

## 적외선 센서를 이용한 서브 골 생성에 의한 장애물 회피

Obstacle Avoidance by the Subgoal Generation Using the Infrared Sensors

나카자와 카즈키, 양동훈, 김일택, 홍석교

Kazuki Nakazawa, Dong-Hoon Yang, Il-Teak Kim, Suk-Kyo Hong

School of Electronics Engineering, Ajou University

**Abstract** - This paper presents an obstacle avoidance of a mobile robot by the subgoal generation using infrared sensors. When an obstacle appears on the path which the robot is moving forward, the robot has to get information, such as distance between the robot and the obstacle and the shape of the obstacle for avoidance behavior. Our collision avoidance algorithm needs the only distance between the robot and the obstacles. The distances are used for subgoal generation. Simulation results show that a robot can go to the goal, carrying out subgoal generation and avoiding obstacles.

**Key Words** : mobile robot, obstacle avoidance, subgoal generation, infrared sensors

### 1. 서문

최근 제조업 뿐만 아니라 의료, 복지, 서비스, 가정용 오락 등 폭넓은 분야에서 로봇이 도입되어 있다. 이러한 로봇들이 공통적으로 필요로 하는 기능은 자신의 위치와 주변 환경을 파악하며 다양한 장애물을 회피하며 목표 지점까지 이동하는 기능이다. 이 장애물 회피 기능에 필수적인 것은 장애물의 위치와 장애물과의 거리정보이다. 이 정보를 얻기 위해서 다양한 센서가 사용되고 있지만 특히 초음파 센서와 적외선 센서의 두 종류가 많이 사용되고 있다.

초음파센서는 측정 범위가 넓으나 분해능이 적외선 센서에 비해 낮은 특징을 가지고 있다. 그리고 적외선센서는 보다 정확한 거리 측정이 가능하지만 빛의 직진성 때문에 넓은 범위의 측정은 불가능하다. 그러나 복잡한 장애물이나 좁은 길에서는 장애물과의 거리 정보의 정확성이 요구되므로 적외선 센서 쪽이 보다 적합하게 이용될 수 있다.

Fujimori는 이동로봇의 방향을 로봇 전방에 배치된 세 개의 센서들로부터 측정된 거리의 차이를 이용해 여러 경우의 장애물 배치 상태에 대해 적응 방법을 이용한 회피 알고리즘을 제안하였다[1]. Borenstein은 초음파센서를 이용해 장애물과의 거리를 측정해 회피하는 방법을 제안하였다[2]. 또한, 충돌회피를 위해 이동로봇의 조향을 제어하며 동시에 미지의 장애물을 감지하여 목표까지 전진 하는 Virtual force field 방법을 제안하였다[3]. Chancharoen은 광학 센서와 근접센서를 이용하여 장애물을 검지하면 Wall Following으로 회피

는 방법을 제안하였다[4]. Turennout는 초음파 센서를 이용해 Wall Following을 제안하였다[5].

또한, Nonholonomic constraint를 갖는 이동 로봇이 알려지지 않은 장애물을 포텐셜 필드방법을 이용하여 회피하는 알고리즘이 제안되었다[6].

이 논문에서는 장애물 회피를 위해 본래의 목적지가 아닌 임시의 서브 골을 장애물이 위치하지 않은 방향에 생성하여 이동로봇이 장애물을 회피하는 알고리즘을 제안한다.

### 2. 본론

#### 2.1 이동로봇의 센서 구성

이동 로봇에는 전방과 측면에 9개의 적외선 센서들이 장착되어 있어 장애물과의 거리를 측정한다. 모든 센서들은 로봇에 고정되어 있다. 그리고 로봇의 좌측부터 우측까지 22.5도의 간격으로 배치되어 있다. Fig.1와 Fig.2은 이동 로봇의 구성과 센서 배치를 보여준다.

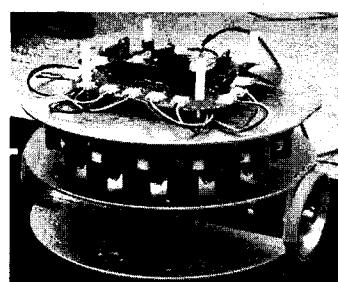


Fig.1 Mobile Robot

#### 저자 소개

- \* 準會員 : 亞洲大學 電子工學科 修士課程
- \*\* 準會員 : 亞洲大學 電子工學科 博士課程
- \*\*\* 準會員 : 亞洲大學 電子工學科 修士課程
- \*\*\*\* 正會員 : 亞洲大學 電子工學科 教授

