

GPS 기반 자율주행 군사로봇에 관한 연구

조혜민¹, 안종수¹, 김준하¹, 김수민¹, 양현빈²

¹단국대학교 전자전기공학부

²단국대학교 기계공학과

cho.hm02123@gmail.com, 8ajs0114@gmail.com, basekim526@gmail.com, su011020@naver.com,

yanghbin@naver.com

A Study on the Development of Self-Driving Military Robot Based on GPS

Hye-Min Cho¹, Jong-Su An¹, Joon-Ha Kim¹, Su-Min Kim¹, Hyun-Bin Yang²

¹Dept. of Electronic and Electrical Engineering, Dan-Kook University

²Dept. of Mechanical Engineering, Dan-Kook University

요 약

본 논문에서는 GPS 기반의 자율주행 군사로봇에 사용된 각종 센서들의 융합(Sensor Fusion)에 대하여 다루고 있다. GPS 를 통한 자율주행의 경우 GPS 의 성능에 따라 정확도 차이는 있으나 특별한 지형지물 없이 로봇의 현재 위치를 파악할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 GPS 만 이용하여 자율주행 알고리즘을 구성하는 경우 로봇의 진행 방향을 특정하지 못한다는 문제점이 발생한다. 이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 RTK GPS 와 Lidar, IMU 센서를 ROS 환경에서 Robot_Localization 과 EKF(Extended Kalman Filter)를 이용하여 융합하는 방법에 대하여 다루었다.

1. 서론

최근 자율주행에 대한 관심이 커지고 있으며, 다양한 분야에서 해당 기술을 이용하고 있다. 하지만 상용화된 자율주행 시스템의 경우 카메라, Lidar 센서를 통해 일반 도로에서 주행하거나 Lidar, IMU 센서를 통해 실내에서 사용한다. 위 사례와 같이 차선, 벽과 같은 기준이 없는 오프로드의 경우 자율주행이 불가능하다는 문제점이 있다.

해당 문제점에 대안으로 GPS 를 통해 수신된 위치 정보를 토대로 로봇의 위치를 파악하는 방식을 채택하였다. 위 방식의 경우 로봇이 이동하는 로봇의 진행 방향, 기준이 되는 방향을 파악할 수 없다. 때문에 Lidar, IMU 센서와 통합하여 로봇의 진행 방향을 파악함과 동시에 장애물을 파악하여 회피하며 주행할 수 있도록 하였다.

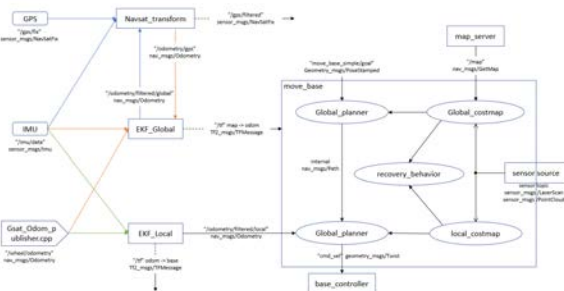
(그림 1) Flow chart of Algorithm.

2. RTK GPS 기반의 정밀 위치 파악

NEO-6M 과 같은 시중의 저가용 GPS(GNSS)의 경우 대기권, 위성 오차 등의 이유로 m 단위의 오차가 발생한다. GPS 기반의 자율주행 알고리즘의 경우 오차 범위가 클수록 주행에서의 안정성이 떨어진다. 본 논문에서의 로봇 또한 현재 위치를 측정하여 주행하는 알고리즘을 채택하고 있으므로 로봇의 정확한 위치 판단이 중요하다.

