

단일 RGB 센서 기반 사용자 추종 로봇 기술에 관한 연구

하민세, 이장훈, 배완기, 이종택*
경북대학교 IT 대학 컴퓨터학부

haminse@knu.ac.kr, tig06172@knu.ac.kr, bwg7408@knu.ac.kr, *jongtaeklee@knu.ac.kr

A Study on User-Following Robot based on a Single RGB Sensor

Minse Ha, Janghoon Lee, Wan-Gi Bae, Jong Taek Lee*
School of Computer Science and Engineering, Kyungpook National University

요약

본 연구에서는 단일 RGB 센서만을 이용한 사용자 추종 로봇 기술을 제안한다. 기존의 사용자 추종 로봇은 고가의 RGBD 센서 또는 3D LiDAR 센서를 사용하여 단가가 거나 2D LiDAR 와 같은 저비용 센서를 사용할 경우 정확성의 문제를 겪는다. 이를 대체하기 위해, 사전 학습된 2D 자세 추정 모델을 활용하여 키포인트간 거리 정보를 얻어낸다. 해당 거리 정보를 이용하여 선형 회귀 모델을 학습하고 이를 통해 사용자와 로봇 간의 깊이를 추정한다. 실험 결과, 학습된 선형 회귀 모델은 0.1m 내외의 깊이 추정 성능을 보였으며, 또한 로봇 제어 환경에서 제안 방법과 깊이 감지 센서를 활용한 사용자 추종 성능을 비교한 결과, 두 방법의 차이는 0.1m 내외로 제안 방법의 가능성을 보였다.

I. 서론

최근 저출산으로 인한 노동력 감소 문제가 대두되고 있으며, 이에 따라 제조, 물류, 의료, 농업 등의 분야에서 업무 효율성을 증대시킬 필요성이 대두되고 있다. 사용자 추종 로봇은 이를 해결하기 위한 방안으로 사용자의 작업이 빈번하게 요구되는 농작물 관리 및 수확, 물품 분류, 택배 배송, 서빙, 배달 등과 같은 업무에서 자율 주행 기능보다 더 적합하다. 최근 인공지능 기술의 발전으로 인해 사용자 추종 로봇의 성능 또한 많은 발전을 이루었으나, 기존 사용자 추종 로봇은 고비용의 RGBD 센서나 3D LiDAR 센서를 사용하여 [1] 단가가 높아지거나 저비용의 2D LiDAR 센서 사용 시 정확도와 신뢰성 면에서 제한을 지니게 된다. 본 논문에서는 자세 추정 모델을 이용하여 단일 RGB 센서만으로 사용자 추종 기능을 구현하여 원가를 절감함과 동시에 높은 성능을 이루고자 한다.

II. 본론

본 연구에서는 단일 RGB 센서를 활용한 사용자 추종 로봇 기술을 위해 자세 정보를 이용한 깊이 추정 방법을 제안한다.

1. 사용 모델

자세 정보 추정에는 사전 학습된 YOLO-Pose-n 모델[2] 이 사용되었다.



그림 1 단일 RGB 센서를 이용한 사용자 추종 로봇

제안된 방법은 자세 추정 모델의 총 17 개의 키포인트 중 좌측 어깨, 우측 어깨, 좌측 골반, 우측 골반 4 개의 상체 키포인트 간의 거리를 통해 사용자와 로봇 사이 깊이를 추정한다. 깊이 추정에는 선형 회귀 모델을 이용하였다.

그림 1 과 같이 로봇은 사람을 탐지하면 ROS 내의 이동을 관장하는 노드에 일정한 linear 값을 피블리싱하여 등속 이동되며, 모델을 통해 추정된 거리가 사전에 설정한 임계 거리에 도달할 때까지 이동한다.

2. 데이터 수집 및 사용장비

데이터는 5 개의 자세 시나리오로 수집하였고, 각각 90 도 옆으로 서기, 양 팔 벌리기, 정면 가르키기, 제자리 서기, 45 도 옆으로 서기의 경우이며, 각 시나리오 대해 2m, 3m 거리에서 수집하였다. 촬영에는 Intel Realsense D435 의 RGB 카메라 모드를 이용했으며, 로봇은 ROS

Noetic 버전의 NUC 보드를 장착한 (주모빈의 M-2 로봇을 사용하였다. 해당 로봇의 프레임 크기는 562 * 760 * 896mm (W*D*H) 이며 카메라 센서는 높이 840mm 에 부착하였다.