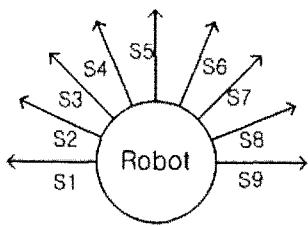


Fig.2 Position of sensors

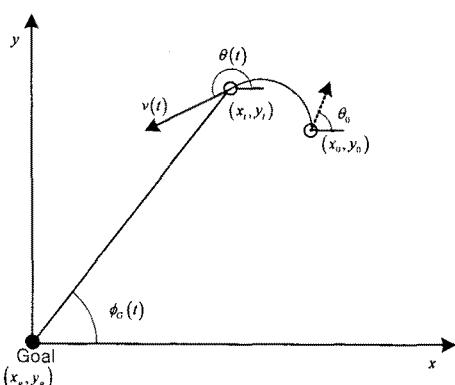


Fig.3 Motion of robot

## 2.2 이동 로봇의 기구학

본 논문에서 사용하는 이동 로봇의 기구학 모델을 다음 Fig.3에 나타내었다. Fig.3에는 로봇의 초기 좌표  $(x_0, y_0)$ , 서브 골의 좌표  $(x_t, y_t)$ , 최종 목표점의 좌표  $(x_g, y_g)$ 를 나타내었다. 그리고 로봇의 직진이동속도  $v(t)$ , 초기 각도  $\theta_0$ , 이동 중의 방향각  $\theta(t)$ ,  $(-\pi < \theta < \pi)$ 가 표현되었다. 이 이동 로봇의 기구학 모델은 다음의 간단한 수식으로 표현된다.

$$\theta(t_N) = \alpha(t_N)\Delta t + \theta(t_{N-1}) \quad (1)$$

$$x(t_N) = v(t_N)\cos(\theta(t_N))\Delta t + x(t_{N-1})$$

$$y(t_N) = v(t_N)\sin(\theta(t_N))\Delta t + y(t_{N-1})$$

## 2.3 Obstacle Avoidance Algorithm

이 논문에서 제안하는 장애물 회피 알고리즘은 로봇에 장착되어 있는 9개의 센서를 이용하여 장애물을 감지하고 각 센서에 대응되는 subgoal을 미리 설정한 후 생성된 여러 개의 subgoal의 평균 위치를 subgoal로 정하여 원래의 목표점이 아닌 이 subgoal로 이동을 하여 장애물을 회피한다. 장애물을 회피한 후엔 원래의 설정된 목표점을 향해 이동한다. Fig.4에 출발점부터 목표 지점까지의 주행을 위한 순서도를 나타내었다.

### 2.3.1 Subgoal generation rule

Subgoal들을 생성하는 방법은 다음과 같다. 먼저, 9개의 센서에 대응되는 센서각도의 일정 거리에 subgoal을 생성한다. 장애물을 감지한 센서에 대응되는 subgoal만을 구한다. 그리고 구해진 subgoal들의 중점을 최종 subgoal로 간주한다. 각 센서에 대응되는 subgoal을 Table 1에 나타내었다. 센서 1과 9가 감지 되었을 경우에는 장애물이 측면에 있어 주행에 영향을 주지 않는다. 정면에 배치된 5번 센서가 감지되었을 경우에는, 양 옆의 4번과 6번 센서의 감지 거리에 따라 다른 subgoal이 생성된다. 이 subgoal들은 결국, 장애물의 반대 방향으로 로봇이 주행할 수 있게 하여 회피를 가능하게 한다. 여러 센서에 대응되어 생성된 subgoal들로부터 최종 subgoal을 다음의 식으로 구한다.

