

# 자율주행 로봇을 위한 LED 매트릭스 기반 실내 위치추적

박현준, 진덕황, 응웬반린, 장영민  
국민대학교

Email: object\_hj@naver.com, duchoangbkdn.1995@gmail.com, linhnv@kookmin.ac.kr,  
yjang@kookmin.ac.kr

## LED Matrix based Indoor Localization for Autonomous Mobile Robot

Park Hyun-Joon, Duc Hoang Tran, Van Linh Nguyen, Yeong Min Jang  
Department of Electronics Engineering  
Kookmin University  
Seoul 136-702, Korea

Email: object\_hj@naver.com, duchoangbkdn.1995@gmail.com, linhnv@kookmin.ac.kr, yjang@kookmin.ac.kr

### 요약

로컬라이제이션은 다양한 자율 이동로봇 공학의 근본적인 관심사이다. 본 논문에서는 산업 공장에서 모바일 로봇의 효율적인 위치추적을 지원하기 위해 LED 매트릭스를 사용하는 새로운 방법을 제공한다. 라벨, 위치 정보, 충전소 및 기타 컨트롤러의 정보는 8x8 LED 매트릭스에 저장되고 로봇에 부착된 카메라에 반사된다. LED 매트릭스는 Tiny YOLO version 3(YOLOv3)을 사용하여 탐지되며, 데이터는 Parametric Contour 및 Threshold 알고리즘을 사용하여 디지털 형태로 인식된다. 실험 결과는 이 전략의 높은 실행 가능성과 효율성을 보여준다.

*Keywords— autonomous mobile robot, indoor localization, led matrix*

### I. 서론

자율 이동 로봇(AMR: Autonomous mobile robots)은 현재 제조, 창고, 사회과학, 농업, 교육 및 의료 시설을 포함한 다양한 인프라로봇 애플리케이션에 사용되고 있다. 로봇이 작동되는 동안 충전소를 찾거나 시스템 상태나 환경에 대한 특정한 동적 변화로부터 정보를 수집하는 것을 필요로 할 수 있는데, 이는 AMR이 위치인지를 하는데 어려운 문제가 된다. 로봇은 위치인지를 단계동안 동작하는 영역에서 현재 위치를 결정한다. 방향을 계획한 후, 로봇은 모터 출력을 조정함으로써 목표위치에 도달할 수 있다.

일반적으로 로봇은 레이저, 음향 센서, GPS(Global Positioning Sensor), 초음파 센서 등 외부 감지 센서를 이용해 주변 상황을 관찰한다[1]. 그러나 이 센서들의 주행 거리 측정 정확도가 정확하지 않아 위치를 정확하게 추정하는 것이 불가능하다. 따라서 다양한 리서처들은 무선 주파수 방식을 사용하여 RADAR 시스템, WiFi 기술, UWB(Ultra Wide Band)와 같은 지능형 환경에서 효율적인 객체 위치 결정 시스템을 개발해왔다[2][3]. 이런 시스템들은 통신 기술에서 반사된 신호의 펄스 폭을 사용하며 이러한 절차를 통해 로봇의 위치를 측정하는데, 이 방법들은 통신 기술과 관련된 NLoS(Non-light of sight) 또는 다중 경로 문제를 해결하기 위해 일부 필터 기술을 필요로 한다[4]. 본 논문에서는 이동식 로봇에 적절한 노출 시간을 갖는 산업용 카메라를 설치하여 LED 매트릭스를 검출하는 새로운 방법을 소개한다. 천장 위에는 위치, 환경조건, 부가 컨트롤러, 로봇충전소 등에 대한 정보를 밝힐 수 있는 LED 매트릭스가 배치되어 있다.

논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성되어 있다. 제 2 장은 데이터를 추적하고 검색하기 위한 LED 매트릭스 및 컴퓨터 비전을 감지하기 위해 인공 지능(AI)을 사용하는 방법에 대한 세부 정보를 제공한다. 제 3 장은 실험 결과에 대한 세부 정보를 제공하며 몇 가지 논의가 제공된다.

