

무인순찰로봇 활용 데이터 기록 자동화를 위한 메타데이터 정의 및 시스템 구축

Metadata design and system development for autonomous data survey using unmanned patrol robots

정남철^{1*} · 이기륜² · 노현주²

Jung, Namcheol^{1*} · Lee, Giryun² · Nho, Hyunju²

Abstract : Unmanned patrol robots are currently being developed for autonomous data survey in construction sites. As the amount of data acquired by robots increases, it is important to utilize proper metadata and system to manage data flow. In this study, we developed three materials, metadata design, robot system and web system, in the purpose of automating construction site data survey using unmanned patrol robots. The metadata was mainly designed to represent when and where raw data was acquired. To identify the location of data acquired, localization data from SLAM algorithm was converted to suit the construction drawings. The robot system and web system were developed to generate, store and parse the raw data and metadata automatically. The materials developed in this study was adopted to Boston Dynamics SPOT, a quadruped robot. Autonomous data survey of 360-picture and environment sensor was tested in two construction sites and the robot worked as intended. As a further study, development on the autonomous data survey to improve the convenience and productivity will be continued.

키워드 : 무인순찰로봇, 메타데이터, 데이터 기록
Keywords : patrol robot, metadata, data survey

1. 서론

로봇의 협시 주행성능과 자율주행 기술이 발전함에 따라 건설현장에서 로봇을 활용하여 필요한 데이터를 취득하는 다양한 연구와 검증이 진행되고 있다[1,2,3]. 메타데이터는 사람이 필요로 하는 데이터를 설명해 주는 “데이터를 위한 데이터”로[4], 로봇으로 건설 현장 데이터를 자동으로 취득할 때 해당 데이터의 취득 시점과 장소, 타입 등을 체계적으로 기록하여 데이터 분류와 활용에 도움을 준다. 이는 인력에 의존하는 건설현장 데이터 기록 프로세스의 무인화에 기여한다는 점에서 의미가 있다.

본 연구는 건설 현장 데이터 기록 무인화를 위해 자율주행이 가능한 로봇을 활용하여 데이터를 기록할 때 필요한 메타데이터를 정의하고 이를 활용할 수 있는 시스템 구축을 목표로 한다. 4족보행로봇 Boston Dynamics SPOT[5]을 건설현장에서 운영하면서 본 논문에서 제안한 메타데이터와 이를 기록, 전송, 시각화하는 시스템을 진행하였다.

2. 연구 내용 및 결과

데이터 기록 무인화는 그림 1과 같이 기존 건설현장 데이터 기록 프로세스에서 사람이 수행하는 부분을 자율주행이 가능한 무인순찰로봇으로 대체하고 수집된 데이터를 시스템 내에서 자동으로 정보화하는 것을 의미한다. 이를 통해 위험구역 진입, 단순반복적인 데이터 취득 및 분류, 업로드 등의 업무 효율화가 가능해질 것으로 기대하고 있다.

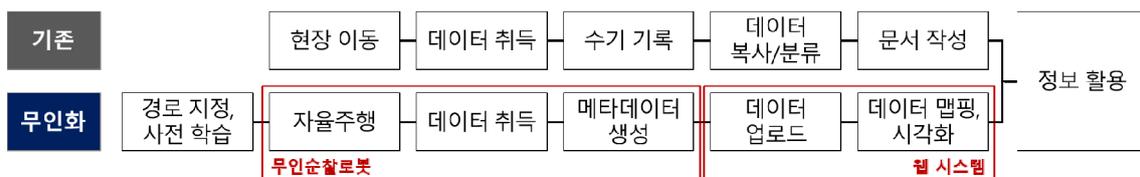


그림 1. 건설현장 데이터 기록 기존 및 무인화 프로세스

1) 현대건설 기술연구원 스마트건설연구실 건설자동화연구팀, 연구원, 교신저자(njung@hdec.co.kr)
2) 현대건설 기술연구원 스마트건설연구실 건설자동화연구팀, 연구원

