

옥토맵 기반 적응형 복셀 매핑 기술에 대한 연구

최영은* 신수용

국립금오공과대학교 IT융복합공학과

yeong@kumoh.ac.kr, wdragon@kumoh.ac.kr

A Study on Adaptive Voxel Mapping technique based on Octomap

Yeong Eun Choi* Soo Young Shin

Kumoh National Institute of Technology

요약

본 논문은 SLAM 기술에서 저장 데이터의 양을 줄이기 위해 복셀 기반의 3D 점유 격자 지도인 OctoMap을 사용하여 관심 영역(ROI)의 중요도에 따라 해상도를 동적으로 조절하는 방법을 제안한다. 제안된 시스템은 깊이 카메라로부터 RGBD 데이터를 이용해 ORB-SLAM2를 통한 위치 추정과 3D 객체 인식을 수행하며, 중요도에 따라 해상도를 조절하여 매핑을 수행한다. 이를 통해 메모리 사용량을 최적화하면서도 고해상도의 중요한 데이터를 유지하여 로봇 및 자율주행 시스템의 성능을 향상시키는 것을 목표로 한다.

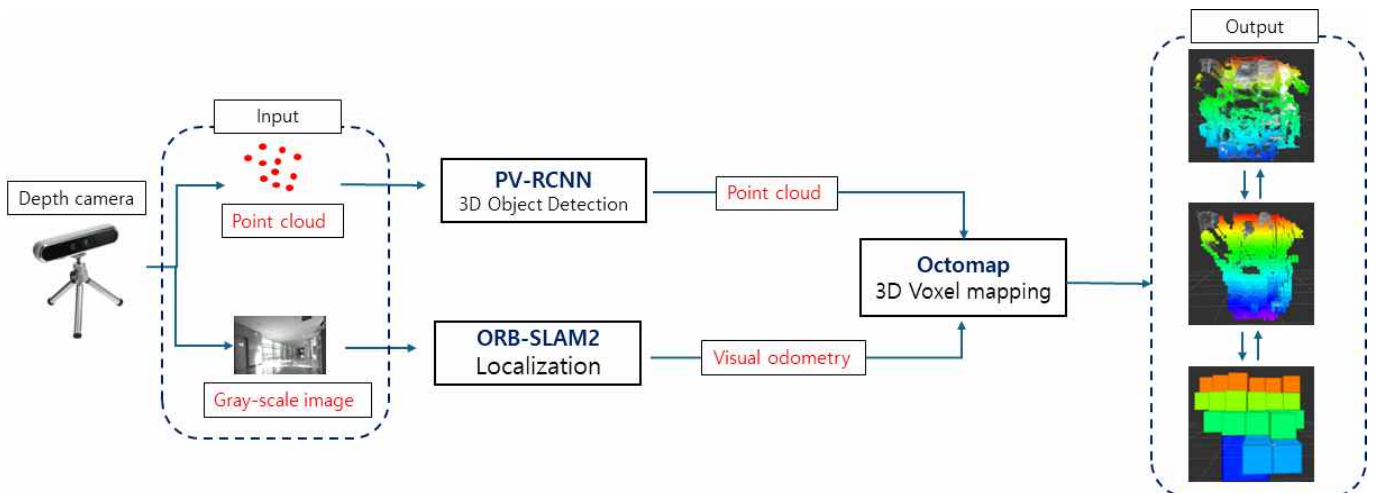


그림 1 적응형 복셀 매핑 시스템 모델

I. 서론

SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) 기술은 자신의 위치를 파악하고 주변 환경을 매핑하는 기술로 최근 몇 년 동안 컴퓨터 비전, 로봇 공학, 인공지능 및 자율주행 분야에서 급속한 발전을 이끌고 있다. 그러나 매핑 프로세스에서 저장 데이터양은 여전히 중요한 고려 사항이다. 저장용량이 늘어날수록 시스템의 데이터 관리 및 처리 성능이 저하될 수 있기 때문에, 효율적인 데이터 구조 및 압축 알고리즘 등을 사용하여 저장 용량을 최적화하는 것이 중요하다.

최근의 연구는 연산 비용과 메모리 사용량을 최적화할 수 있는 다양한 매핑 기술을 탐구해왔다. 특히, 적응형 매핑 기술은 매핑된 영역의 특성에 따라 해상도를 조절하여 메모리 사용량을 최적화하는 데 중점을 두고 있다[1][2]. 기존 연구의 대부분은 메쉬(mesh) 형태의 매핑 표현 기법을 사용하며, 이는 표면을 이루는 연결된 삼각형 또는 다각형의 집합을 의미한다. 이러한 기법은 표면의 형태와 구조를 상세하게 표현할 수 있지만, 많은 메모리와 저장용량이 필요하다. 반면 복셀은 일정한 크기의 그리드에 포함된 포인트를 하나의 복셀로 변환하여 데이터양을 줄일 수 있어 일반적으로 메모리 사용량이 비교적 줄어든다.

본 연구는 전체 경로와 지도를 알고 있는 상태에서 문제를 해결하는 Full

SLAM을 목표로 하며, 컴퓨팅 자원 및 처리 속도보다는 메모리 및 데이터 용량에 중점을 두고 있다. 이를 위해 비교적 메모리 용량 부담이 적은 복셀 표현 기법을 채택하고, 관심 영역의 복셀 해상도를 동적으로 조절하여 메모리 사용량을 더 효율적으로 관리하고자 한다. 따라서 본 논문에서는 복셀 3D 점유 격자 지도인 OctoMap을 기반으로 해상도를 동적으로 조절하는 적응형 복셀 매핑 기술을 제안한다[3].

