

도시생활환경에서 이종 자율주행로봇을 위한 목표위치 방법 비교

김동엽*, 조창노*, 이재민*, 김근환*, 김태근*, 황정훈*
한국전자기술연구원(KETI) 지능로보틱스연구센터*

Comparison of Navigation Pose Representation for Heterogeneous Delivery Robots in Urban Environment : Metric Pose and Sketch Map Pose

Dong Yeop Kim*, Chang Nho Cho*, Jae Min Lee*, Keunhwan Kim*, Tae-Keun Kim*, Jung-Hoon Hwang*
Korean Electronics Technology Institute (KETI)*

Abstract - 수십 년 동안 많은 로봇 회사는 비즈니스 모델에 이동로봇을 배치하려고 시도해왔다. 초기 단계에서 대부분의 회사는 단일모델 로봇을 사용하고 단일 시스템에서 제어했다. 하지만 최근 이동로봇 비즈니스 모델이 확대되면서 이종모델 로봇에 대한 요구가 대두되고 있다. 이종모델 로봇은 일반적으로 센서 구성이 다르므로 위치 파악 알고리즘과 매핑 알고리즘도 다양하다. 따라서 각 로봇의 공간 좌표계도 다양하다. 로봇 사업의 관점에서 이러한 다양성은 시스템 통합에 상당한 비용과 노력을 초래한다. 본 논문에서는 도시생활환경에서 이종모델 이동로봇 비즈니스 모델을 논의하기 위해 두 가지 로봇위치 표현법을 비교하였다. 첫 번째 위치 표현법은 ROS(Robot Operating System)와 동일한 접근 방식으로 미터법 로봇 위치를 활용하였다. 다른 하나는 이동로봇 자율주행을 위한 로봇위치 표현법으로서 약도 지도를 사용하였다.

1. 서 론

이동로봇 플랫폼을 기반으로 하는 초기 비즈니스 모델에서 단일모델 로봇 플랫폼은 로봇 서비스 제공업체의 일반적인 접근 방식이었다. 그 이유는 로봇 플랫폼을 준비하는 데 많은 예산이 들기 때문이었다. 하지만 최근에는 많은 로봇 제조사들이 다양한 로봇 플랫폼을 제공하고 있고, 서비스 제공자는 여러 유형의 로봇 플랫폼을 선택할 수 있다. 따라서 오늘날 한 작업공간에서 이종모델 모바일 플랫폼로 작업하는 것이 이상하지 않습니다. 예를 들어, 이동로봇은 상자 팔레트를 옮기고 모바일 매니플레이터는 팔레트에서 상자를 선택하여 놓는 사용 시나리오도 많이 쓰이고 있다.

자율주행의 관점에서 이종모델 로봇 시스템은 다음과 같은 기술적인 어려움이 있다. 단일모델 이동로봇은 동일한 센서 시스템을 공유한다. 이에 따라서, 동일한 위치인식 알고리즘과 지도 구축 알고리즘(SLAM, Simultaneous Localization and Mapping)을 공유할 수 있다. 이동로봇이 만든 부분 지도를 다른 로봇으로 옮겼을 때, 다른 로봇이 지도 상의 장소를 방문한 적이 없더라도 지도를 활용하기 위해 더 이상 변환이나 조정이 필요하지 않다[1]. 반면, 이종모델 이동로봇은 다른 접근 방식이 필요하다. 예를 들어, 이전 단락의 예에서 팔레트를 운반하는 이동로봇은 10cm 높이에서 2D LiDAR를 사용할 수 있다. 이는 이동로봇이 사용하는 SLAM 지도는 10cm 높이에서 수집한 정보를 가지고 있다는 뜻이다. 이 지도의 정보는 높이 1미터에 3D LiDAR만 장착하고 있는 모바일 매니플레이터에는 쓸모가 없을 수 있다. 게다가 센서의 차이로 인해 동일한 SLAM 알고리즘을 사용할 수 없다.

이종모델 로봇 시스템의 또 다른 기술적인 어려움은 각 로봇 지도의 좌표계를 통일하는 것이다. 10cm 높이의 2D LiDAR로 구축된 로봇 지도는 1m 높이의 3D LiDAR로 구축된 지도와 원점과 축이 다를 수 있다. 하나의 통합된 상위 컨트롤러로 두 종류의 로봇을 모니터링하고 제어하려면 이 두 좌표도 통합되어야 한다. 디지털 트윈의 예에서, 이러한 이종 로봇은 단일 공간에 설정되어야 가시화될 수 있다. 디지털 트윈의 사용자 또는 운영

자는 로봇과 가상 공간 간의 상대적인 위치 차이를 사용하여 공간적 관계를 인식한다. 서로 다른 로봇 지도의 좌표가 정렬되지 않으면 상대적 위치 차이가 정확하지 않아 치명적인 문제가 발생한다. 그러나 좌표를 통합하는 것은 간단한 작업이 아니며 좌표 차이 오차를 최소화할수록 더 많은 계산과 리소스가 필요하다.