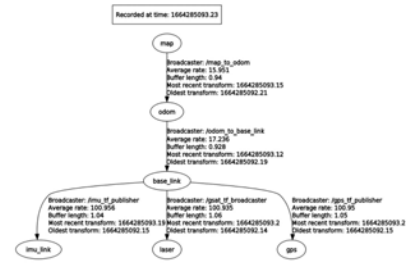
	NEO-M8P	NEO-6M	ZED-F9P
Nav. update rate	RTK: up to 8Hz Carrier phase data: up to 10Hz	5Hz	RTK: up to 20Hz
Convergence time	RTK: < 60sec	-	RTK: < 10sec
Position accuracy	Standalone: 2.5m CEP RTK : 0.025m + 1ppm CEP	GPS : 2.5m	RTK : 0.01m + 1ppm CEP

(그림 2) GPS Performance Comparison



이를 해결하기 위해 위치 정보를 가지고 있는 기준국의 반송파 위상에 대한 보정 차를 이용하여 이동국에서 실시간으로 데이터를 수신 받는 RTK(Real Time

Kinematic)-GPS 를 사용하여 cm 단위의 정밀한 위치 정보를 얻을 수 있다. RTK-GPS 의 경우 안테나, 무선 모뎀의 안테나, 통신 단말기 등 설치의 번거로움이 있다. 이에 반해 상시 관측소 데이터를 사용하는 VRS-RTK 의 경우 1 대의 수신기와 통신 가능 장비만으로 GPS 측량이 가능하며 일반 RTK-GPS 대비 오차가 작다. 위와 같은 이유로 VRS-RTK 를 지원하는 U-blox 사의 ZED-F9P 를 채택했다.

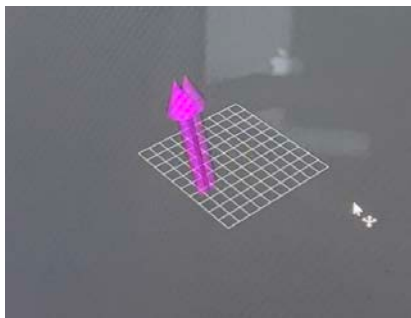


(그림 4) Flow chart of tf_tree

3. 로봇 방향 특정을 위한 EKF 기반 센서 융합

단일 GPS 의 경우 절대적인 좌표 데이터인 위도, 경도만을 측정가능하므로 방향 추정이 불가능하다. 자율주행의 경우 출발 지점으로부터의 거리를 통해 로봇의 상대적 위치를 추정하는 Odometry 가 필요하다. Odometry 추정을 위해 GPS, IMU, encoder 데이터를 융합한다.

3 종류의 데이터는 EKF(Extended Kalman Filter)를 통해 융합되었다. EKF란 모션 모델과 측정 모델이 선형적일 경우, 가우시안 분포를 따르는 경우 모두를 만족할 때 상태 예측과 특정 업데이트를 반복적으로 수행하며 로봇의 현재 위치를 계산하는 방식이다. EKF는 주기내에 어느 센서의 데이터라도 입력되는 경우 로봇의 상태 예측을 시작한다. GPS, IMU 센서의 주기가 일치하지 않는 경우 Odometry 가 발산하므로 사용하는 보드에 맞는 주기로 일치시켜주는 것이 중요하다.



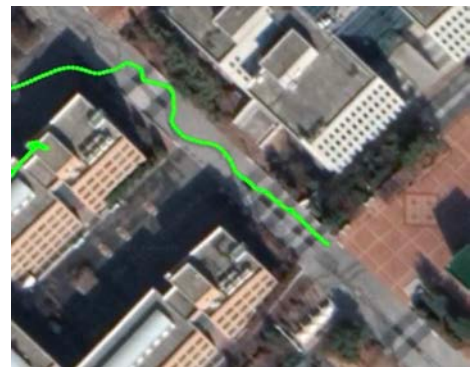
(그림 3) Diffusion of Odometry

하나의 EKF 를 통해 GPS, IMU, Encoder 데이터를 융합하여 map to odom tf 데이터를 생성하고, 다른 하나의 EKF 를 통해 IMU, Encoder 데이터를 융합하여 odom to base tf 와 odometry/filtered 데이터를 생성한다. 생성된 map to odom tf 와 odometry/filtered 데이터는 move_base 에 전달되어 주행에 사용된다. 이때 GPS 주행 지역에 따른 자기편각을 계산하여 해당 오차를 줄여주었다.

