공간의 위험을 감지할 수 있는 '자동화 점검 로봇 기술'을 개발한 사례가 있지만 방사능 처리물 폐기장 환경에서의 운용은 아직 시도되지 않았다.

본 연구에서는 방사능 처리물 폐기장 시설물을 이동 및 탐색하는 주행플랫폼과 내부 콘크리트 구조물의 표면 검사를 위한 로봇 암과 그 말단에 비전센서를 구비한 로봇시스템을 설계하였다. 세부적인 연구 단계를 나열하면, 우선적으로 목표 시설물에서의 로봇 운용 시나리오를 설정하고 그에 적합한 사양의 로봇의 개념설계를 진행하였다. 개념설계 된 내용을 기반으로 주행 플랫폼과 로봇 암의 기구학적인 사양과 필수적인 센서 등을 결정하였다. 결정된 내용을 세부 설계에 반영하였고 3d CAD 모델 기반의 시뮬레이션을 진행하였다. 해당 시뮬레이션은 V-rep 소프트웨어 상에서 진행하였고, 이를 통해 시설물 내부 운용에 적합한 하드웨어가 완성될 수 있도록 설계 타당성을 검토하였다.

1. 서 론

4차 산업혁명의 시작과 기술의 발달로 인해 로봇은 사람의 접근이 어려운 위험한 환경에서 다양한 서비스를 제공이 가능한 수준에 근접해 있다. 방사능 처리물 폐기장과 같은 대형 플랜트의 안전은 중요도가 매우 크며, 상시 관리와 안전 점검은 필수적으로 시행되어야 한다. 본 논문에서는 안전사고의 가능성이 상존하는 방사능 폐기물 처리장 시설에서 작업자를 대신하여 안전 진단을 하는 로봇을 제안 한다.

2. 본 론

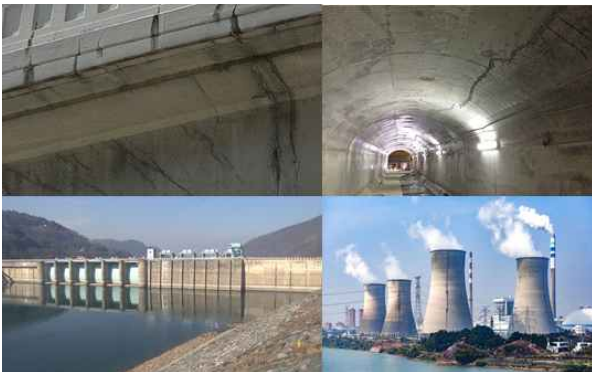
2.1 이동형 플랫폼의 전체 시스템 구성

전체 시스템을 살펴보면 4개의 활을 특징으로 하는 주행 플랫폼에 콘크리트 균열을 탐지하기 위한 로봇 암을 부착한 형상의 몸체로 구성되어 있다.

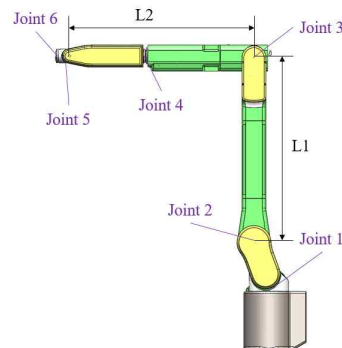
2.1.1 로봇 암

콘크리트의 균열을 탐지할 수 있는 비전 센서를 원활히 활용할 수 있도록 작업 리치가 긴 형태의 로봇 말단에 이를 장착하였다. 해당 로봇 암의 형상과 D-H파라미터는 아래 그림2와 같다. 작업영역 확보를 위해 L1과 L2는 각각 900mm의 치수를 가지며, 경량화를 위해 AL6061-T6 재질로 설계하였다.

i	a _i (mm)	α_i (deg)	d _i (mm)	θ_i (deg)
1	0	90	0	0
2	900	0	0	90
3	9	90	0	0
4	0	-90	900	0
5	0	90	0	-90
6	0	0	50	0



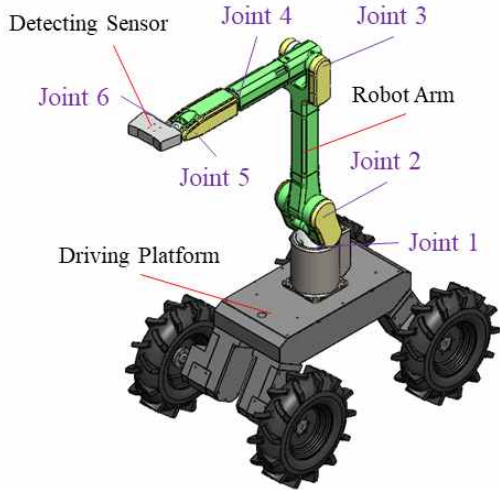
<그림 1> Concrete structures of various shapes; (a) bridge (b) tunnel (c) dam (d) nuclear power plant



<그림 2> D-H Parameter of robot arm

2.1.2 주행 플랫폼

콘크리트 구조물 내부를 탐색할 수 있는 주행 플랫폼을 설계하였다. 해당 주행 플랫폼 상단에는 동적 경로를 추종하는 로봇 암이 결합되므로 이를 견디며 원활한 동작이 가능하도록 그림3과 같이 4휠 구조로 설계하였다. 또한 불균형한 지표면에서 주행이 가능하도록 로봇 본체가 휠의 중심에서 이격된 형태를 가지고 있다.