3. 실험 및 실험 결과

깊이 추정을 위한 선형 회귀 모델의 학습에는 총 20 개의 샘플을 사용하였고, 입력 값을 정규화 하여 사용하였다. 모델의 성능 평가는 거리 2m, 3m 별 5 개의 자세 시나리오, 총 10 개의 샘플에서 수행되었다.

표 1 은 학습된 선형 회귀 모델의 거리별 평균 예측 결과이다. 예측 값과 정답 값의 오차가 약 0.1m 미만으로 나타나 깊이 감지 센서 없이도 깊이 추정을 할 수 있음을 보였다.

또한 로봇 제어 환경에서 제안 방법을 평가하기 위하여 깊이 감지 센서를 사용하여 사용자 추종을 수행했을 때와 비교했다. 로봇이 이동을 멈춰야 하는 임계 거리는 2m 로 설정했다. 제안한 방법은 자세 정보를 기반으로 한 깊이 추정으로 이동하며, 깊이 감지 센서를 사용한 경우 탐지된 사람에서 가장 가까운 점과의 거리를 기준으로 이동한다. 그림 2 의 좌측은 자세 추정 모델을 통해 키포인트를 얻은 이미지이고, 우측은 깊이 감지 센서를 통해 탐지된 사람의 가장 가까운 점과 거리를 나타낸 것이다.

표 2 는 제안 방법과 깊이 감지 센서 기반 방법을 비교한 것이다. 제자리 서기, 정면 가르키기, 45 도 옆으로 서기 3 개의 자세 시나리오에서 평가했으며, Error(ours)는 제안한 방법이 로봇이 이동을 멈췄을 때, 임계 거리인 2m 와의 차이를 나타낸 것이며 Error(depth)는 깊이 감지 센서를 사용한 경우의 오차이다. 정면 가르키기를 제외하면, 제안한 방법은 깊이 감지 센서를 사용한 것과 오차가 0.1m 내외로 근소한 차이를 보이는 것을 확인할 수 있다. 정면 가르키기의 경우 깊이 감지 센서는 손끝으로 기준으로 삼아 이동하지만 제안 방법의 경우 그대로 상체의 키포인트를 기반으로 이동하기 때문에 이와 같은 차이가 발생한 것으로 보인다.

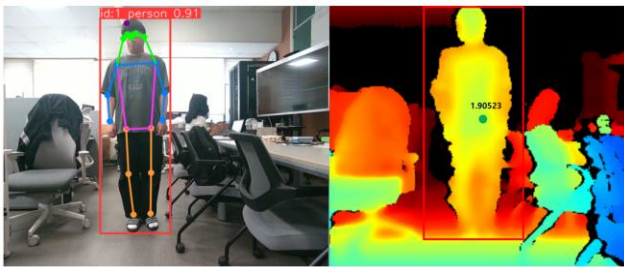


그림 2(좌) 자세 추정 결과 (우) 깊이 감지 결과

표 1. 선형 회귀 모델의 깊이 추정 결과

GT (m)	Prediction (m)	Error (m)
2	1.9285	0.0715
3	2.9726	0.0274

표 2. 깊이 감지 센서와 자세 추정 기반 사용자 추종 성능 비교

Scenario	Limit Distance (m)	Error [ours] (m)	Error [depth] (m)
Stand	2	0.2454	0.1246
Pointing	2	0.5756	0.1033
Rotate 45	2	0.208	0.1483

III. 결론

본 논문에서는 자세 정보를 이용하여 깊이 감지 센서 없이 단일 RGB 만으로 사용자 추종 기술을 보였다. 실험 결과, 깊이 감지 센서사용과 비교하였을 때 0.1m 내외의 차이를 보여 가능성을 보였다. 그러나 현재는 정면 가르키기와 같이 사용자의 자세에 따라 불안정한 거리 예측 결과가 나타날 수 있으며, 추종 중 발생하는 다양한 주변 환경 및 상황 변화에 강인하지 못하다는 한계점이 존재한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부 (과학기술정보통신부)의 재원으로 과학 기술사업화진흥원의 지원을 받아 수행된 연구 (‘학연 협력 플랫폼 구축 시범 사업’ RS-2023-00304695) 및 2024 년도 대구광역시 의 재원으로 (재)대구기계부품연구원의 지원을 받아 수행된 로봇 산업 가치사슬 확장 및 상생시스템 구축 사업의 연구 결과로 수행되었음

참 고 문 헌

- [1] Hyun-sik Son, Deok-keun Kim, and Seung-hwan Yang, "Development of Following Algorithm for Human-Following Robots using Deep-Learning Technology and Depth Camera," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, vol. 28, no. 2, pp. 95-101, 2022
- [2] Ultralytics, YOLOv8, (<https://github.com/ultralytics/ultralytics>).