2.1 메타데이터 정의

메타데이터는 HTTP 요청과 텍스트 전환이 용이한 JSON 형식으로 생성하여 활용하였다. 최상위 key는 robot_id, data_created_at, location, data_info로 구성하였다. robot_id는 데이터를 취득한 로봇의 고유 식별자로 현장 정보와 연동되어 활용된다. data_created_at은 데이터가 취득된 시점의 날짜와 시간을 기록하며 기본적으로 취득 일자를 기준으로 데이터를 그룹화했다. location은 로봇 자율주행과 측위에 활용되는 SLAM 알고리즘에서 위치(x, y, z 좌표)와 방향(quaternion)을 추출하여 기록한다. location의 하위 key로 robot_frame(SLAM 원점 기준 측위 값), drawing_id(데이터 위치를 표기할 도면의 식별자), drawing_frame(도면 기준 측위 값)을 구성했고 drawing_frame은 사전에 정의된 도면 정보에 따라 계산되어 기록된다. data_info는 data_type과 data_description으로 구성되고 data_type은 데이터의 유형, data_description은 원본 데이터를 object형태로 저장하거나 파일명, URI 등 data_type에 따라 원본 데이터를 식별할 수 있는 형태로 기록하였다.

2.2 시스템 구축

본 연구에서는 로봇 내부 서버와 웹 서버로 사용자 인터페이스를 구축했다. 로봇 내부 서버는 외부 요청(HTTP/MQTT)이나 미리 예약된 작업 스케줄에 따라 로봇 동작을 제어한다. 데이터 기록 시 센서 장비를 동작시킴과 동시에 메타데이터를 생성한다. 통신이 가능한 경우 해당 데이터와 메타데이터를 웹 서버로 전송하고 통신이 불가능한 경우 내부 데이터베이스에 저장한 후 추후에 웹 서버에 일괄 전송한다. 웹 서버는 데이터와 메타데이터를 수신하여 데이터베이스에 저장하고 사용자 요청 시에 해당하는 정보를 도면에 맵핑하여 기록된 시간에 따라 분류된 정보를 제공한다.

2.3 현장 검증

본 연구를 통해 도출된 메타데이터 형식과 시스템은 터널 공사 현장과 건축 공사 현장에서 검증을 진행하였다. Boston Dynamics SPOT에 360도 카메라와 환경 측정 센서를 부착하여 데이터 기록을 수행했고 LTE 통신 가능 구간, Wi-Fi 구간, 통신 음영 구간에서 실험을 진행하였다. 로봇 운영 결과, 본 연구에서 의도한 데이터 기록 자동화 프로세스가 원활하게 수행되는 것을 확인할 수 있었다.

3. 결론

본 연구에서는 로봇이 건설현장 데이터를 취득할 때 필요한 메타데이터를 제안하고 이를 활용하기 위한 시스템 구축과 현장 검증을 진행하였다. 검증 결과, 로봇에게 데이터 기록 지시를 한 후 별도의 개입 없이 데이터 취득과 분류가 진행되었고, 시스템을 통해 원하는 형태로 정보를 가공하여 열람할 수 있었다. 최근 필요성이 대두되는 스마트건설[6] 활성화에 본 연구가 기여할 수 있을 것으로 기대되며, 향후 계획으로 데이터 기록 무인화의 편의성과 생산성 향상을 위한 대한 연구개발을 지속할 예정이다.

참고문헌

1. Wetzel EM, Liu J, Leathem T, Sattineni A. The use of boston dynamics SPOT in support of LiDAR scanning on active construction sites. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction; 2022 Jul 13-15; Bogota, Columbia. p. 86-92.
2. Chung D, Paik S, Kim J, Kim H. Autonomous operation of a robot dog for point cloud data acquisition of scaffolds. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction; 2022 Jul 13-15; Bogota, Columbia. p. 93-98.
3. Govindaraju V, Tanasnitikul T, Wu Z, Lasang P. Mobile-robot and Cloud based Integrated Defect Inspection System for Indoor Environments. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction; 2023 Jul 5-7; Chennai, India. p. 124-131.
4. Baca M. Introduction to Metadata 3rd edition. Los Angeles: Getty Publications. 2016. ISBN 978-1-60606-479-5.
5. Boston Dynamics. Spot | Boston Dynamics. 2023. <https://www.bostondynamics.com/spot>. accessed 2023. 10. 20.
6. 국토교통부. 2025년까지 스마트 건설 핵심기술 상용화 실현. 2020. https://molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmspage=90&id=95083436. accessed 2023. 10. 20.