

사람 재식별을 위한 Camera-2D LiDAR 융합 객체 매칭 시스템

서정형, 신수용

국립금오공과대학교

jeonghyeongseo@kumoh.ac.kr, wdragon@kumoh.ac.kr

A Camera-2D LiDAR Fusion-Based Object Matching System for Person Re-Identification

Seo Jeong Hyeong, Shin Soo Young

Kumoh National Institute of Technology

요약

본 논문은 UGV 환경에서 RGB 카메라와 2D LiDAR를 융합한 사람 재식별 및 추적 시스템을 제안한다. 제안 시스템은 RGB 카메라의 영상 데이터를 YOLO와 DeepSORT로 처리하여 객체를 탐지하고 추적하며, 동시에 2D LiDAR를 이용하여 객체의 위치 정보를 독립적으로 추적한다. 두 센서의 좌표계를 정렬하여 객체 간의 위치 유사성을 비교하여 객체에 Global ID를 할당하여 객체 추적의 연속성을 확보한다. 이를 통해 객체가 카메라 시야 밖으로 나갈 때 2D LiDAR의 위치 통해 Global ID를 유지하여 객체가 카메라 시야 재진입 시에도 동일 ID로 객체 재식별이 가능하다. 이를 통해 카메라 기반 추적 시 발생하는 ID-Switch 문제를 해결하고 추적 연속성을 높일 수 있다.

I. 서론

UGV(Unmanned Ground Vehicle)는 다양한 임무 환경에서 사람과의 상호작용, 접근 제어, 특정 인물의 추적 등 복합적인 기능 수행이 요구된다. 특히 구조, 보안, 순찰, 물류 자동화 등의 응용에서 지속적으로 동일한 사람을 식별하고 추적하는 기능은 핵심적인 요소로 작용한다. 기존 UGV에서 사용자 추종 시스템은 Camera 센서의 Image정보에서 You Only Look Once(YOLO)등의 Object Detection 알고리즘으로 사용자를 탐지하고 Simple Online and RealTime Tracking(SORT)나 Simple Online and Realtime Tracking with a Deep Association Metric(Deep SORT)등의 Multi-Object Tracking(MOT)을 사용하여 사용자를 추적한다[1][2]. 그러나 평균적인 Camera의 FOV는 90~110도이며 이로 인해 UGV가 Camera를 사용하여 사용자 추종 주행 중인 상황에서 사용자가 Camera의 FOV를 퇴장하는 상황이 발생하기 쉽다. 사용자가 Camera의 FOV를 퇴장한 뒤 재등장 하는 상황에서 MOT 알고리즘의 한계점인 ID-Switch 문제가 발생한다[3]. DeepSORT와 같은 대표적인 영상 기반 MOT는 사람의 외관 정보를 바탕으로 추적을 수행하지만, 시야 이탈 후 동일인을 재식별하는 데 한계가 있다. 이는 UGV가 복잡한 환경을 이동하면서 사람을 일관되게 인식하기 어려운 원인 중 하나다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 Camera와 2D LiDAR를 융합한 사람 재식별 시스템을 제안한다. Camera의 Image 정보와 DeepSORT 같은 MOT 알고리즘을 통해 사람을 탐지 및 추적하고, 동시에 2D LiDAR는 거리 정보를 이용하여 MOT 알고리즘을 보정하여 ID-Switch를 방지한다. 특히 사용자가 Camera의 FOV 밖으로 퇴장 후 재등장 상황에 발생하는 ID-Switch를 대응하기 위해 Camera의 FOV 밖에서도 2D LiDAR를 이용해 사용자를 추적한다. 이를 통해 사람이 Camera의 FOV를 퇴장한 뒤 다시 등장하더라도 2D LiDAR를 통해 사용자의 ID를 Camera의 FOV 안에서 복원하여 ID-Switch를 대응한다. 제안하는 방법은 UGV가 사람 중심의 작업을 수

행하는 환경에서 신뢰도 높은 추적 및 재식별을 가능하게 하며, 기존 영상 기반 추적 방식의 한계를 보완할 수 있는 실용적인 대안이 될 수 있다.

