실내 동적 환경에서의 SLAM 및 딥러닝 기반 미아 발견 시스템

*김은비[1], 최영은[2], 강수현[2], 김소연[2], 김해영[2], 신수용[1]
IT융복합공학과[1], 제어및로봇전공[2]
국립금오공과대학교

bzzz@kumoh.ac.kr, choiye1122@kumoh.ac.kr, dirux0101@kumoh.ac.kr, dus5125@kumoh.ac.kr, kjh9247@kumoh.ac.kr wdragon@kumoh.ac.kr

SLAM and deep learning-based missing child detection system in an indoor dynamic environment

*Eun-Bee Kim[1], Yeong-Eun Choi[2], Su-Hyeon Kang[2], So-Yeon Kim[2], Hae-Yeong Kim[2], Soo-Young Shin[1]
IT ConDepartment of IT Convergence Engineering[1], Majors of Control and Robot Engineering[2]
Kumoh National Institute of Technology

요 약

본 논문은 실내 다중이용시설에서 미아가 발생하는 경우 딥러닝 기반의 multi-label 분류 알고리즘을 사용하여 미아를 발견하는 시스템을 제안한다. 미아 신고접수가 들어오면 아동이 착용한 옷의 색상과 종류 및 신장 정보를 입력하고 딥러닝 기술을 활용하여 입력된 정보와 일치한 아동을 찾는다. 로봇은 SLAM과 Navigation을 이용하여 이동하고 미아를 발견한 경우, SLAM의 Localization(위치 추정) 기능으로 이용시설의 관리자에게 미아의 위치를 전송하여 신속하게 찾을 수 있도록 한다.

Ⅰ. 서 론

최근 5년 경찰청 실종아동 신고 접수는 매해 약 4만 건에 이르렀다. 또한, 실종아동 전문기관의 실종에 대한 인식조사에 따르면 실종 발생 장소로 다중이용시설이 60.3%로 가장 높았다. 이에 따라 실종자를 추적하는 시스템들이 많이 개발되고 있는데, 그 예로 CCTV를 이용한 딥러닝 기반의 실종자 인식 시스템이 있다. 그러나, CCTV는 사각지대로 인해 볼 수 없는 구역이 있다는 단점이 있고, 다중이용시설 내부에 많은 개수의 CCTV가 설치되어 있지 않아 실종아동을 찾기에는 한계가 있다. 그러므로 본 논문에서는 다중이용시설에서 CCTV가 보지 못하는 구역을 탐색하기 위해 자율주행 로봇을 이용한 SLAM 및 딥러닝 기반 미아 발견 시스템을 제안한다.

Ⅱ. 알고리즘

본 연구의 전체 시스템 알고리즘은 하드웨어 제어, 세부 프로세스(다중라벨분류, 신장 추정, SLAM 및 Navigation) 간의 통신, 3차원 시각화 도구 사용 등을 위해 ROS(Robot Operating System) 환경에서 구현하였다.

전체 알고리즘 흐름도는 그림 1과 같다. 로봇에 미아 정보를 입력값으로 주고 탐색 알고리즘이 시작되면 로봇은 키 측정을 수행하는데 이때 로봇은 사전에 그려진 다중이용시설의 2D Map 상에서 Navigation을 통해 경로계획을 하며 돌아다닌다. 키 측정을 수행하면서 입력정보와 일치한 대상을 찾게 되면 다중라벨분류를 수행한다. 미아의 옷 종류가 입력값과 일치한다면 SLAM의 Localization 기능과 Navigation 시각화를 통해 미아의 위치를 관리자에게 전송하고, 시작 위치로 돌아간 후 전체 알고리즘을 종료한다.

Ⅲ. 다중라벨분류(Multi-label classification)

딥러닝 객체 검출 기술 중에는 이미지 분류(Classification)가 있는데, 이는 한 이미지 안의 객체의 종류를 구분하는 행위이다. 본 연구에서는 미아가 착용한 옷의 정보를 입력으로 받아 미아를 찾을 것이기 때문에, 옷의 색상 또는 종류 중 하나만 입력으로 받아 찾게 된다면 일치하는 대상이 너무 많아질 것이다. 그러므로 하나의 객체에 대해서 여러 개의 라벨(옷의 색상 및 종류)로 나눌 수 있는 다중라벨 분류를 사용하여 정확도를 높이고자 한다[1].

