

대규모 HD 맵 개발을 위한 지역화 연구

이준영, 강신재, 한석민, 한동석*

경북대학교

ddr37105@knu.ac.kr, kangsj129@knu.ac.kr

snmin0719@knu.ac.kr, *dshan@knu.ac.kr

Research on Localization for Large-Scale HD Map Development

Jun Yeong Lee, Sin Jae Kang, Seok Min Han, Dong Seog Han*

Kyungpook National Univ.

요 약

최근 인공지능과 딥러닝의 발전은 자율주행 분야에서 널리 활용되고 있으며, HD(high definition map) 맵 연구에 있어서도 이를 통해 작업의 효율성을 크게 높일 수 있을 것으로 기대된다. HD 맵은 도로 요소뿐만 아니라 주행에 필요한 다양한 정보를 자율주행 차량에 제공하며, 제한된 컴퓨팅 환경에서도 높은 수준의 지역화 및 경로 설계를 지원하는 장점이 있다. 도심 주행에서는 기존 GPS 기반의 지역화 방식이 한계를 보이기 때문에, 최근 연구들은 GPS(global positioning system)와 HD 맵을 결합해 더 높은 정확도의 지역화 방법을 제시하고 있으며, 딥러닝과 센서 융합을 통해 실시간으로 HD 맵을 생성하거나 업데이트하는 기술도 발전하고 있다. 하지만 단일 연속적 지역화 방식에는 여전히 한계가 있어, 본 논문에서는 주행 중 주기적인 초기화를 통해 도심 내 정차가 가능한 상황에서 가장 효과적인 지역화 방법을 제안한다. 또한, 이 방법은 추후 라벨링을 통해 딥러닝에 적합한 형태로 활용될 수 있어, 대규모 HD 맵 개발에 크게 기여할 것이다.

I. 서 론

최근 인공지능과 딥러닝의 발전으로, HD 맵의 도로 요소 추가 및 수정 작업이 더 쉽게 해결될 것으로 기대된다[1]. HD 맵은 도로 요소와 주행에 필요한 다양한 정보를 적은 저장공간으로 자율주행 차량에 제공하여, 제한된 컴퓨팅 환경에서도 높은 수준의 정확한 지역화와 경로 설계를 가능하게 한다[2].

복잡한 도심에서 자율주행을 위해서는 높은 수준의 지역화가 필요하다. 기존 GPS 기반의 방식에는 한계가 있으며, 기존 실내 로봇에서 사용되던 비전 센서를 활용한 연속적 지역화 연구가 제시되었다[3][4]. 기존 지역화에서 벗어나 딥러닝과 센서 융합으로 실시간 HD 맵 생성 기술도 개발 중이며[5], 최근에는 HD 맵을 기존 지도와 비교하여 높은 정확도의 지역화 방법이 연구되고 있다[6]. 그러나 실제 차량을 통한 실험 결과, 연속적임에도 불구하고 단일 지역화 방식은 여전히 한계가 자주 드러난다[7][8].

본 논문에서는 도심 주행 중 지속적이고 정확한 지역화를 위해 주기적인 초기화의 필요성을 주장하고, 도심 정차 상황에서 효과적인 지역화 방법을 제시한다. 또한, YOLOv8을 활용하여 HD 맵에 지역화 정보를 추가함으로써 더 넓은 지역에 쉽게 적용할 수 있는 방안을 소개한다.

II. 본 론

자율주행 산업 연구소에서는 여전히 GPS기반 차량 설계가 주를 이루고 있다. 절대 좌표를 경로 설계에 사용하는 주행 유도선을 활용하기에 구현이 비교적 간단하고 효율적이다. 이러한 방식은 고속도로와 같은 한적한 도로에서는 그 성능이 검증되었지만, 여전히 복잡한 도심 환경에서는 한계가 있다. 도심과 같은 복잡한 환경에서는 건물이나 장애물로 인해 GPS 신호가 차단되거나 반사되어 정확도가 저하된다. 이로 인해 GPS만으로는 자율주행 차량의 안정적인 주행이 어렵고, 따라서 보완 기술이 필요해 보인다.

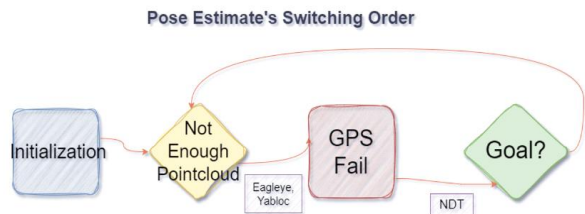


그림 1. 기존 연구에서 제안한 GPS 유무에 따른 지역화 전략

이를 해결하기 위해 벡터화된 HD 맵, 카메라, 라이다 등을 결합한 대안들이 제시된다. 이러한 접근법은 연속적인 지역화를 통해 복잡한 도심 환경에서도 차선 단위의 실시간 위치 추정을 효과적으로 가능하게 하며, 차량에 장착된 다양한 센서에 따라 적절한 방식을 선택하여 적용할 수 있는 장점이 있다.

