

## 복도에서의 원호경로를 이용한 이동 로봇의 회전

김태은, 권지욱, 이진섭, 좌동경, 홍석교  
아주대학교 전자공학과

### Mobile robot turn around with Circular Curve in corridor

Taeun Kim, Ji-Wook Kwon, Jin-Seob Lee, Dongkyoung Chwa, Suk-Kyo Hong  
Department of Electrical and Computer Engineering, Ajou University, Suwon, Korea

**Abstract** - 이 논문에서는 주어진 복도 환경에서 원호경로 알고리즘을 제한함으로써 장애물 회피 알고리즘을 적용하였을 때 보다 이동로봇의 실제적 이동거리를 적게하고 또한 각속도의 변화를 적게하여 결과적으로 이동로봇에 가해지는 기계적, 에너지적 부담을 줄일수 있도록 하였다. 실험 결과는 제안된 알고리즘이 효율적임을 보여준다.

$x_c$ 는 이동로봇의 중심의 X축 좌표,  $y_c$ 는 이동로봇의 중심의 Y축 좌표,  $\theta_c$ 는 이동로봇의 자세각,  $v_c$ 는 현재의 선속도,  $\omega_c$ 는 앞 로봇의 각속도를 각각 나타낸다. 아래에 주어진 식 1을 통해 선속도  $v_c$ 와  $\omega_c$ 로부터  $\dot{x}_c$ ,  $\dot{y}_c$ ,  $\dot{\theta}_c$ 를 산출할 수 있다.

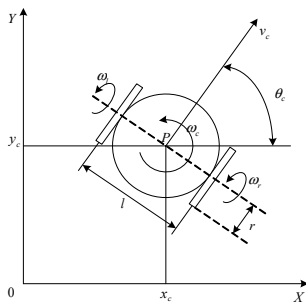
### 1. 서 론

과거에 산업, 탐사, 학문을 목적으로 집중적인 발전을 거듭해 오던 로봇 관련 기술들이 근래에는 인간에 대한 서비스 분야로도 발전을 하여 인간의 생활에 직접적으로 관여를 해오기도 한다. 이미 청소 로봇은 대중에게 낯설지 않은 존재가 되었고 관공서나 대중이 모이는 곳을 중심으로 간단한 임무를 수행하는 로봇들도 하나둘 등장하고 있다. 외국의 경우는 Minerva나 Xavier과 같은 이동로봇들을 성공적으로 구동시킨바 있다[1]. 이들 이동로봇이 등장하는 장소에 대한 공통점으로는 인간에 대한 접근성이 뛰어나고 로봇을 구동함에 있어 환경의 영향을 적게 받을 수 있는 실내인 경우가 많다는 점을 꼽을 수 있다. 이와 같은 이유로 실내용 서비스 로봇에 대한 관심이 나날이 증가하여 그에 관련한 위치추정[2], 지도 생성 등의 연구도 활발히 행해지고 서비스의 특성상 로봇의 이동성이 요구되어져 이동로봇이 다니는 길을 생성하는 경로 생성에 대한 연구가 주목받고 있다[3].

자율 주행을 위해 이동로봇은 여러 가지 센서들로부터 정보를 수집하는데 주변 환경을 종합적으로 감지할 수 있는 영상정보를 이용한 방법들도 연구 되어 지고 있다[4]. 그러나 이러한 이동로봇은 전체 지도정보가 주어져 있다하더라도 정확한 위치정보와 거리정보를 얻기에 무리가 있어 복도 코너 주행과 같은 경우에는 사각이나 소실점 상실 등과 같은 여러 가지 문제에 봉착하게 된다. 이를 대신해 정확한 거리정보를 얻을 수 있는 스캐너 센서를 이용한 장애물 회피에 대한 알고리즘도 연구되어 왔는데 이 경우는 현재 위치로부터의 거리 정보만이 들어오므로 안정성을 증시해 장애물들로부터 충분한 거리를 확보하거나 장애물이 덜 검출되어지는 경로로 가려고 하는 경향들이 발생한다[5-6]. 이로 인해 폭이 좁은 환경에 처한다면 두 벽 사이를 오가는 문제가 발생하기도 한다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 원호를 따라 이동하는 경로[7]를 적용한 지역적인 경로생성을 계획하여 전체적인 경로 최적화에 도움을 줄뿐만 아니라 급격한 방향전환에 의한 이동로봇의 부담을 줄일 수 있는 알고리즘을 제안하고자 한다.

### 2. 로봇시스템 모델

실험에 사용할 이동로봇은 2바퀴 구동형 이동로봇이다. 2바퀴 구동형 이동로봇은 직각 좌표계에 그림 1 과 같이 나타낼 수 있다.



