

딥러닝, 로봇팔을 이용한 도서관 자율주행 시스템

이창민¹, 신유석¹, 김도현¹, 조현민¹

¹서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과 학부생
 peacelee17@seoultech.ac.kr, slsxpseh73@naver.com, dohyun2703@seoultech.ac.kr,
 gusals180125@seoultech.ac.kr

Autonomous Driving System in Library using 6 Dof Manipulator based on Deeplearning

Chang-Min Lee¹, Yu-Seok Shin¹, Do-Hyeon Kim¹, Hyeon-Min Jo¹

¹Dept. of Mechanical System Design Engineering, Seoultech University

요약

도서관 자동화 시스템 개발로 이용자가 책을 직접 찾지 않고, 대출하고자 하는 책을 PC에 입력하면 자율주행으로 책이 있는 서가로 이동, 딥러닝 기반의 로봇팔로 책을 잡고 기존 위치로 복귀하여 자동으로 대출과 운반이 가능한 로봇의 시스템을 제안한다.

1. 서론

공공도서관의 경우 2021년 기준, 연간 1관당 대출 도서 수는 약 110,000권인 반면, 직원의 수는 1관 당 27.8명에 불과할 정도로 사서인력이 부족한 상황이다[1]. 사서의 업무 중, 대출을 로봇이 대체하면 노동력 감축이 가능하고, 책 찾기와 운반이 자동으로 이뤄진다면 이용자의 편의가 증대될 것으로 예상된다. 따라서 인력부족 해결과 도서관 이용자 편의 증대를 위한 목적으로, 딥러닝과 로봇팔, 자율주행 기술을 적용한 도서관 자동화 시스템을 제안한다.

2. 기구 설계

2개의 엔코더 모터와 4개의 캐스터휠을 이용해 구동부를 구성, 중간층에 노트북 거치대와 회로를 구성, 플랫폼의 상단에 로봇팔 전체를 앞 뒤로 움직일 수 있는 볼 스크류 장치와 로봇팔을 설치했다. 특수 그리퍼를 제작하여 책을 잘 잡을 수 있게 제작했다.



그림 1 로봇 플랫폼

3. 시스템 구성도

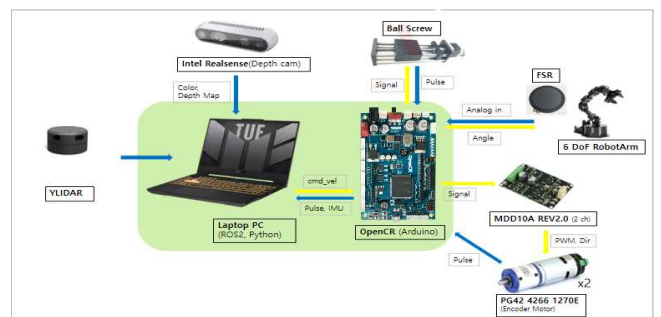


그림 2 시스템 다이어그램

제어기는 노트북과 openCR을 활용한다. openCR을 통해 로봇팔 구동, 구동부 모터 제어, 센서 처리, 볼 스크류 모터 제어, 통신의 전체적인 시스템을 제어한다. 노트북은 로봇팔 제어(역기구학 풀이), 이미지 처리, 자율주행 프로그램을 담당한다. ubuntu 20.04 환경에서 ROS2를 활용해 자율주행을 구현한다.

4. 홈페이지(UI/UX)

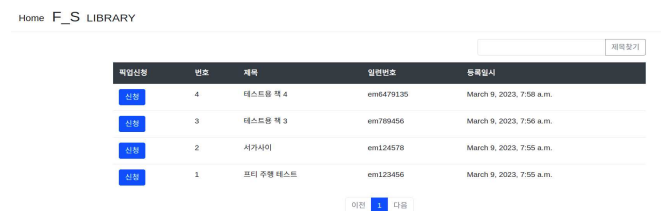


그림 3 홈페이지 메인화면

이용자가 책을 신청하면 DB에 저장된 책의 좌표가 자율주행의 타겟으로 설정된다.

5. 알고리즘 흐름도 (Flow Chart)

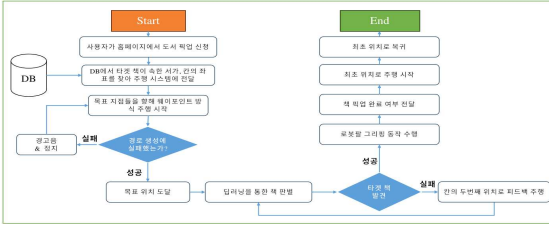


그림 4 알고리즘 흐름도

6. 자율주행

Waypoint 주행 방식을 이용하여 서가 사이에 진입 전에 목표 서가 밖에서 한번 정지하여 차체와 서가를 Align하는 동작을 구현하였다. 이로 인해 서가 사이에 진입 시 코너링 대신 직진 주행을 통해 진입할 수 있게 되었다. 또한, 비좁은 서가 사이에도 충돌 없이 안전하게 진입할 수 있게 되었다. 추가적으로, 서가 사이에 비해 상대적으로 특징점이 많은 서가 밖에서 Align한 상태로 서가에 진입하게 되므로 Align의 정확도가 높고, 덕분에 최종 목적지 도달 시 Yaw error가 낮다는 장점이 있다.