이 논문에서는 좌표계 통일에 더 적은 리소스를 소비하는 상위 수준 컨트롤러를 설계하기 위해 두 개의 로봇 탐색 목표 포즈 표현을 비교했다. 첫 번째는 ROS(Robot Operation System)¹⁾에서 널리 사용되는 미터법 로봇위치 표현법이다. 두 번째는 약도지도를 활용하는 로봇위치 표현법이다[2].

2. 자율주행을 위한 두가지 로봇위치 표현법

1장에서 예시로 제시한 이종 로봇 시스템의 시나리오에는 세 가지 좌표계가 있다. 첫 번째는 상위 컨트롤러가 유지 관리하는 전역 좌표계이다. 두 번째는 이동로봇의 SLAM 알고리즘에 의해 정의된 지역 좌표계이고, 세 번째는 모바일 매니플레이터의 지역 좌표계이다. 지역 좌표계의 수는 이종 로봇 시스템에서 사용되는 SLAM 알고리즘의 수와 동일하다.

2.1 미터법 로봇위치 표현법

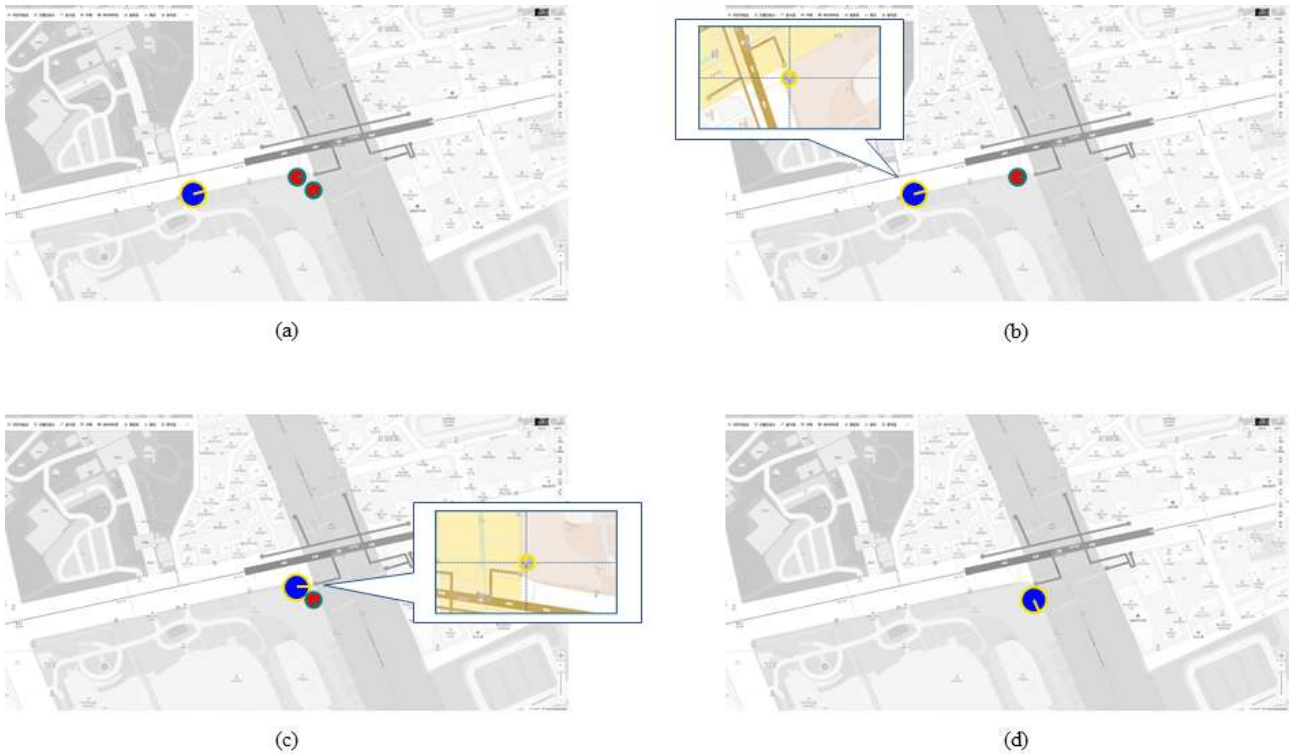
ROS 시스템의 2차원 점유 격자지도에서 로봇 위치(pose)는 세 가지 구성요소를 가지고 있다. x 축의 위치 x , y 축의 y , 방향(orientation, 또는 heading angle)인 θ 이다. 미터법 로봇위치 표현법은 숫자로 표현되기 때문에 위치 정확도는 수치 및 미터법으로 측정할 수 있다.

일반적으로 상위 컨트롤러를 통한 자율주행 목표위치 입력은 전역 좌표계로 기술된다. 목표위치는 해당 로봇으로 전송되며, 각 로봇의 자율주행 시스템에서 활용될 지역 좌표계로 변경되어야 한다. 이 단계에서는 좌표 변환을 위한 미터법 및 수치 방법이 필요한 것이다.