<그림 1> 직각 좌표계의 두 바퀴 구동형 이동로봇

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_c \\ \dot{y}_c \\ \dot{\theta}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_c & 0 \\ \sin \theta_c & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_c \\ \omega_c \end{bmatrix} \quad (1)$$

주어진  $v_c$ 와  $\omega_c$ 를 앞서 정의한 2바퀴 구동형 이동로봇에서 구현하기 위해서는 바퀴의 각속도를 제어하는데 이를 위한 바퀴 양쪽의 각속도와  $v_c$ ,  $\omega_c$ 의 관계는

$$\begin{bmatrix} \omega_r \\ \omega_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{r} & \frac{l}{r} \\ \frac{1}{r} & -\frac{l}{r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix} \quad (2)$$

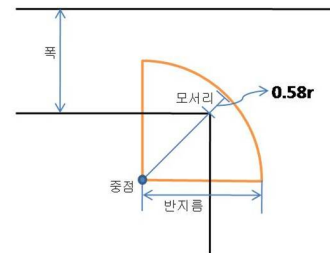
과 같이 나타낼 수 있다. 오른쪽 바퀴의 각속도는  $\omega_r$ 로, 왼쪽 바퀴의 각속도는  $\omega_l$ 로 각각 나타내어지고  $r$ 은 바퀴의 반지름이고  $l$ 은 두 바퀴 간의 거리를 의미한다. 로봇의 거리 측정에 사용하는 센서로는 전방으로부터 좌·우 90°씩 총 180°를 스캔 할 수 있는 거리 센서를 사용한다.

### 3. 문제설정

일반적으로 건물에서 볼 수 있는 직선 형태의 복도를 단순화하여 요철이나 장애물이 없는 것을 가정하고 복도의 끝부분에 진행 경로와 직각을 이루는 커브를 추가한다. 제시되어진 복도는 양끝이 뿔려있으며 아래쪽에서 출발하여 왼쪽으로 커브를 수행한다.

### 4. 원호경로를 이용한 회전 알고리즘

이 장에서는 3장에서 제시된 복도의 코너에서 더욱 효율적이고 안정적인 회전을 위해서 원호경로를 도입한다. 식 3은 제안된 알고리즘에 사용하기 위한 필요한 지점들에 대한 식이다. 그림 2의 내용들과 함께 보면 더욱 이해하기에 편할 것이다.



<그림 2> 복도의 구조 및 각부분 명칭

$$\begin{aligned}
\text{모서리} &= (x_{ed}, y_{ed}) \\
\text{방향 선정} &= (x_{ed} - x_c, y_{ed} - y_c) \\
\text{원호의 반지름} &= C_w = 2r_{curve} \\
\text{원호의 중점} &= (2x_{ed} - x_c, 2y_{ed} - y_c) \quad (3)
\end{aligned}$$

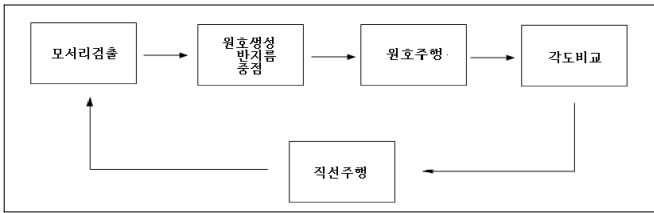
$x_{ed}, y_{ed}$ 는 각각 추정된 모서리의 X, Y좌표를 나타내고  $C_w$ 는 주어진 복도의 폭, 원호생성시의 반지름이고  $r_{curve}$ 는 복도의 폭의 반이다. 전방 180°를 탐색 가능한 레이저 센서를 사용하여 복도의 폭을 구할 수 있고 이 정보를 이용하여 복도의 중앙을 따라 주행을 할 수 있다. 중앙을 따라 주행하면서 얻어지는 양측 벽의 정보 중 진행방향에 대해 더 이상 증가하지 않는 값을 가지는 곳을 모서리의 좌표로 추정하고 추정정한 모서리 값과 현재의 로봇 위치 데이터를 바탕으로 앞으로의 진행방향을 결정할 수 있으나 3장에서 미리 나아가야 할 방향을 정해 놓았으므로 이번에는 사용하지 않도록 한다. 방향 결정 후 식 (3)의 중점 식으로부터 원호를 생성하여 그림 2에 보이는 것과 같은 원호를 생성한다. 이때의 로봇의 폭은 아래의 식을 통하여  $0.58r_{curve}$ 을 넘지 않아야 한다.

$$2r_{curve} - \sqrt{2}r_{curve} \approx 0.58r_{curve} \quad (4)$$

로봇의 폭이  $0.58r_{curve}$ 을 넘어 선다면 모서리를 중점으로 잡고  $r_{curve}$ 를 반지름으로 가지는 원호를 따라 경로를 생성하는 것이 바람직하다. 생성된 원호를 따라 돌면서 로봇의 현재 각도와 목표지점과 현재 로봇이 이루는 각도가 같아지면 다시 직선 주행으로 목표지점까지 도달하도록 한다. 아래에 주어진 식은 생성시킨 원호를 따르게 하는 각속도 방정식이다.

$$\omega_c = V_c / C_w \quad (5)$$

X, Y축의 좌표 및 2바퀴 구동형 이동로봇의 진행방향이 모두 각속도  $\omega_c$ 에 관련 되어있기에 이와 같은 식을 유도 하였다.

