

건설 현장 관리 자율 및 무인화 시스템을 위한 SPOT 로봇 하드웨어 및 소프트웨어 성능 분석

SPOT Robot Hardware and Software Performance Analysis for Autonomous and Unmanned Construction Site Management System

박봉진¹ · 김도근² · 장세준^{3*}

Park, Bong-Jin¹ · Kim, Do-Keun² · Jang, Se-Jun^{3*}

Abstract : The purpose of this study is to analyze the applicability and limitations of SPOT robots in the construction industry. The SPOT robot, which is being introduced to construction sites for smart construction with the progress of the 4th industrial revolution, is shaped like a four-legged dog and is equipped with various sensors for data collection and autonomous driving. In this study, hardware and software were analyzed, such as the size of the SPOT robot, mobility on slopes and heights, operating environment, and software functions that can collect data with a sensor weighing up to 14 kg. In addition, while the SPOT robot operates in a construction environment, performance such as stability, accuracy, signal connection distance, and obstacle avoidance are evaluated, and the applicability and limitations of the SPOT robot in the construction industry are analyzed. Based on this analysis, the purpose of this study is to evaluate when and how SPOT robots can be effectively used at construction sites, identify limitations, and derive contributions and improvements for the construction industry.

키워드 : SPOT, 자율주행, 4족 보행, 건설 현장 관리

Keywords : SPOT, autonomous driving, quadrupedal walking, construction site management

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 4차 산업혁명의 발전으로 건설 산업은 스마트 건설 도입으로 BIM, 드론, 로봇 등과 같은 기술이 적용되는 추세이며, 이러한 시스템들은 작업 생산성을 향상하고 안전을 강화하는 등의 이점을 가지고 있다[1]. 그러나 기존의 로봇은 불규칙한 건설 현장에서의 이동에 제약이 있었다. 이에 따라 최근 다양한 건설사들은 4족 보행 로봇인 SPOT을 도입하기 위한 시도를 하고 있다. SPOT 로봇은 다양한 센서를 장착하여 제한된 공간에서 자유롭게 이동하고 데이터를 수집할 수 있는 장점이 있어, 건설 환경 및 안전 관리에 활용될 수 있다. 그러나 배터리 용량 부족 등 한계점들도 또한 존재한다. 따라서 본 연구에서는 SPOT 로봇의 건설 산업에서의 활용성과 한계점을 분석하고자 한다.

2. 본론

2.1 SPOT 하드웨어 및 소프트웨어 분석

SPOT은 건설 현장에서 사용하기에 적합한 하드웨어 및 소프트웨어[2]를 갖추고 있으며 그 중 주요 사항들을 표 1과 같이 정리하였다. SPOT은 길이 1.1m, 너비 0.5m 정도의 크기로 4족 보행이 가능하기에 경사로 $\pm 30^\circ$, 단으로 된 곳에서는 300mm 높이까지의 단을 대략 37° 경사까지 주행 가능하며 이는 표준 비계다리 기준[3]으로 비계다리의 좁은 폭과 계단 등을 무리 없이 지날 수 있다. 또한 IP 등급은 54, -20°C ~ 45°C 환경에서 작동 가능하여 건설 환경에서 사용하기에 무리가 없다. 또한, 최대 14kg까지 센서를 탑재하여 자율주행을 할 수 있으며, 3D 라이더와 카메라를 통해 맵 리딩, 사진 및 영상 촬영, 미션 동작 수행 등 데이터 수집이 가능하며, 이러한 기능들을 운영자가 자유롭게 프로그래밍할 수 있다. 배터리 성능은 최대 90분 정도지만, 넓은 건설 현장을 자율주행하기에는 부족할 수 있다.

2.2 건설 산업에서 SPOT의 활용성 및 한계점

건설 현장과 유사한 환경에서 SPOT을 주행한 결과를 표 1과 같이 주행 안정성, 정확성, 신호 연결 거리, 장애물 회피로 정리하였다. 평지에서는 자율주행이 원활하지만, 경사 지반에서는 미끄러짐 등으로 인하여 주행이 상대적으로 불안정하다. 실내에서는 SPOT이 기점으로 인식하는 QR코드를 설치하는데 비교적 쉽지만, 실외에서는 기점 설치에 제약이 있기에 정확성이 떨어진다. 연결 거리는 전

1) 군산대학교 건축해양건설융합공학부, 학부연구생

2) 군산대학교 건축해양건설융합공학부, 시공연구실 연구원, 플로리젠로보틱스, 대표이사

3) 군산대학교 건축해양건설융합공학부, 조교수, 교신저자(jang@kunsan.ac.kr)

