

2D LiDAR 기반 사용자 추적 데이터셋 구축

오지용, 정유수, 이준구

한국전자통신연구원 대경권연구본부

{jiyongoh, yoosoojeong, leejg01679}@etri.re.kr

Constructing a Dataset for 2D LiDAR-Based Target-Person Tracking

Jiyong Oh, Yoosoo Jeong, and Joon-Goo Lee

Daegu-Gyeongbuk Research Division

Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

본 연구의 목적은 비용 효율적인 사용자 추종 로봇을 개발하기 위해 2D LiDAR만으로 동작하는 사용자 추종 로봇을 개발하는 것이다. 획득 정보가 단순하지만, 비교적 제작 단가가 낮은 2D LiDAR 센서만을 이용하면서, 인공지능 기술을 활용하여 최대한 끌어 올려, 비용 효율적이면서 동시에 사람 추적에 있어 충분한 성능을 가질 수 있는 추종 로봇을 개발하고자 한다. 하지만 기존에 공개된 2D LiDAR 데이터셋은 검출 기술 개발을 위해 가공되어 추적 기술 개발에 활용하기에는 적합하지 않다. 본 논문에서는 2D LiDAR 기반 사용자 추적 데이터셋을 수집 및 가공하는 과정과 추적 기술에 필요한 변수 설정을 위한 데이터셋의 분석을 소개한다.

I. 서론

이동로봇의 자율주행은 주어진 목적지까지 스스로 안전하게 이동하는 기술이지만 택배 배송, 농작업 등과 같이 이동 과정에서 적재물의 상하차 작업이 빈번하게 발생하는 시나리오에서는 이동로봇이 적재물을 싣고 특정 사용자를 따라다니는 사용자 추종 기술이 더 유용하다. 이동로봇이 특정 사용자를 따라다니기 위해서는 이동로봇을 기준으로 사용자의 상대 위치를 추정해야 한다. 실제 판매되고 있는 추종 로봇들에는 사용자의 위치를 추적하기 위해 전파 기반의 비콘 단말기, RGBD 센서, 2D LiDAR 센서 등이 사용된다. 그중에 RGBD 센서는 다양한 변이가 혼재하는 환경에서도 사용자를 정확하게 추적할 수 있는 인공지능 기술을 적용할 수 있어 작업 공간에 많은 사람들이 동시에 활동하는 복잡한 환경에서 동작하는 추종 로봇에 적합하다. 반면에 2D LiDAR 센서는 상대적으로 사용자와 다른 사람들을 구분하기 어렵기 때문에 2D LiDAR 센서는 사용자 이외에 다른 사람들이 많지 않은 환경에서 동작하는 추종 로봇에 적합하다.

본 연구의 최종 목적은 2D LiDAR 기반 사용자 추적을 위한 인공지능 기술을 개발하는 것이다. 2D LiDAR 데이터에 인공지능 기술을 적용하기 위해 DROW 데이터셋[1]이 공개되었지만 이 데이터셋은 사람 검출 알고리즘 개발을 목적으로 수집 및 가공되었기 때문에 추적 연구에는 적합하지 않다. 따라서 본 논문에서는 사용자 추종 시나리오에 맞춰 2D LiDAR 데이터를 수집하고 추적 대상인 특정 사용자에 대한 레이블링(labeling)을 수행하여 구축한 2D LiDAR 기반 사용자 추적 데이터셋을 소개한다.

II. 본론

1. 데이터셋 수집 및 어노테이션

본 연구에서는 2D LiDAR 센서로 SLAMTEC사의 RPLiDAR S1을 선택하였으며, [2]과 같이 어노테이션 작업을 쉽게 하기 위해 StereoLabs사의 ZED 2i를 추가로 활용하였다. 사용자 추종 시나리오에 맞춰 데이터를 수집하기 위해 수동 카트에 두 센서를 장착하였으며 2D LiDAR 센서는

표 1. 시퀀스에 포함된 프레임 갯수

seq.	# frames	seq.	# frames	seq.	# frames
1	1964	8	1803	15	1348
2	1378	9	1502	16	2236
3	1592	10	1689	17	2739
4	1267	11	1412	18	1922
5	1177	12	1938	19	1502
6	1301	13	1815	20	1355
7	1369	14	1428	total	32737