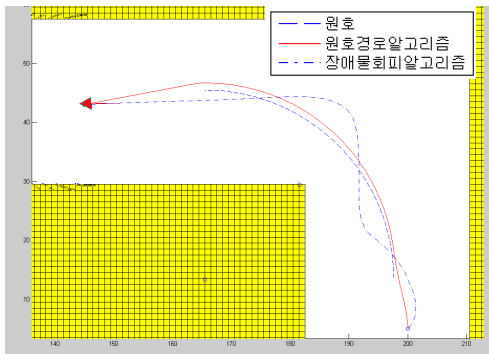


〈그림 3〉 알고리즘의 순서도

이제껏 말로 설명해온 알고리즘의 순서도를 그린다면 그림 3과 같이 나타날 것이나 1과정만 반복하고 나면 목적지에 도착할 수 있다.

### 5.모의 실험

이 장에서는 모의실험을 통하여 제안한 알고리즘의 효율성을 입증하기로 한다.



〈그림 4〉 모의실험의 주행경로

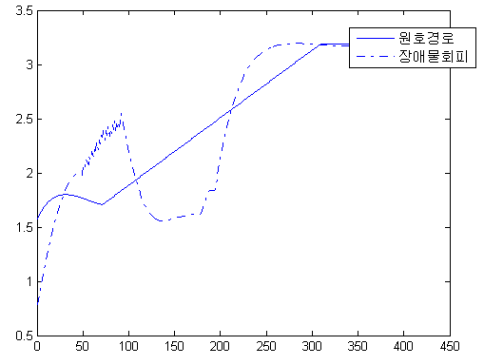
그림4 는 장애물 회피 알고리즘과 원호경로 알고리즘에 따라 이동한 경로를 한군데에 같이 나타내었다. 장애물 회피 알고리즘을 적용 시킨 경우 주어진 복도의 전체적인 특성을 알지 못하고 양측 벽 사이를 이리

저리 오가는 모습을 볼 수 있다. 반면에 원호경로 알고리즘을 적용한 경우 지도상에 그려진 원호를 잘 추종하다가 원호가 끝나는 시점에서부터 일직선으로 목표점까지 진행하는 것을 볼 수 있다. 두 알고리즘에 따라 이동한 거리는 표1과 같다

〈표 1〉 두 알고리즘에 따라 이동로봇이 이동한 거리

	장애물회피 알고리즘	원호경로알고리즘
이동거리	89.6653	85

수치적으로도 원호경로 알고리즘이 더욱 적은 거리를 움직였음을 확인하였다.



〈그림 5〉 주행구간의 각도비교 (rad)

그림5 의 주행구간 각도 비교 그래프를 보면 원호경로에 비해 장애물 회피 알고리즘의 경우 급격하게 위 아래로 흔들리는 것을 확인 할 수 있다. 반면에 원호경로 알고리즘의 경우는 훨씬 적은 변화량을 보인다.

### 6. 결 론

본 논문에서는 급격한 각속도 변화로 인한 이동로봇의 부담을 줄이고 더 짧은 거리를 이동경로로 삼기 위해서 원호경로 알고리즘을 제시 하였다. 5장의 실험 데이터를 통해 원하던 결과를 충분히 얻어내었고 원호경로 알고리즘이 장애물회피 알고리즘보다 효율적임을 확인하였다. 이 연구는 앞으로 지역적 경로 생성뿐만 아니라 전역 경로생성 시에 적용하여도 충분히 효율적인지를 검토하고 앞서 서론에서 언급하였던 영상정보를 이용한 이동로봇의 복도 커브 주행에도 적용 시킬 수 있도록 계속 되어야 할 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 김건희, 정우진 “ 실내용 서비스 로봇을 위한 거리 센서 기반의 통합 자율주행 시스템 개발” Journal of Control, Automation, and Systems Engineering Vol.1,no.1,january,1999
- [2] G. Vargas, A. Nagatani, K. Yoshida, K. Salento Univ., Lecce:“Adaptive Kalman Filtering for GPS-based Mobile Robot Localization Reina” Safety, Security and Rescue Robotics, 2007
- [3] Okan Arikan, Stephen Chenney, and D. A. Forsyth. “Efficient multi-agent path planning.” In Proceedings of the 2001 Eurographics Workshop on Animation and Simulation, 2001
- [4] J-W Kwon, D-H Yang, “Skeleton-based local-path lanning for a mobile robot with a vision system”, Journal of Control, Automation, and Systems Engineering, 2007
- [5] J-S Lee, J-W Kwon, “Probability Distribution-Based Object Avoidance with a Laser Scanner”, Journal of Control, Automation, and Systems Engineering, 2007
- [6] O. Khatib, “Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots,” International Journal of Robotics Research, vol. 5, no. 1, pp. 90 - 98, 1995.
- [7] Iluminada Baturone, Francisco J. Moreno-Velo, Santiago Sánchez-Solano, and Aníbal Ollero “Automatic design of fuzzy controllers for car-like autonomous robots” IEEE Transactions on Fuzzy Systems. Vol. 12, Issue 4. August 2004.