이전에 수행한 연구에서는 그림 1과 같은 규칙을 사용하여 지속적 지역화 중 발생하는 오차를 효과적으로 수정하고, 필요한 HD 맵의 저장 용량을 줄이는 방안을 제시했다. 또한, 일부 구간에서는 여러 지역화 방식을 동시에 사용하여 성능을 향상시키는 시도가 있었다. 그러나 이러한 접근은 상황에 맞는 규칙을 만드는 것이 까다롭고, 복잡한 도심 환경에서는 다양한 방해 요소로 인해 규칙의 적용이 일관되지 않으며, 여러 방식의 결합이 계산 부담을 가중시켜 실시간 처리가 중요한 자율주행 시스템에서 지연을 유발하는 한계를 보였다.

본 논문에서는 기존 연구들과 달리, 도심 환경에서 주행 중 신호대기 시 정차를 활용하여 지역화를 초기화할 수 있는 방법에 주목한다. 지속적 지역화의 초기화를 성공적으로 수행하기 위해서는 차량의 정확한 위치와 방향을 파악하는 것이 필수적이다. 이를 위해, 주행 중 차량이 정차할 수 있는 신호대기 상황에서 가장 효과적인 지역화 방법을 실험하고, 그 결과를 딥러닝 기반 분류를 통해 HD 맵에 추가한다. 이 방식은 정차 구간에서의 효과적인 지역화 초기화를 가능하게 하며, 기존의 방대한 텍스트 파일을 수정하는 방식보다 더 간단하게, 넓은 지역에 효율적으로 정보를 추가할 수 있다.

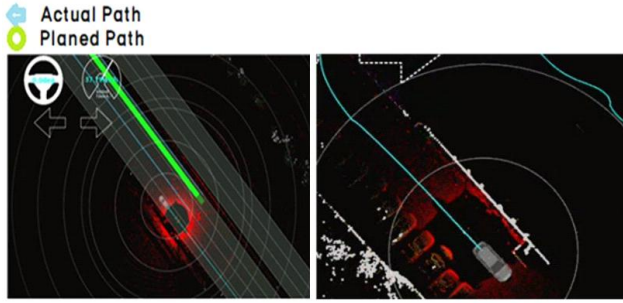


그림 2. 초기화 성공 여부에 따른 지역화 상태

본 실험에서는 차량의 초기 위치와 방향을 설정하기 위한 두 가지 방법을 실험한다. 첫째, 차량에 탑재된 센서 데이터를 기반으로 HD 맵 상의 위치와 비교하여 차량의 정확한 위치와 방향을 파악한다. 이 방법은 충분한 정차 시간이 주어졌을 때 높은 정확도를 보이며, 안정적인 초기화를 제공한다. 둘째, GPS와 GNSS 도플러 효과를 활용하여, 차량이 일정 시간 동안 직선 주행 후 위치와 방향을 추정하는 방식이다. 이는 상대적으로 짧은 시간 내에 초기화를 시도할 수 있어, 도심 환경에서 신호 대기 중에도 효과적인 초기화가 가능하다.

표 I 도로 형태별(직진, 비직진) 초기화 성능 비교

평가	지역화 방법	최적화 조건	정확도
1	GNSS 도플러	일정 시간 직진	< 0.5m
2	카메라와 HD맵	< 10초	< 0.75m
3	NDT 매칭	< 10초 + 점지도	< 0.5m
1	혼합 방식	고성능 컴퓨터	< 0.5m
2	카메라와 HD맵	< 15초 + GPS	< 2.5m
3	NDT 매칭	< 20초 + 점지도	< 1.0m

표 I은 신호 대기 후 도로 형태에 따라 직진 가능 여부를 기준으로 초기화 방법을 평가한 결과를 보여준다. 지역화 성공 여부는 디버깅을 통해 확인하며, 각 초기화 방법의 필요 조건과 정확도를 종합적으로 고려해 순위를 매긴다. 실험 결과, 충분한 정차 시간이 주어졌을 때 NDT(normal distributions transform) 매칭을 활용한 초기화 방식이 높은 성공률을 보인다. 그러나 이 방법은 초기화 시간이 길고, 점지도를 필요로 하는 한계가 있다. 카메라와 HD 맵을 활용한 방법은 NDT와 유사한 성능을 보이지만, 초기화 후 오차 보정이 가능해 상대적으로 더 효율적이다. 반면, GNSS(global navigation satellite system) 도플러와 차량 데이터를 활용한 방법은 짧은 정차 시간에도 초기화가 가능하며, 라이다나 카메라 같은 추가 센서 없이도 효과적으로 지역화를 수행할 수 있다.