〈그림 3〉 Overall Shape of the robot system

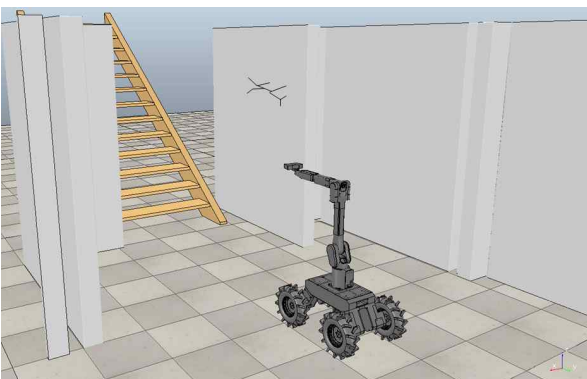
2.2 시뮬레이션 테스트

2.2.1 고려사항

동작 시뮬레이션을 위한 모의환경 구축 시 우선적으로 고려해야 하는 것은 해당 로봇의 대표 동작을 선정하고 이를 테스트할 수 있는 구조물을 확정하는 것이다. 이를 위해 균열이 일어난 콘크리트 벽, 로봇의 접근이 어려운 구조물 등을 가상공간에 배치하였다.

2.2.2 환경구축

콘크리트 구조물 내부 공간을 탐색하기 위한 환경을 그림 4와 같이 구축하였다. 시뮬레이션 소프트웨어는 V-rep을 사용하였다. 각종 구조물을 통과하는 시나리오를 구현하기 위해서는 PC에 많은 계산량을 요구한다. 계산 도중 발생할 수 있는 시스템 오류를 줄이고 쾌적한 시뮬레이션 동작을 위해 로봇의 3D 모델을 단순화하는 과정을 거쳤다. 그리하여 동역학 시뮬레이션을 위한 안정화된 모델을 확보하였고, 해당 모델로 로봇의 시나리오 작업을 확인하였다.



〈그림 4〉 Overall Shape of the robot system

3. 결 론

본 연구에서는 방사는 폐기물 처리장 시설물 내부 콘크리트 표면 검사를 위해서 곡률을 가지는 대상의 균열까지 원활한 검출이 가능하도록 주행플랫폼 상단에 로봇 암이 부착된 모바일 로봇을 제안하였다. 향후 재난 발생을 미연에 방지하기 위한 자동화 기술과 더불어 손상지점을 보수할 수 있는 로봇 기술 등을 더 연구 진행할 계획이다. 또한 최근에는 상하수도, 전화 케이블, 가스관 등을 함께 수용하는 공동구의 활용이 늘어남에 따라 지하공간에 대한 안전관리 중요성이 증대되고 있다. 본 논문의 연구의 범위를 이와 같은 지하 시설물에서 콘크리트 표면에 생긴 균열을 감지 분석할 수 있도록 확장하여, 결과적으로 국가 주요시설물의 안전성 제고를 도모하고 시민과 도시의 안전 확보를 목표로 지속적으로 연구하려한다.

감사의 글

본 논문은 산업통상자원부 공공혁신수요기반신기술 사업화 지원을 받아 수행된 연구(No. P0018393)로서, 관계부처에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] Prateek Prasanna, Kristin J. Dana, Nenad Gucunski, Basily B. Basily, Hung M. La, Ronny Salim Lim, and Hooman Parvardeh, "Automated Crack Detection on Concrete Bridges", IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, Vol. 13, pp. 591-599, 2016.
- [2] Y. Fujita, Y. Mitani, and Y. Hamamoto, "A Method for Crack Detection on a Concrete Structure", ICPR '06, Hong Kong, pp. 901-904, 2006.
- [3] Cho, S., Kim, B., & Lee, Y., "Image-Based Concrete Crack and Spalling Detection using Deep Learning", The Magazine of the Korean Society of Civil Engineers, 66(8), 92-97, 2018.
- [4] S.N. Yu, J.H. Jang, and C.S. Han, "Auto Inspection System using a Mobile Robot for Detecting Concrete Cracks in a Tunnel", Automation in Construction, Vol.16, pp. 718-725, 2004.