

실외환경에서의 DWA 기반 SUGV 자율주행

DWA-based autonomous navigation for SUGV in outdoor environments

*#김종원¹, 유재관¹, 한건¹, 백주현¹

*#J.W. Kim(jongwon.kim84@lignex1.com)¹, J.K. Ryu¹, G. Han¹, J. H. Baek¹

¹LIG 넥스원

Key words : SUGV, Obstacle avoidance, Mobile navigation

1. 서론

이동로봇은 환경정보로부터 출발점에서 목표점까지의 최적경로를 생성하는 경로계획 기능과 목표점까지의 이동 중에 장애물과의 충돌을 회피하면서 안전하게 이동할 수 있는 충돌 회피 기능을 갖추고 있어야 한다^[1]. 실외환경에서의 경로계획 및 장애물 회피는 매우 어려운 문제로 단순히 장애물이 존재하지 않는 공간으로만 회피하면 충분한 실내환경과 달리 실외환경에서는 장애물의 높이만으로는 안전한 경로를 추출할 수 없다. 3D 레이저 스캔 데이터를 활용하여 지형지물을 분석한 다음, 차량이 주행 가능한 부분으로 경로를 추출하고, 이동장애물이 출현하였을 시에는 이동장애물과 충돌하지 않는 부분으로 로봇을 유도하는 주행알고리즘 개발이 필요하다.

본 논문에서는 로봇의 기구학적 구속조건을 포함시켜 로봇에 의해 변화할 수 있는 속도 영역에서 장애물을 회피하며 목표점으로 빠르게 주행할 수 있는 속도를 선택하는 Dynamic Window Approach (DWA)^[2] 알고리즘을 적용한다. GPS(global positioning system)와 엔코더 정보를 융합하여 사용하면서 위치추정을 하고, 로봇의 방향은 IMU(inertial measurement unit)를 사용하게 된다. 2D 레이저스캐너를 이용해서 주변환경을 정확하게 인식하여, 경유점을 기반으로 안전하게 목적지까지 장애물을 회피하며 도달하는 방법을 제안하였다. 위의 제안한 방법들은 실험을 통해 검증하였다.

2. 주행 시스템 구성

DWA기법의 안정성과 주행의 성능을 향상

시키기 위해 여러 센서들을 융합하였다. 2D 레이저 스캐너는 전방의 장애물을 탐지하면서 주변환경을 인식하게 되고, 로봇의 위치(x, y, z)는 바퀴의 모터에 장착된 엔코더 정보로부터 계산될 수 있다. 그러나 엔코더 정보만을 이용하여 로봇의 위치를 계산하면 여러 불확실성 요소에 따라 오차가 누적되는 문제가 있으므로 GPS(global positioning system) 정보와 융합하여 로봇의 위치를 추정하게 된다. 로봇의 방위(roll, pitch, yaw)는 IMU(inertial measurement unit)를 장착하여 측정하게 되며, 이와 같은 센서를 통해 로봇의 방위를 결정하게 된다^[3]. 지금까지 설명한 전체적인 주행시스템 구성은 Fig. 1과 같다.

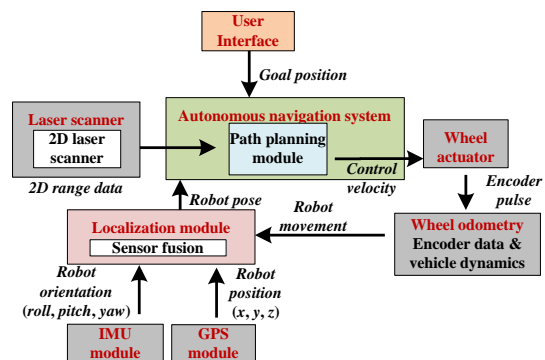


Fig. 1 Configuration of navigation system.