II. 본론

본 논문에서는 OctoMap에서 관심 영역(ROI)의 중요도에 따라 해상도를 조절하는 방법을 제시한다. 이를 위해 카메라의 포인트 클라우드를 이용하여 3D 객체 인식을 수행하고, 목표 객체가 발견되면 객체의 중요도에 따라 해상도를 조절을 하는 방식을 채택한다.

2.1 시스템 모델

본 논문의 시스템 모델은 그림 1과 같다. 제안된 시스템 모델은 깊이 카메라로부터 얻은 포인트 클라우드를 활용하여 PV-RCNN(Point-Voxel Region-based Convolutional Neural Network)의 모델을 통해 3차원 객체 인식을 수행한다[4]. 이후 사용자가 사전에 지정한 객체 클래스에 따른

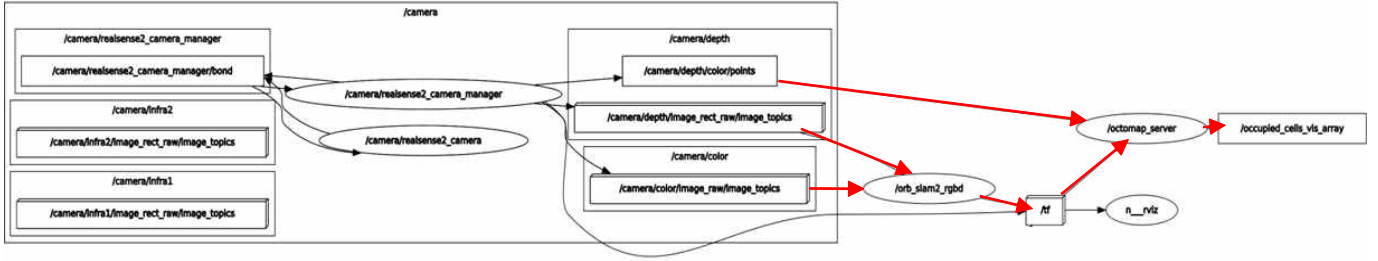


그림 2 ORB-SLAM2 및 OctoMap 노드 그래프

서로 다른 해상도로 맵의 정밀도를 조절한다.

이와 동시에 깊이 카메라의 그레이 스케일 이미지를 이용하여 ORB-SLAM2로 특징을 추출하고 매칭하여 위치 추정(Localization)을 수행한다[5]. 이 과정에서 측정된 비주얼 오도메트리는 매핑 단계에서 루프 클로징을 위해 이용된다. 그림 1의 Output은 적응형 복셀 매핑(Adaptive Voxel Mapping)의 개념도를 나타내며, 이는 전체 지도에서 특정 객체의 중요도에 따라 해상도가 다르게 적용되고 매핑 시에 동적으로 조절됨을 의미한다.

2.2. ORB-SLAM2 및 OctoMap

그림 2는 깊이 카메라를 사용한 ORB-SLAM2 및 OctoMap의 노드 그래프이며, 각 노드 간의 동작 상태를 나타낸다[6]. 그림 2에서 '/camera/depth/color/points' 토픽을 '/octomap_server' 노드에서 서브스크라이브(subscribe) 한 후, '/occupied_cells_vis_array' 토픽을 퍼블리쉬(publish)하여 3D 공간의 점유된 셀을 시각화한다. 동시에 깊이 카메라로부터 '/image_topics' 토픽을 '/orb_slam2_rgbd' 노드에서 서브스크라이브하여, 노드 내부에서 이미지 트래킹 및 위치 추정이 이루어진다. 이 과정에서 측정된 비주얼 오도메트리 정보는 '/tf' 토픽을 통해 '/octomap_server' 노드로 퍼블리쉬되며, 루프 클로징을 수행한다.

III. 결론

본 논문에서는 OctoMap의 3D 점유 격자 지도를 기반으로, 관심 영역(ROD)의 중요도에 따라 해상도를 동적으로 조절하는 방법을 제안한다. 이를 위해 ORB-SLAM2와 OctoMap을 결합하여 카메라 기반의 위치 추정 및 3D 복셀 매핑을 구현하였다. 추후에는 포인트 클라우드를 이용한 3D 객체 인식 기능을 추가하여, 관심 영역에 대해 가변적인 복셀 매핑을 수행함으로써 메모리 사용량을 줄이고 전체 시스템의 성능을 향상시키는 방안을 모색할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ICAN(ICT Challenge and Advanced Network of HRD) program(IITP-2024-RS-2022-00156394) supervised by the IITP(Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation)

This work was supported by Innovative Human Resource Development for Local Intellectualization program through the Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation(IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (IITP-2024-2020-0-01612)

참고 문헌

- [1] Vespa, Emanuele, et al. "Adaptive-resolution octree-based volumetric SLAM." 2019 International Conference on 3D Vision (3DV). IEEE, 2019.
- [2] Funk, Nils, et al. "Multi-resolution 3D mapping with explicit free space representation for fast and accurate mobile robot motion planning." IEEE Robotics and Automation Letters 6.2 (2021): 3553-3560.
- [3] Hornung, Armin, et al. "OctoMap: An efficient probabilistic 3D mapping framework based on octrees." Autonomous robots 34 (2013): 189-206.
- [4] Z. Zhou, L. Li, R. Wang and X. Zhang, "Deep Learning on 3D Object Detection for Automatic Plug-in Charging Using a Mobile Manipulator," 2021 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Xi'an, China, 2021, pp. 4148-4154, doi: 10.1109/ICRA48506.2021.9561106.
- [5] Mur-Artal, Raul, and Juan D. Tardós. "Orb-slam2: An open-source slamsystem for monocular, stereo, and rgb-d cameras." IEEE transactions on robotics 33.5 (2017): 1255-1262.
- [6] <https://github.com/whatsuppiyush/slam-octomap>