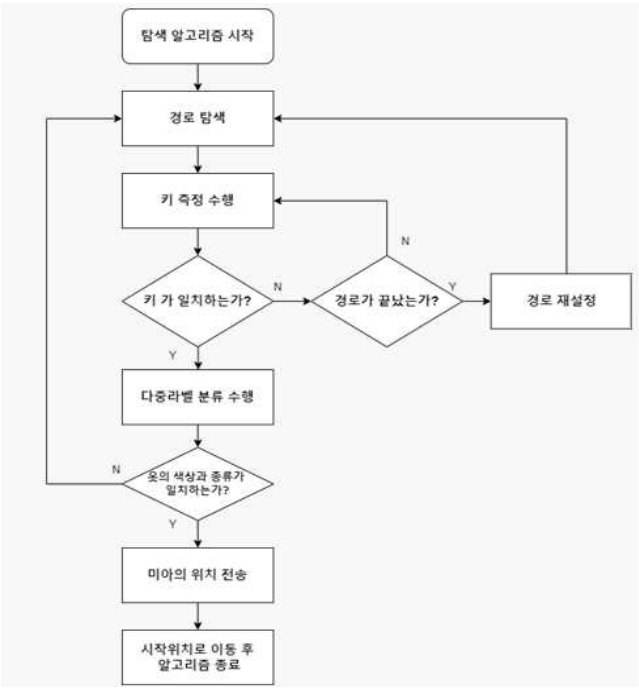

그림 1 알고리즘

Ⅳ. 신장 추정 (Height estimation)

신장 추정을 하기 위해 RealSense D455 카메라에서 제공되는 기능을 이용하였다. 먼저 Color data를 사용하여 사람을 감지한 다음 원시 Depth data를 사용하여 3차원 좌표 배열을 생성한다. 감지된 각 개체의 3차원 좌표를 쿼리(Query)하여 개별 좌표에 해당되는 거리를 추출한다. 추출된 거리의 이상치

를 줄이기 위해 Z중앙값에서 멀어진 Z값에 해당하는 Y값을 제거한다. 이때 각 사람의 신장은 Y 방향의 길이로 추정할 수 있다[2].

V. SLAM 및 Navigation

실종아동 탐색에 사용되는 로봇 이동 부분에는 SLAM과 Navigation이 사용된다. 로봇은 사전에 Lidar 기반 SLAM인 Cartographer 방식을 이용하여 작성된 2D 지도로 Navigation을 수행한다[3]. Path Planning에는 동적 객체 충돌 회피 기능을 가진 DWA(Dynamic Window Approach) 알고리즘과 정적 환경에 적합한 A* 알고리즘이 같이 사용된다[4].

추가로, 미아가 있을 확률이 높은 곳들을 경유하며 효율적으로 미아를 탐색하기 위해 TSP(Travelling Salesman Problem) 알고리즘이 적용된다. TSP는 경유 지점 개수와 지점 좌표들을 정하고, 그 지점 간의 비용을 고려하여 가장 효율적인 순서로 Path Planning을 수행한다. 모든 경유 지점들을 탐색한 후에는 시작 지점으로 돌아오며 이 과정은 미아를 찾을 때까지 반복된다.

로봇은 Path Planning을 통해 돌아다니면서, ORB SLAM3 수행을 통해 실시간으로 3D MAP을 그려 현재 로봇의 위치와 다중이용시설 내의 주변 상황을 파악한다[5].

VI 구현

전체적인 알고리즘 구현(다중라벨분류, 키 측정, SLAM 및 Navigation, TSP) 에는 ROS가 사용되었다.

6.1 다중라벨 분류(Multi-label classification)

다중라벨분류의 사전 학습을 위한 데이터셋은 상의 2000여 개를 Class 18개, 하의 700여 개를 Class 15개에 대하여 두 가지(색상 및 종류)로 분류하는 데이터 전처리 과정을 거쳤다. 학습에 사용되는 모델은 PyTorch 모델에서 사전 훈련된 ResNet50 딥러닝 모델이며 학습파라미터 Epoch를 50으로 하고 Batch Size를 32로 설정하여 학습하였다.

추론을 빠르게 하기 위해 NVIDIA geforce RTX 3060 그래픽 카드가 장착된 노트북을 사용하였다. 그림 2에서 상의는 Stripee(줄무늬)와 Longsleeve(긴팔)로, 그림 3에서 하의는 Black(검정색)과 Pants(바지)로 실제 값과 동일하게 추론되었다.