### II. 방법론

본 논문에서는 이미지 처리 기법을 기반으로 한 LED 분할 인식을 제안한다. 그림 1은 LED 분할 인식 알고리즘의 일반적인 구조를 나타낸다. 먼저 LED 감지를 위한 작은 YOLOv3 모델을 추적 알고리즘과 결합하여 각 프레임에서 완벽한 정밀도의 LED 배열을 얻는다. 그런 다음 임계값 및 등고선 기법 [5]을 사용하여 LED 분할 인식을 실행하고 데이터를 디지털 형태로 검색한다. 기본 임계값 지정은 임계값  $T$  값보다 크거나 작은 값에 새 값을 대입하여 임계값을 제공한다. 기본 임계값을 사용하는 동안 중요한 위치를 분할하기 위해 임계값  $T$ 를 수동으로 입력해야 했다. 이와는 대조적으로, 이 논문에서 제공하는 접근법은 입력 그림의 각 픽셀을 테스트하고 동일한  $T$  값을 사용하여 중요한 위치를 나누는 전역 임계치 방법론을 사용한다. 여기서 문제는 단일  $T$  값이 충분하지 않을 수 있다는 것이다. 조명, 그림자 및 기타 요소의 변화로 인해,  $T$ 의 단일 값은 입력 그림의 한 부분을 성공적으로 처리하면서도 다른 부분을 완전히 처리하지 못할 수 있다. 따라서 CNN, Mask R-CNN 또는 U-Net 과 같은 심층 신경 분할 네트워크를 즉시 훈련하는 대신 적응형 임계치 [6]를 사용했다. 적응 임계값은 한 번에 주변 픽셀의 작은 컬렉션을 평가하고 특정 로컬 영역에 대해  $T$ 를 계산한 다음 다음과 같이 계산할 수 있는 분할을 수행한다.

$$T = \text{mean}(I_L) - C$$

여기서 평균은 산술 평균 또는 가우스 평균이고,  $I_L$ 은 이미지의 로컬 하위 영역이며,  $C$ 는 임계값  $T$ 를 미세 조정하는 데 사용할 수 있는 상수이다.

적응 임계값이 적용되면 정확한 LED 위치를 얻기 위해 윤곽 가장자리를 필터링하는 일을 수행한다. 윤곽 분리는 이미지의 일반적인 모양에 대한 정보를 분리하는 것을 목적으로 디지털 이미지에서 수행되는 전처리 기법이다. 따라서 LED 주위의 윤곽을 보관할 수 있다. 마지막으로 그림 2와 같이 등

고선 LED를 이용하여 위치 인지 정보를 기술한 원시 디지털 데이터를 쉽게 얻을 수 있었다.

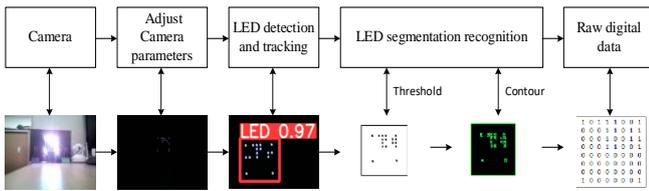


그림 1: 수신측 각 프레임의 처리 알고리즘 흐름도

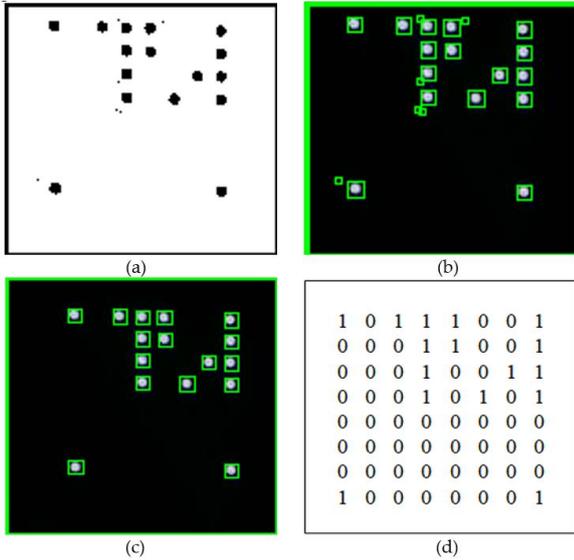


그림 2: (a) 적응형 임계값 처리 방법에 기반한 LED 세분화. (b) 필터 사용 전 등고선 인식. (c) 필터 사용 후 윤곽 LED 인식. (d) 원시 디지털 데이터.

### III. 실험 결과

본 연구에서는 송신측(천장 측)에는 LED 매트릭스(5-V, LED 매트릭스 8x8 직사각형)를, 수신측(모바일 로봇 측)에는 ABKO 카메라를 사용하였다. 그림 3은 AI를 사용하여 LED 매트릭스를 인식하고 컴퓨터 비전을 사용하여 카메라의 LED 표시 영역 내부를 추적하는 제안된 전략의 실내 위치 인지 상황을 나타낸다.