파를 방해할 수 있는 요인들에 따라 거리가 달라지며, 최대 50m까지 가능하다. 정적인 장애물의 경우 어느 환경에서도 회피하거나 다른 경로 탐색 등의 기능을 제대로 수행하지만, 동적 장애물의 경우 장애물의 크기 및 속도와 움직임에 따라 회피에 어려움이 있다. 위의 내용을 기반으로 건설 산업에서 필요한 센서들을 탑재하여 데이터를 수집, 사진 및 영상 촬영 등을 통해 작업자의 안전 장비 착용 여부 파악, 온·습도 센서를 탑재하여 콘크리트 양생 현장 관리 등 다양하게 활용할 수 있다. 그러나 90분의 주행시간은 넓은 건설 현장에서는 부족하고, 특히 다른 현장에 비해 경사가 심하고 지반이 불균등하며 비교적 거대한 동적 장애물이 많은 토공사 현장에서 SPOT을 사용하려면 주행 경로 선정 등 더 많은 작업을 요구한다.

표 1. SPOT 하드웨어 및 소프트웨어 / 주행 테스트 결과

Hardware performance				Software Function			
Size : Length / Width	1,100mm			Autonomous Driving			
	500mm						
Maximum Gradient (slope) / Step Height	±30°			Map Reading			
	300mm						
In the case of stairs, it is possible to drive even if the slope exceeds 37 degrees.				Image and Video Analysis			
Environment : Ingress Protection / Temperature		IP54 -20°C~45°C					
Battery		Operating Time : 90minutes Standby Time : 180minutes Charging Time : 60minutes		Mission Execution			
Payload		14kg					
Test place		Drivability	Accuracy		Connectivity	Obstacle avoidance	
			Strict	Wide		Silence	Dynamic
Out-doors	Mountain (slope 10°~35°)	2/30	3~5cm	10~15cm	25~30m	0/30	2/30
	Soil	0/30	2~5cm	5~10cm	25~35m	0/30	1/30
	Pebble	0/30	2~5cm	5~10cm	25~35m	0/30	0/30
	Iron stairs	0/30	2~5cm	5~10cm	25~35m	0/30	4/30
Inside	Corridor (8m)	0/30	2~3cm	5~10cm	50m	0/30	4/30
	Space with columns and walls	0/30	2~3cm	5~10cm	25~50m	0/30	2/30
	An open space without walls or pillars	0/30	2~3cm	5~10cm	50m	0/30	0/30
Unrecognizable Obstacle Size			Pipe : Diameter 10cm, Glass obstacles, Rope				
Note							
Drivability : Check for falling or going off course during autonomous driving							
Accuracy : Measurement of position error during mission [The result depends on the origin position]							
Connectivity : Manipulation connection distance measurement [Equipment ip TIME N604E plus]							
obstacle avoidance : Check the number of times you hit an obstacle while driving							
The test statistics were derived through 30 iterations.							



그림 1. 실내 복도 주행



그림 2. 산 지형 주행



그림 3. 철제 다리

3. 결론

SPOT은 4족 보행 로봇이라는 특징으로 건설 현장의 어려운 지형 주행이 가능하고, 하드웨어 및 소프트웨어를 기반으로 다양한 센서들을 탑재하여 주행하는 동안 데이터들을 수집하고 이를 활용하여 건설 현장 관리를 유용하게 할 수 있다. 그러나 분석 결과 배터리 용량 부족, 상대적으로 토공사 현장에서 주행의 어려움으로 많은 작업 요구 및 인식 불가 장애물 등 한계점이 있다. 추가로 탑재하는 센서들의 추가적인 비용 및 기기 자체의 비용 부담으로 상용화가 어렵다는 한계점이 있다. 이러한 부분들은 향후 연구하여 개선 방안을 찾아낸다면 SPOT 로봇은 더 유용하게 건설 현장에서 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 논문은 2023년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업(과제번호: 2022R1C1C1005963)의 지원을 받아 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 박주영, 윤현정, 최진웅, 김상진, 윤완석. 건설 생산성 혁신 및 안전성 강화를 위한 스마트 건설 실증 사례 연구. 한국통신학회지(정보와통신). 2020. pp. 20-26.
2. Boston Dynamics 홈페이지 (<https://www.bostondynamics.com/products/spot>) - PRODUCTS - SPOT
3. 구조물해체·비계공사협회 시공기술정보 공사기술 [건축부문] 제2장 가설공사 - 건축구조물 비계