그림 2 상의 추론 결과

그림 3 하의 추론 결과

6.2 신장 추정 (Height estimation)

신장 추정을 하기 위해서 사람 클래스에 대한 스코어 지수를 0.9(90%)로 지정하여 키를 측정하기 전 먼저 정확히 사람을 추출하도록 하였다. 그리고 키가 각기 다른 4명의 사람으로 카메라와 사람이 수평이라고 가정한 뒤 실험해본 결과, 1.6m에서 정확도가 가장 높은 것을 확인하여 특정 거리의 범위(1.6 ±0.2m)를 지정하여 신장 추정을 하였다. 그림 2는 키가 167cm인 사람으로 실험한 결과 1.74m에서 166cm로 측정이 된 결과이다.

6.3 SLAM 및 Navigation

사전에 3개의 경유 지점과 지점 좌표를 정하였으며 Lidar SLAM을 기반으로 작성된 2D Map을 불러와 TSP가 적용된 Navigation을 수행하였다. 수행 결과는 그림 4와 같다.

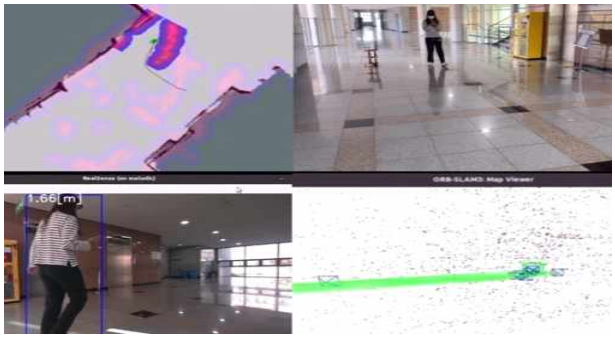

그림 4 전체 알고리즘 구현 결과

VI. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 실내 다중이용시설과 같이 인구 밀집도가 높고, 실종 아동이 발생할 확률이 높은 시설에 로봇을 배치하여 미아를 빠르게 찾는 데에 목적을 둔다. 그리하여 장기적인 실종 아동으로 이어지는 것을 방지할 수 있을 것이다.

본 연구에서 개발한 로봇으로 다중라벨분류를 수행했을 때 실제와 다른 값이 추론되는 오류가 있었다. 이는 데이터 전처리 과정에서 특정 데이터에 대하여 편중되게 학습하여서 편향된 결과가 나온 것으로 생각한다. 그러므로 높은 AI 성능을 위해 전체 데이터에 대해 균형 잡히게 자료수집을 하여 정확한 값이 도출될 수 있도록 개선할 예정이다.

또한, 본 연구에서는 로봇 위치에서 오차가 발생할 수 있다. 그러므로 동적 환경에서의 ORB SLAM3를 수행할 때, 로봇 위치 오차를 개선하기 위해 IMU 센서와 결합하여 수행해 볼 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022년도 정부재원(과학기술정보통신부 여대학원생 공학연구팀제 지원사업)으로 과학기술정보통신부와 한국여성과학기술인육성재단의 지원을 받아 연구되었습니다. (WISET-2022-104호)

참 고 문 헌

[1] 김주엽, 김정화, 정진우.(2020). Detection of the Assembling Positions of Computer Parts based on Image Classification and Object Detection. Korean Institute OF Information Scientists AND Engineers(KCC) 학술발표논문집, 1448-1450.

[2] 김홍준, 박유현, 권순각. 깊이영상을 이용한 사람의 키 추정 방법 .한국산업정보학회논문지, 22(2), 53-60, 2017.

[3] Zukhridinov Dilkashbek, Su-il Choi.(2021).LiDAR based SLAM and Navigation of Indoor Mobile Robot. The Institue of Electronics and Information Engineers(IEIE). 학술대회, 1080-1083.

[4] 유희락, 최윤원, Dilshat Saitov, 이석규.(2014).Path Planning Based on Spline D* for Mobile-robot. The Korean Institute of Electrical Engineers (KIEE), 63(1), 92-98

[5] 옥용진, 강호선, 이장명.(2020). Modified ORB-SLAM Algorithm for Precise Indoor Navigation of a Mobile Robot. Korea Robotics Society(KROS), 15(3), 205-211.