

# 기존의 지역경로계획 방법과 최적화를 이용한 가상접선벡터 알고리즘과의 성능 비교

## Performance Comparison of Existing Local Path Planning Method with Optimized Virtual Tangential Vector

\*곽경운<sup>1</sup>, #김수현<sup>1</sup>, 김경수<sup>1</sup>

\*K. W. Kwak<sup>1</sup>, #S. H. Kim(peaceall@kaist.ac.kr)<sup>1</sup>, K. S. Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>KAIST 기계공학과

Key words : VTV(Virtual Tangential Vector), Local Path Planning, Multi-objective Optimization

### 1. 서론

무인 차량의 경로 생성에 대한 연구는 오랫동안 연구가 진행이 되어오고 있다[1-4]. 하지만 대부분의 경로계획을 대표하는 알고리즘들은 단일 알고리즘으로 모든 환경, 즉 임의의 환경에서 만족하지는 않는다는 문제점을 가지고 있다. 이는 지역경로 계획이 센서로부터 탐지되는 범위에서만 알고리즘들이 적용이 되기 때문이라 할 수 있고 극복하기 어려운 점이라고 할 수도 있겠다. 본 논문에서는 저자가 제안한 방법인 가상접선벡터를 이용한 최적경로 생성에 대한 알고리즘과 기존의 대표적인 방법과를 비교를 통해 제안된 알고리즘의 성능을 평가하고자 한다. 2장에서는 최적화를 이용한 가상접선벡터 방법[5]에 대하여 논하고 3장에서는 기존의 알고리즘과의 비교 시뮬레이션 및 성능분석에 대하여 설명한다.

Table 1 Definition

	definition
$x_{vehicle}$	Current vehicle position, x-coordinate
$y_{vehicle}$	Current vehicle position, y-coordinate
$x_{goal}$	Target position, x-coordinate
$y_{goal}$	Target position, y-coordinate
$\alpha, \beta, \gamma$	Weighting factors for the three objectives
$\delta, \delta_{max}$	Distance to the nearest point of an obstacle from the next robot position, maximum safe distance
$\lambda, \lambda_{max}$	Orientation angle, maximum orientation angle
$V, V_{max}$	Vehicle speed, maximum speed
n	The n-th time step
N	The number of time steps to the target

### 2. 가상접선벡터 방법

다음과 같은 목적함수와 제한조건을 정하다. 각 시간 스텝에서 이 최적화 문제로부터 무인 차량의 다음 위치인  $X_n$ 을 구하게 된다. 이 식에서 사용된 기호의 정의는 Table 1과 같다.

$$f = \min [J(X_n)] \tag{1}$$

$$\text{subject to } g_i(X_n) \leq 0, \quad i = 1, 2 \tag{2}$$

$$\text{and } h(X_n) = 0 \tag{3}$$

$$\text{where } X_n = [x_{vehicle(n)}, y_{vehicle(n)}]^T, \tag{4}$$

$$J(X_n) = \Psi(\tilde{\eta}_n) + \Omega(\tilde{\zeta}_n) + \Gamma(\tilde{\psi}), \tag{5}$$

$$\Psi(\tilde{\eta}_n) = \frac{1}{2} \tilde{\eta}_n^T \alpha \tilde{\eta}_n, \tag{6}$$

$$\Omega(\tilde{\zeta}_n) = \frac{1}{2} \tilde{\zeta}_n^T \beta \tilde{\zeta}_n, \tag{7}$$

$$\Gamma(\tilde{\psi}_n) = \frac{1}{2} \tilde{\psi}_n^T \gamma \tilde{\psi}_n, \tag{8}$$

$$g_1 = \delta_{max} - |\delta_n|, \tag{9}$$

$$g_2 = |\lambda_n| - \lambda_{max}, \tag{10}$$

$$h = V_n - \alpha V_{max}, \quad n = 1, \dots, N \tag{11}$$

무인 차량이 주행을 할 때 가장 중요하게 고려되는 요소는 얼마만큼 빨리 그리고 짧은 거리로 목표점까지 도달하는가와 장애물과 충돌을 피하기 위해 안전거리를 확보하는 것이다. 식 2와 같이 무인 차량이 장애물로부터 안전성을 확보하기 위해 최소 근접거리가 일정한 거리 이상이 되도록 제한조건으로 설정하였다. 목적함수와 제한조건에 대한 수식을 확장하면 다음과 같다.

$$\tilde{\eta}_n = \left| [x_{goal}, y_{goal}]^T - X_n \right|, \quad (12)$$

$$\zeta_n = \left| \zeta_{obs(n)} - X_n \right|, \quad (13)$$

$$\psi_n = \left| \psi_{VTV(n)} - X_n \right|, \quad (14)$$

식 5에서 목적함수는 세 개의 항으로 구성되어 있는데 첫 번째 항( $\Psi$ )은 무인 차량이 목표지점에 빠르고 짧은 거리로 도달하게 하기 위한 것(식 12)이고 두 번째 항( $\Omega$ )은 장애물과의 거리를 확보하여 안전하게 주행하도록 하는 의미(식 13)를 가지고 있다.