3. DWA 기반의 장애물 회피

본 논문에서 사용한 DWA 기법은 센서 기반의 장애물 회피기술로, 실외환경에서는 많은 실험을 통해 그 성능이 입증되었다. 따라서 실외환경에서의 장애물 회피에 있어서도 DWA 기법이 우선적으로 적용될 수 있다고 판단하였

다. DWA에서는 로봇의 기구학적 구속조건을 고려하여, 로봇에 의하여 변화할 수 있는 속도 영역에서 로봇과 충돌하는 장애물을 회피하면서 목표점으로 빠르게 주행할 수 있는 속도를 선택한다. DWA에서 dynamic window란 로봇을 구동하는 액추에이터의 한계에 의해서 제한된 전체 속도영역 중에서 로봇의 현재 속도를 기준으로, Fig. 2의 점선 안의 흰색영역과 같이 단위시간(Δt) 동안 최고 가속도 및 각속도에 의하여 변화할 수 있는 속도와 각속도 영역을 의미한다.

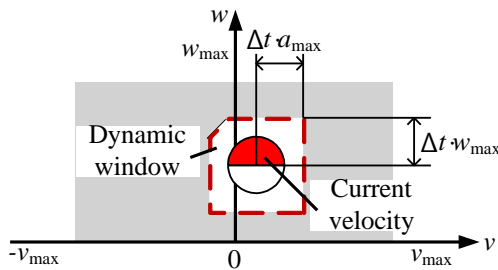


Fig. 2 Dynamic window

Fig. 2에서 v_{max} 는 로봇의 최고속도이고, w_{max} 는 최고각속도이다. 이와 같이 설정된 dynamic window 내에서 다음과 같은 3개의 목적함수(objective function)의 합으로 표현되는 전체 목적함수(overall objective function)인 w^* 가 존재한다.

$$w^* = \alpha_{head} \cdot w_{head} + \alpha_{speed} \cdot w_{speed} + \alpha_{clear} \cdot w_{clear} \quad (3.1)$$

여기서 $w_{heading}$, w_{speed} , 및 $w_{clearance}$ 는 로봇의 방향, 속도 및 충돌에 관련되는 목적함수이고, $\alpha_{heading}$, α_{speed} , 및 $\alpha_{clearance}$ 는 각 목적함수들의 가중치이다. 해당함수의 가중치를 조절함에 따라 DWA의 로봇 운동 특성이 결정된다.

DWA는 연산량이 적으며, 장애물에 대한 신속한 회피가 가능하며, 이동장애물 회피에도 매우 용이하다. 하지만 실시간 센서정보를 가지고 현재 로봇에 적합한 속도와 각속도를 계산하여 주행을 하다 보면 목표점까지 연결성 부족과 $w_{heading}$ 의 특성에 의해 국부최소에 빠지는 경우가 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 Fig. 3과 같이 로봇의 시작점에서 목표

점까지 중간에 경유점을 설정하여 간단한 경로 계획이 되도록 하였다. 각 경유점을 차례로 주행함으로써 국부최소를 회피하며 목표점까지 주행한다. 즉, DWA에서 경유점은 목표점에 도착하기 위한 중간목표(subgoal)라 할 수 있다.



Fig. 3 Experimental environments and way points

4. 결론

본 논문에서는 실외환경에서 SUGV의 자율주행을 위해 DWA 기반의 주행 시스템을 제시하여 다음과 같은 성과를 얻었다.

- (1) 실내환경에서 많은 연구를 통해 검증된 DWA 기법을 실외환경의 주행에서도 적용하였으며, 장애물 회피에서 좋은 성능을 보였다. 또 좁은 공간에서도 주변환경과 충돌 없이 목표점까지 주행을 할 수 있었다.
- (2) DWA의 문제점으로 지적되는 국부최소 문제점은 경유점 설정을 통해 해결하였다. 또한, 정확하고 안전하게 경유점 도착을 위해 GPS를 사용하였다.

참고문헌

1. Siegwart, R. and Nourbakhsh, I., *Introduction to Autonomous Mobile Robots*, MIT Press, Cambridge, 2004.
2. Fox, D., Burgard, W., and Thrun, S., "The Dynamic Window Approach to Collision Avoidance," *IEEE Robotics and Automation Magazine*, pp. 23-33, 1997.
3. Kazunori O., Takashi T., Bunji S. and Shin'ichi Y., 2004, "Differential GPS and odometry-based outdoor navigation of a mobile robot," *Advanced Robotics*, vol. 18, no. 6 pp. 611-635.