7. 딥러닝

도서관 환경에서 로봇팔로 책을 잡을 수 있도록 글자 인식 모델을 통해 목표 책을 검출하고, 책의 마스크를 검출하여, 그 책을 추적하도록 하였다. GPU 환경은 GeForce RTX 3050 Ti를 사용하였다.

책의 실시간 검출 및 추적을 위해 YOLOv8 모델로 책과 라벨지를 학습시켰고, 두 클래스를 매칭시켰으며 tracking에 BoT-SORT[4]를 사용하였다.

글자 검출 및 인식을 위해 FAST[2]를 통해 글자의 위치를 얻어 crop 후, EasyOCR의 recognition을 통해 책의 일련번호 부분을 찾았다. 그 부분에 PARSeq[3]를 적용하여 글자를 인식하였다.

환경에 맞게, 20cm와 25cm 거리에서 카메라로 촬영한 일련번호에 대한 모델 인식 성능을 평가하는 알고리즘을 자체 제작하였다. 기존의 EasyOCR과 성능을 비교해봤을 때 정확도는 0.60에서 0.92로, 프레임 당 걸리는 시간은 1.5초에서 0.6초로 성능을 크게 향상시킬 수 있었다.

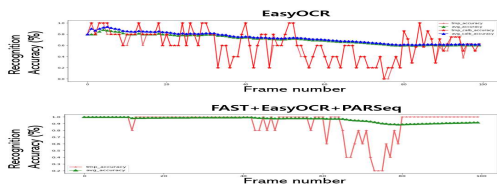


그림 5 도서관 환경에서 기존 easyOCR과, 새로 제작한 모델에 대한 정확도

8. 로봇팔

딥러닝을 기반으로 RGB module에서 검출한 이미지를 기반으로 Stereo camera에서 취득한 depth 이미지와 Calibration을 거쳐서 마스크에 대한 3차원 좌표를 추정한다. 이때 Camera Calibration을 통해 얻어진 카메라 정보와 Depth정보를 통해 2d점을 3d점으로 변환한다. 이를 기반으로 물체의 중점과 conner점을 통해 posture를 추정한다.

IK를 LM최적화 알고리즘[5]을 통해 각도의 최적해를 구한다. 오차 분석 결과 x, y, z, $\theta_x, \theta_y, \theta_z$ 의 오차가 모두 0.01초 이내로 0에 수렴했다.

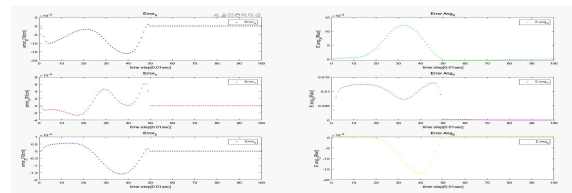


그림 6 위치, 방위 오차

9. 결론 및 향후계획

본 논문에서 자율주행, 딥러닝 기반 로봇팔 기술을 바탕으로 한 도서관 대출 자동화 로봇 시스템에 대해 기술하였다. 현재 상용화된 도서관 로봇 중 이용자가 원하는 책을 찾아 운반해주는 로봇이 없다는 점에서 개발 의의가 있다. 향후 좁은 지형에서의 라이다 센서 오차 보정을 위해 추가적인 센서(카메라, 초음파)를 사용하고, 딥러닝을 통해 사람을 인식하고 로봇이 멈출 수 있도록 보완할 계획이다.

Acknowledgement

본 논문은 과학기술정보통신부 정보통신창의인재 양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

- [1] 공공도서관 주요통계, 국가도서관통계시스템, <https://www.libsta.go.kr/statistics/public/main>
- [2] Z. Chen, J. Wang, W. Wang, G. Chen, E. Xie, P. Luo, T. Lu, "FAST: Faster Arbitrarily-Shaped Text Detector with Minimalist Kernel Representation", *Journal of Latex Class Files*, VOL.14, NO.8, August 2021
- [3] D. Bautista, R. Atienza, "Scene Text Recognition with Permuted Autoregressive Sequence Models", in *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV), 2022* in Computer Vision and Pattern Recognition
- [4] N. Aharon, R. Orfaig, B. Bobrovsky, "BoT-SORT: Robust Associations Multi-Pedestrian Tracking"
- [5] Solvability-Unconcerned Inverse Kinematics by the Levenberg - Marquardt Method