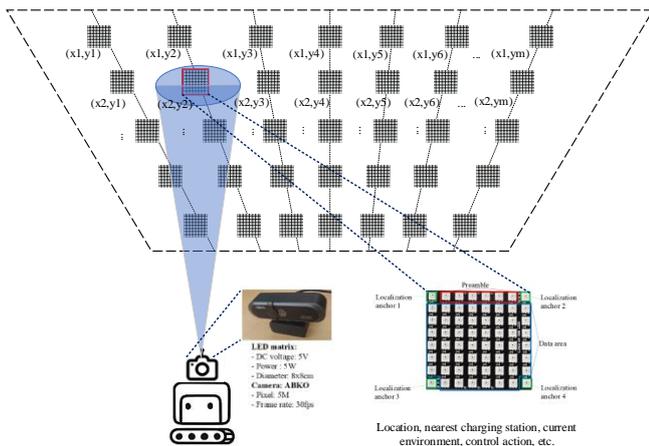


그림 3: 구현을 위한 LED 매트릭스 및 카메라

다양한 통신 거리에서 서로 다른 카메라 노출, 채도 및 대비 설정을 조정하여 제안된 시스템을 평가할 수 있다. Tiny

YOLOv3는 테스트 데이터 세트에서 99.2~100%의 정확도 범위로 다른 광원 중 LED 매트릭스를 감지할 수 있으며, 다른 알고리즘보다 훨씬 적은 전력을 사용한다. 해당 AI 모델은 7미터 미만의 거리에서 ABKO 카메라로 효과적으로 작동한다. 이는 우리가 고품질 카메라로 현재 연구보다 더 나은 결과를 생산할 수 있음을 의미한다. 우리가 제안한 방법의 비트 오류율(BER) 성능은 로봇의 속도에 따라 증가하며, 이는 10m/s 미만(거리 = 5m)에서는 만족할 만한 수치이다.

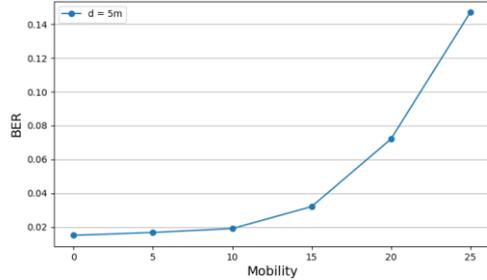


그림 4: 카메라 이동 속도에 따른 BER 성능

### IV. 결론

본 연구에서는 YOLOv3와 컴퓨터 비전을 이용한 자율주행 로봇에 대한 실내 위치 인지 방법론을 제안하였다. 본 논문에서의 실험 결과는 로봇이 움직이는 동안 LED 매트릭스를 인식하고 추적하는 AI 방식의 능력을 입증했다. 배터리가 다 떨어지려고 할 때 로봇을 비상시에 제어하고자 하는 경우와 같이 더 많은 정보를 LED 매트릭스에 포함시킬 수도 있다.

향후 다양한 시나리오에서 우리의 방법을 적용해보고 모바일 로봇을 위한 LED 매트릭스 변칙탐지를 연구할 계획이다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 정보통신과학기술기획평가원(IITP) 주관 ITRC(정보기술연구센터) 지원 프로그램(IITP-2022-2018-0-01396)에 따라 과학기술정보통신부가 지원하였음.

### 참고 문헌

- [1] IL. Wellhausen, R. Ranftl and M. Hutter, "Safe Robot Navigation Via Multi-Modal Anomaly Detection," in *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol. 5, no. 2, pp. 1326-1333, April 2020, doi: 10.1109/LRA.2020.2967706.
- [2] Z. Yan, J. Zhang, Z. Yang and J. Tang, "Kapur's Entropy for Underwater Multilevel Thresholding Image Segmentation Based on Whale Optimization Algorithm," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 41294-41319, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3005452.
- [3] D. H. Tran, B. Chung and Y. M. Jang, "GAN-based Data Augmentation for UWB NLOS Identification Using Machine Learning," 2022 International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIIIC), 2022, pp. 417-420, doi: 10.1109/ICAIIIC54071.2022.9722667.
- [4] C. K. Seow and S. Y. Tan, "Non-Line-of-Sight Localization in Multipath Environments," in *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 7, no. 5, pp. 647-660, May 2008, doi: 10.1109/TMC.2007.70780.
- [5] S. Song, Z. Jia, J. Yang and N. K. Kasabov, "A Fast Image Segmentation Algorithm Based on Saliency Map and Neutrosophic Set Theory," in *IEEE Photonics Journal*, vol. 12, no. 5, pp. 1-16, Oct. 2020, Art no. 3901016, doi: 10.1109/JPHOT.2020.3026973..
- [6] Adrian Rosebrock, "Adaptive Thresholding with OpenCV," May 2021, <https://www.pyimagesearch.com/2021/05/12/adaptive-thresholding-with-opencv-cv2-adaptivethreshold/>