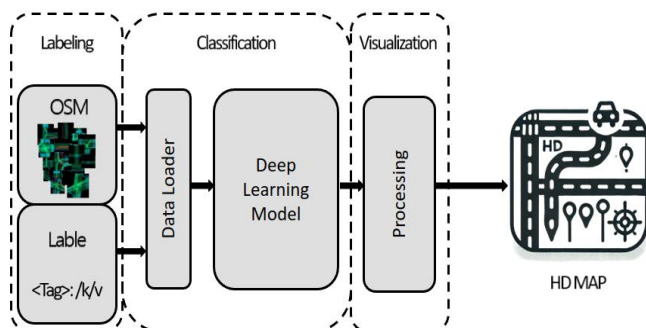


그림 3. HD 맵 시각화 후 라벨링 작업 및 딥러닝 분류 과정

앞선 실험 결과, 짧은 정차 중 초기화 방식은 신호 주변 도로의 형태에 따라 결정된다는 결론을 도출한다. 기존 방식에서는 도로 ID와 절대 좌표를 텍스트 형식으로 추가하고, 해당 지역의 도로 정보와 좌표를 별도로 분석해야 했다. 이를 개선하기 위해, 본 실험에서는 OSM(open street map) 시각화 도구를 활용하여 도로를 시각화한 후, 그림 3의 파이프라인과 같이 신호 대기 구간을 정사각형 형태로 잘라내어, 이를 데이터 처리 도구를 통해 HD 맵의 텍스트 파일로 라벨링하여 자동화 과정을 크게 단순화한다. 이후, 데이터 처리 도구에서 생성된 맞춤형 데이터를 YOLOv8로 학습시키고, 학습된 가중치를 활용하여 지역화 정보를 새로운 HD 맵에 자동으로 추가함으로써, 기존 방식에 비해 정확도와 효율성이 크게 향상된다. 또한, 딥러닝을 적용한 HD 맵을 통해 대규모 지역화 작업에도 확장 가능성을 확인할 수 있다.

III. 결 론

본 논문은 도심 환경에서의 자율주행 차량 초기화를 위한 최적의 방법을 제시하였다. 실험 결과, 신호대기 시 정차 구간을 활용한 지역화 초기화가 효과적임을 확인하였으며, 딥러닝 기반 분류를 통해 이를 HD 맵에 자동으로 추가하는 방법을 제안했다. 이 방법은 기존의 수작업 방식보다 효율성과 정확도를 크게 향상시켰으며, 대규모 HD 맵 구축에도 적용 가능성이 크다. 특히, 복잡한 도심 환경에서도 정확한 지역화를 달성할 수 있는 효과적인 솔루션을 제공함으로써, 자율주행 시스템의 성능을 크게 향상시킬 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원(P0024162, 2023년 지역혁신클러스터육성)과 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 과학기술사업화진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(‘학연협력플랫폼구축 시범사업’ RS-2023-00304695).

참 고 문 헌

- [1] MACARIO BARROS, Andr  a, et al. A comprehensive survey of visual slam algorithms. *Robotics*, 11.1-24. 2022.
- [2] Xiong, X., Liu, Y., Yuan, T., Wang, Y., Wang, Y., & Zhao, H. Neural map prior for autonomous driving. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* pp. 17535-17544. 2023.
- [3] Takanose, A., Kitsukawa, Y., Megruo, J., Takeuchi, E., Carballo, A., & Takeda, K., "Eagleye: A lane-level localization using low-cost gnss/imu," In *2021 IEEE Intelligent Vehicles Symposium Workshops (IV Workshops)* pp. 319-326, 2021.
- [4] ZHANG, Chi, et al. Dt-loc: Monocular visual localization on hd vector map using distance transforms of 2d semantic detections. In: *2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*. IEEE, pp. 1531-1538. 2021.
- [5] LIU, Xiaolu, et al. Mgmmap: Mask-guided learning for online vectorized hd map construction. In: *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. pp. 14812-14821. 2024.
- [6] LXIONG, Xuan, et al. Neural map prior for autonomous driving. In: *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. pp. 17535-17544. 2023.
- [7] Autoware Foundation, "Discussion on Point 3878: GitHub, 2024. [Online]. Available: (<https://github.com/orgs/autowarefoundation/discussions/3878>).
- [8] Autoware Foundation, "Discussion on Point 3231: GitHub, 2024. [Online]. Available: (<https://github.com/orgs/autowarefoundation/discussions/3231>).