바닥으로부터 약 55cm 높이에 위치시켰다. 그리고 센서 데이터 간의 시간 동기화를 위해 ROS 2의 message filter를 사용하였고, LiDAR로 수집된 점들을 영상으로 투영하기 위해 OpenCV의 solvePnP 함수 기반 캘리브레이션 수행하였다. 데이터셋은 한국전자통신연구원 대경권연구본부 1동의 1층과 3층에서 수집되었으며 데이터셋 수집에는 8명이 참여하였다. 데이터셋을 수집하는 과정에서는 사용자 위치의 다양성을 확보하기 위해 센서와 사용자의 상대 위치를 지속적으로 변화시켰다. 이러한 과정을 통해 표 1과 같이 총 20개의 시퀀스(sequence)를 수집하였다.

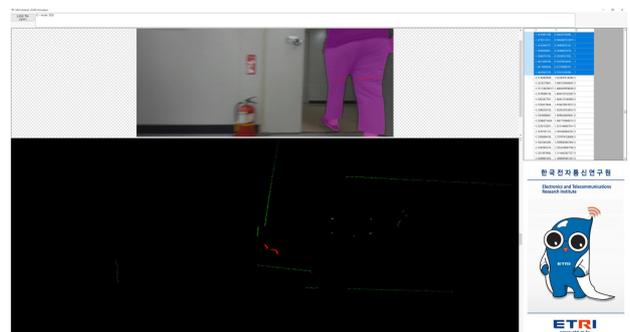


그림 1. 어노테이션을 위한 GUI 프로그램

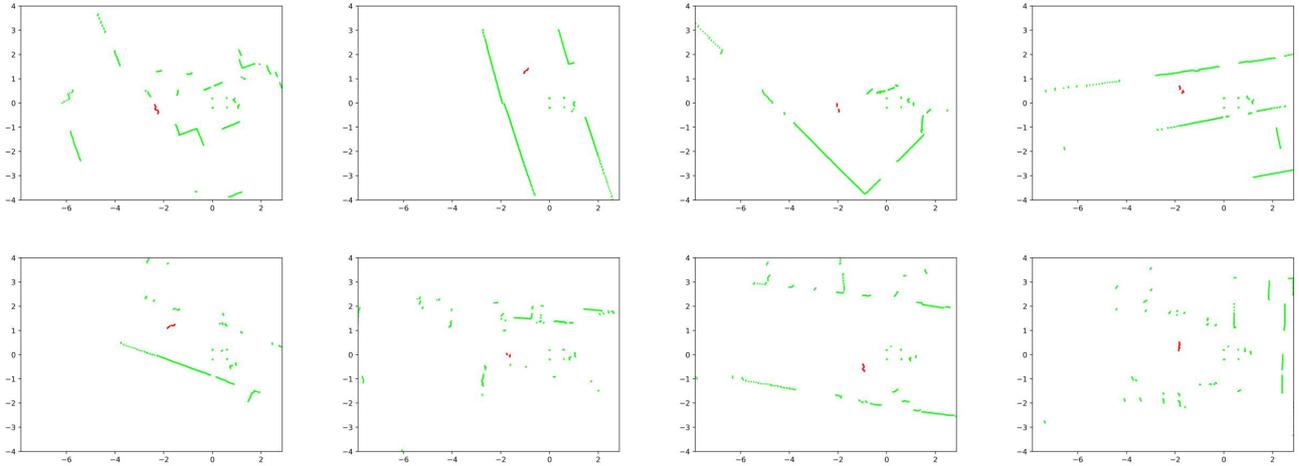


그림 2. 어노테이션 작업 결과

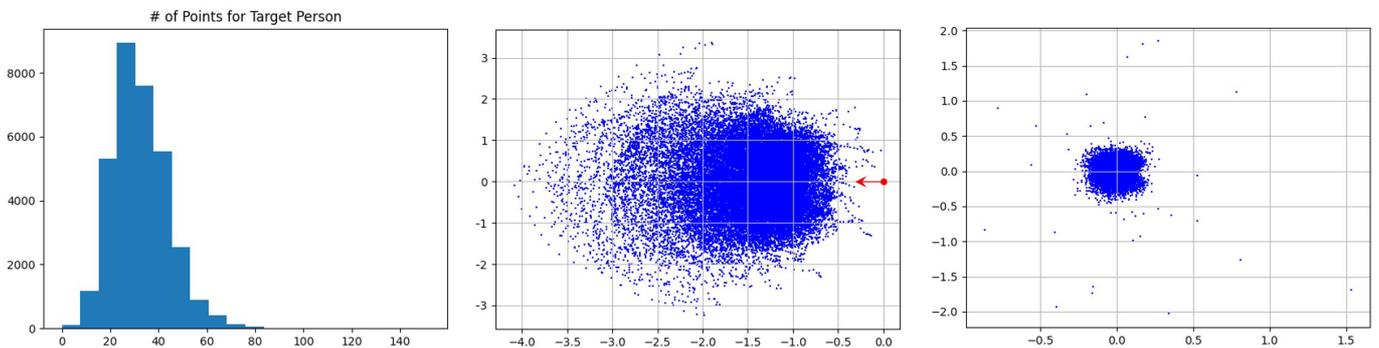


그림 3. (좌)사용자에 해당하는 점들 개수의 분포, (중)센서 기준 사용자의 위치 분포, (우)사용자의 움직임에 대한 분포

수집된 시퀀스에 포함된 각각의 2D LiDAR 데이터의 어노테이션은 2D LiDAR의 데이터를 구성하는 2차원 점들을 추종 대상인 사용자에 해당하는 점들(1)과 그렇지 않은 점들(0)로 구분하는 작업을 의미한다. 이를 위해 그림 1과 같은 GUI 프로그램을 제작 및 활용하였으며, 그림 2는 어노테이션 작업 결과의 예를 보여준다. 어노테이션 과정을 통해 사용자의 다리 부분에 해당하는 2D LiDAR의 점들이 센서에 대한 사용자의 방향, 사용자가 착용하고 있는 옷, 다리의 움직임, 등에 의해 다양한 모양으로 분포하고 있는 것을 확인할 수 있었다.

2. 데이터셋 분석

2D LiDAR에 의해 수집된 각 프레임은 최소 537개에서 최대 1,043개까지의 점들로 구성되었으며 평균 포인트 갯수는 906.15개였다. 또한 각 프레임에 포함된 점들 중에 추적 대상에 해당하는 점들은 최소 0개, 최대 152개, 평균 32.38개였으며 그림 3의 왼쪽 그림은 이러한 점들의 분포를 보여준다. 사용자에 해당하는 점들이 0개인 경우는 사용자가 벽이나 다른 물체에 의해 가려진 상황을 의미한다. 그림 3의 가운데 그림은 센서를 기준으로 사용자의 위치(사용자에 해당하는 점들의 평균 좌표)를 나타내며, 빨간색 화살표는 센서의 위치와 방향을 의미한다. 우리는 이 그림을 통해 수집된 데이터셋의 사용자 위치가 특정 위치들에 집중되지 않고 비교적 골고루 다양하게 분포되어 있음을 확인할 수 있다. 