4. ROS 기반 시스템 관리

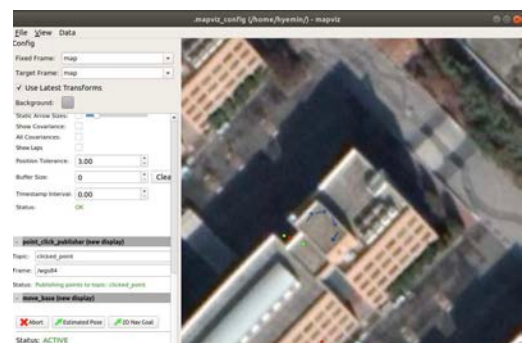
로봇 개발 시 각종 센서 및 소프트웨어 사용에 유리한 ROS(Robot Operating System)를 사용하였다. Robot_Lcalization 등의 Package 를 사용하여 로봇의 위치를 추정하였으며, 추가적인 센서 및 모터 부착에 용이하도록 하였다.

Docker 를 이용하여 Mapviz 상에 Google 위성 지도를 불러와 시각화함으로써 직관적인 위치를 파악할 수 있다.



(그림 5) GPS tracking on Google Map

로봇의 주행 경로 좌표를 Mapviz 에 저장하여 로봇의 자율주행에 사용한다. 로봇의 초기 좌표를 (0.0)으로 변환하여 이후 로봇의 주행방향, 거리정도를 move_base 로 전송하여 모터를 동작한다.



(그림 6) The Waypoint

야외주행 특성상 mapping 이 불가능하므로 빈 맵

(Empty map)을 map server 에 입력해 주는 것이 중요하다.

x 방향 속도와 회전이 있는 궤적을 우선순위로 고려하여 주행하며, 장애물 발견 시 후진 탈출할 수 있도록 Trajectory_planner_ros 를 move_base 내부 Local_planner 로 채택하였다.

5. 결론

이 논문에서는 RTK-GPS 와 다양한 센서들의 융합을 통한 자율주행 알고리즘 구성을 소개하였다. 야외 자율주행에서 로봇의 위치를 파악하기 위한 기준으로 GPS 좌표를 사용하였다. 보다 정확한 위치 측정을 위해 VRS-RTK-GPS 를 사용하였으며, 방향을 탐지하지 못하는 GPS 의 단점을 보완하기 위해 IMU 센서를 이용하여 로봇의 방향을 탐지하였다. 해당 기술을 바탕으로 차선, 벽과 같은 기준이 없는 오프로드에서의 자율주행이 가능함을 보였다.

현재 국방부는 Army tiger 4.0 체계를 통한 자동화, 무인화 국방 체계를 주목하고 있다. 국방 분야에서 무인 로봇이 대두되는 만큼 다양한 작전에 투입되는 로봇에 적용될 수 있으리라 기대한다. 더 나아가 선박, 지면에 닿지 않고 주행하는 드론, 비행기, 헬리콥터 등의 분야에서도 사용할 수 있을 것이라고 기대한다.

감사의 글

본 논문은 과학기술정보통신부 정보통신창의인재양성 사업의 지원을 통해 수행한 ICT 멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

- [1] Kim, Min-Seo, and Tae-Suk Bae. "Evaluation of N-RTK positioning accuracy for moving platform." *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography* 38.3 (2020): 259-267.
- [2] Zheng, Kaiyu. "Ros navigation tuning guide." *Robot Operating System (ROS)*. Springer, Cham, 2021. 197-226.
- [3] Moore, T., & Stouch, D. (2016). A generalized extended kalman filter implementation for the robot operating system. In *Intelligent autonomous systems 13* (pp. 335-348). Springer, Cham.