2.2 약도지도 활용 로봇위치 표현법

우리는 [2]에서 약도지도를 활용한 자율주행 목표위치 표현법을 제안했다. [2]의 핵심 아이디어는 목표위치가 약도지도의 중심점과 방향으로 표현되는 것이다. 그림 1의 빨간색 원은 목표위치 표현의 예이다. 그림 1(a)의 두 개의 빨간색 원은 경유점(via point)으로 입력되어 순차적으로 목표위치로 사용된다. 첫 번째 목표위치에 대한 약도지도는 그림 1(b)의 말풍선 안에 삽입되어 있다. 회색조로 표시되는 전역지도의 방향과 컬러로 표시되는 목표위치의 약도지도의 방향은 로봇 목표위치의 방향(orientation)을 표현하기 위해 서로 다르다. 그림 1(c)에서 파란색 원으로 표시된 현재 로봇위치는 첫 번째 목표위치에 도달하였다. 그와 동시에 로봇은 다음 목표위치의 약도지도를 수신하게 된다. 그림 1(b)와 마찬가지로, 수신된 약도지도는 빨간색 원에 녹색 눈금으로 그려진 다음 목표위치의 방향에 따라 회전되어 있다. 그림 1(d)에서 로봇이 두 번째 목표위치에 도착하고, 파

1) <https://www.ros.org/>



〈그림 1〉 An example scenario of robot pose and goal pose exploiting the sketch map pose representation. Blue circles with the yellow tick are the current robot poses, and Red circles with the green tick are the goal poses, (a) The robot is on the start point. (b) The robot received the first goal pose with the sketch map pose representation. (c) The robot arrives on the first goal pose, and receives the second goal pose. (d) The robot arrives on the second goal pose.

란색 원은 빨간색 원과 동일한 위치를 갖는다.

실제 로봇에 약도지도 위치 표현법을 적용할 때, 약도지도에서 위치를 인식하는 것이 중요하다. 우리는 수치 지도와 센서 데이터 간의 매칭을 기반으로 하는 위치인식 방법론을 사용했다 [3,4]. 따라서 미터법 로봇위치 표현법에 필요한 수치 좌표 변환이 필요하지 않다.

3. 고 찰

미터법 목표위치 표현법은 설명하기 쉽고 직관적이다. 그러나 장거리 로봇 자율주행에서는 미터법 기반 정보가 때때로 발산된다. 이것이 SLAM 알고리즘에서 루프 닫기(Loop Closure)가 중요한 이유이다. 따라서 장거리 자율주행을 위한 미터법 목표위치 또한 동일한 위험을 내재하고 있다.

반면, 약도지도 목표위치 표현법은 구글 지도²⁾, 네이버 지도³⁾와 같은 정제된 지도 서비스에서 나온 약도지도이기 때문에 이와 같은 위험이 없다. 이중 로봇이 약도지도와 센서 간의 매칭 방식 [3,4]을 가지고 있다면, 심각한 위치인식 오류 없이 전역지도와 지역지도 간의 정보 교환을 수행할 수 있다.

3. 결 론

도시생활환경 로봇 자율주행을 위한 두 가지 로봇위치 표현법을 비교하였다. 도시생활환경의 배달 로봇은 로봇모델이 다양하고 장거리를 운전할 수 있으므로 미터법 로봇위치 표현법은 위치 오차의 문제가 있을 수 있다. 약도지도 활용 로봇위치 표현법은 항공 사진이나 위성으로 정제된 기존 지도 서비스를 활용하기 때문에 도시 로봇 내비게이션 서비스에 더 적합하다.

2) <https://www.google.com/maps>

3) <https://map.naver.com/>

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 로봇산업핵심 기술개발사업-인공지능융합로봇시스템기술의 지원을 받아 수행되었습니다. (20005062, 밀집군중 사이 민첩기동이 가능한 인공지능 융합 실내의 로봇 자율주행 기술개발).

[참고 문헌]

- [1] D. Y. Kim, Y. H. Jung, J.-H. Suh, and J.-H. Hwang, "Global map building algorithm based on limited communication of complex disaster response robot system," *Journal of the Korean Society for Precision*, Vol. 38, No. 10, pp. 733-740, Oct 2021.
- [2] D. Y. Kim, J.-H. Hwang, T.-K. Kim, K. Kim, J. M. Lee, and H. Jeong, "Autonomous driving mobile robot and method using schematic map," Korea Patent No. 10-2021-0182732, Dec. 20, 2021, DOI:10.8080/1020210182732.
- [3] H. Kim, W. Song, Y. Shim, and H. Myung, "A study on the matching digital map with dynamic 3D LiDAR point cloud data," in *Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, pp. 258-25, June 2019.
- [4] J. Choi and H. Myung, "BRM localization: UAV localization in GNSS-denied environments based on matching of numerical map and UAV images," *2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2020, pp. 4537-4544, doi:10.1109/IROS45743.2020.9341682.