그림 3의 오른쪽 그림은 연속된 두 프레임 사이의 사용자 위치의 변화에 대한 분포를 보여주고 있다. 이 분포를 통해 다음 프레임에서의 사용자가 위치할 수 있는 영역을 제한할 수 있으며 이를 바탕으로 [3], [4]와 같은 Siamese 네트워크 기반 추적기의 검색 영역을 결정할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 2D LiDAR 기반 사용자 추적을 위한 인공지능 기술 개발에 필요한 데이터셋을 구축하는 과정에 데이터셋에 대한 간략한 분석 결과를 소개하였다. 우리는 추가적으로 데이터를 수집하고 가공할 예정이며 구축된 데이터를 활용하여 2D LiDAR 기반 사용자 추적기술을 개발할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 과학기술사업화진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임('학연협력플랫폼구축 시범사업' RS-2023-00304776).

참고 문헌

- [1] L. Beyer et al., "Deep Person Detection in 2D Range Data," *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol. 3, issue 3, pp. 2726-2733, July 2018.
- [2] D. Jia et al., "Self-Supervised Person Detection in 2D Range Data using a Calibrated Camera," *2021 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* 2021.
- [3] S. Feng et al., "Multi-Correlation Siamese Transformer Network with Dense Connection for 3D Single Object Tracking," *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol. 8, issue 12, pp. 8066-8073, Dec. 2023.
- [4] Z. Li et al., "Motion-to-Matching: A Mixed Paradigm for 3D Single Object Tracking," *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol. 9, issue 2, pp. 1468-1475, Feb. 2024.