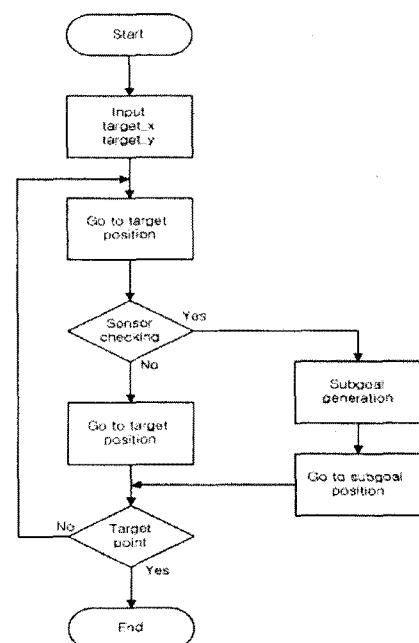


Fig.4 Flowchart of start to goal

센서	subgoal이 생성되는 각도
1, 9	5
2	6
3	7
4	8
5	if $S4 >= S6$ , 1 else, 9
6	2
7	3
8	4

Table 1 센서에 대한 subgoal 방향

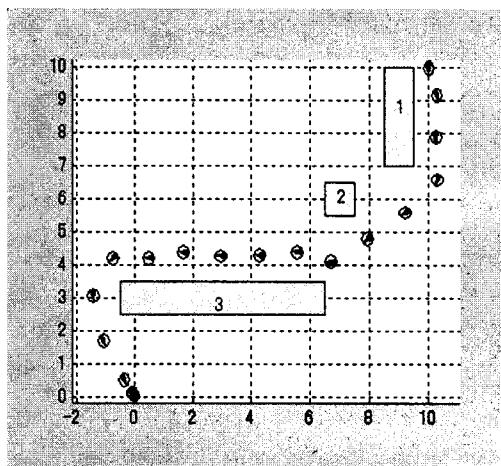


Figure 5 Simulation result 1

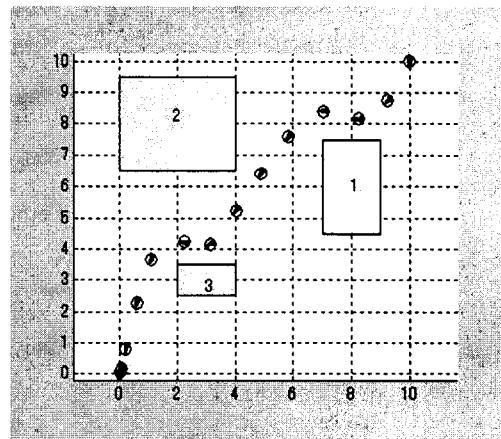


Figure 6 Simulation result 2

$$\begin{aligned} \frac{\sum x_i}{n} &= x_g \\ \frac{\sum y_i}{n} &= y_g \end{aligned} \quad (2)$$

### 3. Simulation Result

이 논문에서 제안한 알고리즘을 사용해 두 가지 장애물 배치에 대해 Simulation을 했다. Fig.5에는 장애물 3개 사이를 회피하는 simulation 결과가 나타나 있다. 장애물 1과 3에서 는 왼쪽 센서, 장애물 2에서는 오른쪽 센서가 감지를 하기 때문에 각 경우에 대응되는 subgoal을 만든 후 그 중점을 향해 이동하며 장애물을 회피하면서 목표 지점까지 이동한다. Fig. 6에서는 장애물의 길이가 길어 벽을 따라 주행(Wall Following)을 하지 않고 제안된 방법으로도 벽을 따르나, 약간의 yaw가 발생함을 볼 수 있다.

### 4 결론

본 논문에서는 subgoal 생성 알고리즘 이용한 장애물 회피 방법을 제안하였다. 이 방법은 간단하면서도 여러 상황에 대해 대처할 수 있음을 simulation을 통해 확인하였다. 장애물과의 감지거리를 이용한 subgoal 생성과 초음파 센서를 이용한 넓은 범위의 장애물 감지를 통해 더 나은 회피 기동을 보일 수 있을 것으로 보인다. 벽을 따르는 경우, 별도의 알고리즘을 추가해 더 안정적인 주행을 할 수도 있을 것으로 보인다.

### 참 고 문 헌

- [1] Atsushi Fujimori, Peter N. Nikiforuk, and Madan M. Gupta, "Adaptive Navigation of Mobile Robots with Obstacle Avoidance", IEEE Trans. Robotics and Automation, vol. 13, no. 4, pp. 596-602, August 1997.
- [2] Johann Borenstein and Yoram Koren, "Obstacle avoidance with Ultrasonic sensors", IEEE Trans. Robotics and Automation, vol. 4, no. 2, pp. 213-218, April 1988.
- [3] Johann Borenstein and Yoram Koren "Real-Time Obstacle Avoidance for Fast Mobile Robots", IEEE Trans. Cybernetics, vol. 19, no. 5, pp. 1179-1187, October 1989.
- [4] Ratchatin Chancharoen, Viboon Sangveraphunisri, Thammanoon Navakulsirinart, Wasan Thanawittayakorn, Wasin Boonsanongsupa, and Apichaya Meesaplak, "Target Tracking and Obstacle Avoidance for Mobile Robots", IEEE ICIT, pp. 13-17 2002.
- [5] P. van Turennout, G. Honderd, "Following a Wall with a Mobile Robot using Ultrasonic Sensors", IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 1451-1456, July 1992.
- [6] Sun-Gi Hong, Sung-Woo Kim, Kang-Bark Park and Ju-Jang Lee, "Local Motion Planner for Nonholonomic Mobile Robots in the Presence of the Unknown Obstacles", Proc. IEEE International Conference of Robotics and Automation, pp. 1212-1217, April 1996.