II. 본론

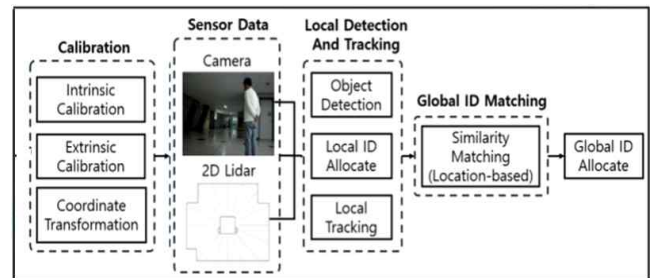


그림 1 Camera-2D Lidar 융합 시스템 구성도

그림 1은 제안하는 시스템의 순서도를 나타낸다. 해당 시스템은 UGV(Unmanned Ground Vehicle)에 탑재된 RGB 카메라와 2D LiDAR 센서를 기반으로 하며, 두 센서의 데이터를 효과적으로 융합하여 객체의 연속적인 식별과 추적이 가능하도록 구성되어 있다. 먼저, 각 센서 데이터를 수집한 후, Calibration 과정을 통해 두 센서의 좌표계를 정렬한다. 이 과정에서는 먼저 카메라의 내부 파라미터를 체커보드 기반의 보정 방법을 통해 추정하고, 삼각형 타겟을 활용한 외부 Calibration 을 통해 LiDAR와



그림 2 Camera-2D LiDAR Calibration 투영

카메라 간의 위치 및 자세 관계를 계산한다. 이렇게 획득한 변환 정보는 Coordinate Transformation을 통해 LiDAR 데이터를 카메라 좌표계로 정렬하는 데 사용된다. 그림2는 Calibration이 실행 된 화면이다. 이 과정은 센서 장착 후 1회 수행되며, 이후 센서 위치를 변경하지 않는 경우 반복 수행할 필요는 없다[4].

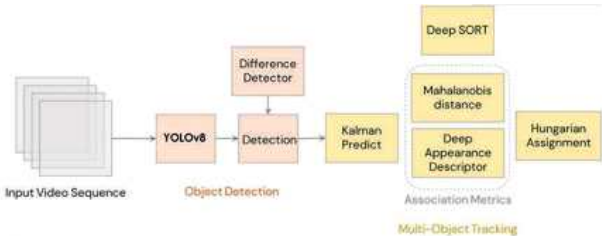


그림 3 YOLOv8+DeepSORT 흐름도
Calibration 후 Local Detection and Tracking 에서는 각 센서에서 독립적으로 객체를 인식하고 추적한다. Camera 는 YOLOv8알고리즘을 활용하여 객체를 탐지하고, DeepSORT 로 외관 정보를 기반으로 객체를 추적한다[3]. 그림 3 은 카메라를 이용한 사용자 추적 과정의 흐름을 보여준다.