또한 식 14의  $\psi_{VTV(n)}$ 는 레이저 센서로부터 얻은 가상접선벡터[5]이다. 제한조건 요소인 식 (9)는 장애물과 무인차량의 최소 안전거리를 지정해 놓은 것으로,  $\delta_n$ 은 현재차량의 위치로부터 센서로 측정된 장애물의 최소 거리와 방향으로부터 얻어지는 장애물의 최소거리 점까지의 거리를 나타내고,  $\delta_{max}$ 는 최대 안전거리이고  $\lambda_{max}$ 는 최대 조향 각이다.

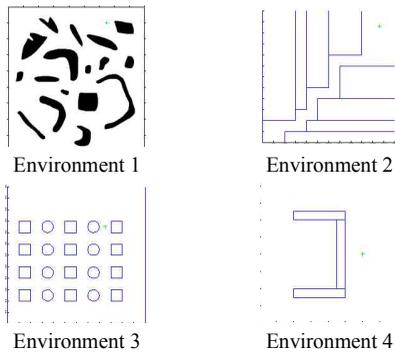


Fig. 1 Simulation Environments

Table 2 Comparison of performance index (\*: ranking)

	Index	Optimized -VTV	Optimized -VFF	VFH
1	Step (time)	555(2*)	494(1*)	575(3*)
	Min. distance	32(1*)	20(3*)	25(2*)
	Ranking	1*	2*	3*
2	Step (time)	327(1*)	345(3*)	327(1*)
	Min. distance	32(1*)	22(3*)	29(2*)
	Ranking	1*	3*	2*
3	Step (time)	248(1*)	288(3*)	257(2*)
	Min. distance	32(1*)	22(3*)	30(2*)
	Ranking	1*	3*	2*
4	Step (time)	426	X	X
	Min. distance	42	X	X

### 3. 모의실험을 통한 성능 비교

기존의 알고리즘과 성능을 비교하기 위해 Fig. 1과 같이 4가지 환경을 정하여 모의실험을 하였다. 비교 대상인 알고리즘은 Vector Field Histogram, Optimized Virtual Force Field[6]이다. 결과는 Table 2에 정리 되어있다. 선정된 성능 지표는 시간과 안전에 대한 것이며 비교된 다른 알고리즘에 비해 주어진 환경에서 좋은 성능을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

### 4. 결론

본 연구에서는 지역경로계획에 대한 알고리즘들을 가상접선벡터 알고리즘과 비교를 통하여 제안 방법의 성능을 평가하였고 다른 알고리즘에 비해 우수함을 알 수 있었다.

### 후기

본 연구는 한국과학기술원 국방무인화기특화 연구센터를 통한 국방과학연구소 연구비 지원으로 수행되었다.

### 참고문헌

1. J. Borenstein, "Real-time obstacle avoidance for fast mobile robots," IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics, Vol. 19, No. 5, pp. 1179-1187, Sept./Oct. 1989
2. J. Borenstein, Y. Koren, "the vector field histogram-fast obstacle avoidance for mobile robots," IEEE Journal of Robotics and Automation Vol 7, No 3, pp. 278-288, June 1991
3. Dieter Foxy, Wolfram Bardy, Sebastian Thrunyz, "The Dynamic Window Approach to Collision Avoidance," IAI-TR-95-13, August 1995
4. J. Minguez, "Nearness Diagram (ND) Navigation: Collision Avoidance in Troublesome Scenarios," IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol. 20, no. 1, pp. 45-59, 2004
5. 광경운, 정해관, 김수현, "Virtual Tangential Vector와 퍼지 제어를 이용한 준 3차원 경로계획", 로봇학회논문지, 제5권 제2호, pp. 127-134, 2010
6. Yongsoon Yoon, Jongho Shin, H. Jin Kim, Yongwoon Park, and Shankar Sastry, "Model-predictive active steering and obstacle avoidance for autonomous vehicles," IFAC Control Engineering Practice, Vol. 17, No. 7, July 2009, pp. 741-750.