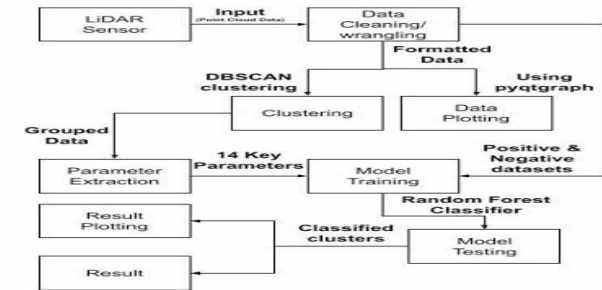


그림 4 2D Lidar 기반 자세 탐지 및 추적 흐름도

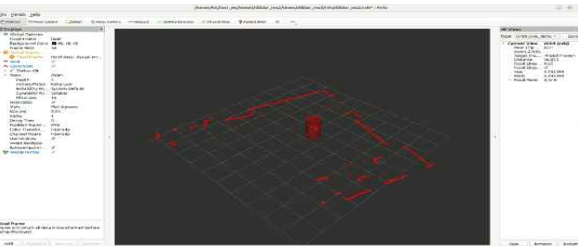


그림 5 2D Lidar 기반 자세 탐지 및 추적 실행
그림 4은 2D Lidar를 이용한 사용자 추적 과정의 흐름을 보여준다. 2D LiDAR를 통해 2차원 거리 정보를 얻는다. 사람 추적을 실행하기 전 추적의 정확도를 높이기 위해 DBSCAN 클러스터링 알고리즘을 활용하여 하체 영역의 거리 데이터를 분석하고, 객체의 위치 및 형태 정보를 바탕으로 사람을 감지하며 정해진 높이와 탐지 결과에 기반한 너비를 가진 바운딩 박스를 생성한다. 이후 EKF를 통해 각 객체를 Tracking 한다.. 그림 5는 2D Lidar 기반 자세 탐지 및 추적기의 실행 화면이다. 거리 정보 맵 가운데 붉은 원기둥으로 표시된 사용자를 확인 할 수 있다. 세 번째 단계는 Feature Matching으로, 두 센서에서 감지된 객체의 위치 정보를 기반으로 동일 객체 여부를 판단한다. 카메라 FOV 내부의 사람은 Deepsort 결과 바운딩 박스와 Lidar 추적기의 바운딩 박스의 IOU 값이 임계값 이하인 경우의 바운딩 박스들을 헝가리안 기법을 통해 매칭한다. 카메라 FOV 외부의 사람은 2D Lidar와 DBSCAN 및 EKF를 통하여 추적한다.. 위의 방법을 통해 각 객체들에게 센서퓨전에서 사용하는 통합된 Global ID를 부여한다. 이를 통해 객체가 카메라 시야에서 벗어났다가 재등장하더라도, LiDAR의 위치 추적 정보에 기반 하여 동일 객체로 재식별할 수 있다. 또한 사용자가 카메라의 FOV 내에 존재할 때 Deepsort의 동일 객체 확률에 2D LiDAR의 Depth값을 통한 보정값을 추가하여 Deepsort의 정확도를

높일 수 있다. 이를 통한 Camera 기반 MOT의 가림 현상 ID-Switch 또한 대응이 가능하다.

III. 결론

본 논문은 Camera와 2D LiDAR를 융합하여 UGV 환경에서 사람 재식별의 정확도를 높이는 시스템을 제안하였다. 제안 시스템은 삼각형 타겟을 이용한 센서 캘리브레이션을 통해 정확한 좌표 정렬을 수행하고, 이후 각 센서에서 독립적으로 객체를 탐지 및 추적한다. 최종적으로 IOU와 헝가리안 기법을 통한 위치 기반의 유사성 평가를 통해 센서 데이터를 매칭하여 Global ID를 할당하고 객체 추적의 연속성을 확보한다. 향후 실제 환경에서 구현하여 정량적인 성능 평가 및 최적화를 수행할 예정이다. 또한 제안된 객체 매칭 기법은 향후 조도나 자세 변화와 같은 환경적 요인에 취약한 카메라 기반 Re-ID 알고리즘의 성능 향상에도 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program(IITP-2025-RS-2024-00437190) supervised by the IITP(Institute for Information & Communications Technology Planning & Evaluation, 50%) This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(2018R1A6A1A03024003, 50%)

참 고 문 헌

[1] Jocher, G., Chaurasia, A., & Qiu, J. (2023). Ultralytics YOLO(V version8.0.0)[Computersoftware].<https://github.com/ultralytics/ultralytics>.

[2] Wojke, N., Bewley, A., & Paulus, D. (2017). Simple Online and Realtime Tracking with a Deep Association Metric. 2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 3645–3649.

[3] P. Sun, J. Cao, Y. Jiang, R. Zhang, E. Xie, Z. Yuan, C. Wang, P. Luo, and L. Li, "TransTrack: Multiple Object Tracking with Transformer," arXivpreprint arXiv:2012.15460, 2020.

[4] Ye, Quan, Leizheng Shu, and Wei Zhang. "Extrinsic calibration of a monocular camera and a single line scanning Lidar." 2019 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA). IEEE, 2019.

[5] Gupta, G. Vishwanath, et al. "A Bipedal detection and tracking algorithm using 2D LiDAR." 2022 13th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT). IEEE, 2022.

[6] H. Zhu, Y. Chao and H. Lu, "Advancing Robot Person Following with Multi-Object Tracking and Dynamic ID Switching," 2024 5th International Conference on Artificial Intelligence and Electromechanical Automation (AIEA), Shenzhen, China, 2024, pp. 104–115, doi: 10.1109/AIEA62095.2024.10692403.