

초음파센서를 가진 이동로봇의 주행을 위한
지도를 이용한 공간상의 절대위치 인식 실현

정준영*, '김용일", 김지현', 한석진', 김상권', 김판돌', 이홍원'
*한국과학기술연구원 기전연구부, '삼성전자(주) 생활시스템연구소

The Absolute Position Recognition Using the Map in Space
for Navigation of a Mobile Robot

Joon-Young Jeong, "Yong-Yil Kim", Ji-Hyun Kim, Seok-Jin Han', Sang-Gwon Kim', Pan-Dol Kim', Hong-Won Lee'
**Department of Mechatronics, Korea Institute of Science and Technology 'Home Intelligence Group, Samsung Elec. Co., LTD

Abstract

In this paper, we introduce the current implementation status of the absolute position recognition technique using sonars for the navigation of a mobile robot. Using this technique, we have developed the supervisory controller of the autonomous vacuum cleaning robot which can recognize the user-specified origin, moves its body to the origin, and follow the specified trajectory starting from the origin. With the satisfactory results, we expect the autonomous cleaning robot to be commercialized in a very near future.

1. 서론

본 논문은 주어진 작업환경에서 스스로 자신의 위치를 판단하여 최적의 이동경로를 선택하는 이동형 로봇에 요구되는, 절대위치를 파악하는 알고리즘을 개발하고 그의 실행을 위한 프로그램 작성방안을 제시한다 [1].

기존의 이동형로봇의 주행을 위한 논문들은, 미지의 환경에 있어서 이동장애물이 있을 때 자신이 환경을 주행하는 때 순간순간마다 자신의 지도를 재작성하는 기법을 사용하고 있다 [2, 3, 4, 5]. 이러한 기법들을 실행하기 위해서는 대용량 고속의 계산능력이 요구되므로 근시일내에 상용화되기에는 많은 어려움이 따르게 된다.

이상과 같은 기존의 방법과는 달리 본 연구에서는 이동로봇이 가구 및 이동 장애물이 존재하는 여러개의 방에서 지도를 이용하여 자유롭게 주행하는 것이다. 본 단계에서는 미리 입력되어 있는 방 크기에 대한 정보와 초음파 센서의 거리 데이터를 이용하여 로봇의 초기위치를 인식하고, 주행중 위치인식을 위하여 기존의 자이로센서와 엔코더 외에 초음파 거리데이터를 활용하는 방법을 연구한다.

우선, 크기가 알려지고 장애물이 없는 사각형의 방에 로봇이 임의의 위치와 각도로 놓여졌을 때, 로봇은 정지시의 위치를 인식하여 주행한 후, 원점에 복귀하

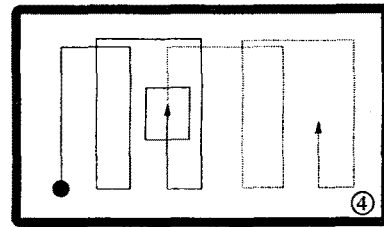
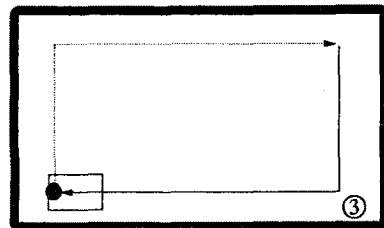
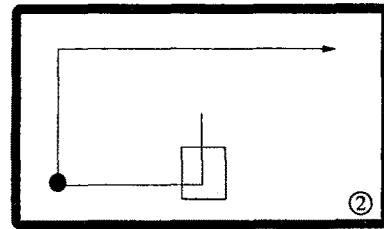
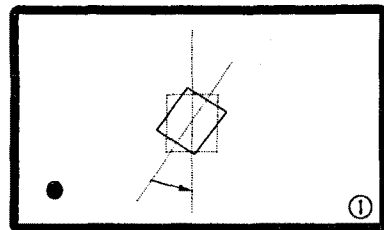


그림 1. 주행 FLOW

는 것을 일차 목표로 한다. 이의 실행을 위한 세부 주행방법은 그림 1과 같다.

- ① 초기에 로봇의 전면에 설치되어 있는 초음파센서를 좌우로 흔들면서 로봇과 벽면과의 각도를 인식한 후, 회전하여 벽면과 수직하도록 정렬한다.
- ② 전면과 좌우측면에 설치되어 있는 초음파센서를 이용하여 정면과 좌우측면 벽까지의 거리를 측정하고, 기 입력되어 있는 방 크기와 비교하여 현재의 위치를 인식한다.
- ③ 벽면에 수직으로 최대한 접근하여 벽면을 따라 일주하고 예정된 원점으로 찾아들어 간다.
- ④ 원점으로부터 주행을 시작하여 방의 모든 영역을 주행하고 원점으로 복귀하여 모든 주행을 마친다.
- ⑤ 다른 방을 주행할 필요가 있을 때는, 다른 방의 원점으로 이동한 후, 과정 ①에서부터 과정 ④를 반복한다.

본 주행방법의 특징은 위치인식을 위하여 초음파 거리 데이터에 크게 의존한다는 점으로서, 이를 위하여 초음파센서 데이터의 정확성을 확보하기 위한 연구가 선행되었다.

2. 주행방법

로봇은, 우선 벽에 대한 각도를 측정하여 벽면에 수직하게 정렬하고, 정면과 좌우측 벽면까지의 거리를 측정하여 현재의 위치를 인식한다(①).

초기 위치를 인식한 로봇은 벽면에 수직하게 최대한 접근하여, 벽면을 따라 일주하고 미리 설정된 방의 원점으로 찾아 들어간다(②, ③).

로봇은 원점으로부터 패턴에 따라 청소주행을 시작하여 방안의 전 영역을 주행한 후, 다시 원점으로 복귀한다(④).

2.1. 벽면과의 수직정렬

벽면과의 각도를 측정하기 위하여, 로봇 전면에 있는 초음파 센서를 좌우로 흔들면서 벽까지의 거리를 측정한다. 측정된 값 중에서 가장 짧은 거리를 나타내는 방향이 벽면에 가장 수직한 방향인 것으로 유추할 수 있다. 로봇을 벽면과의 거리가 가장 짧은 방향으로 회전시키고 거리를 측정하여 가장 가깝게 나타나는 방향을 찾아낸다.

2.2. 초기위치의 인식

벽면과 수직하게 정렬한 로봇은 전면과 좌우측면의 초음파센서를 이용하여 벽면까지의 거리를 측정한다. 그림 2에서 방의 한쪽방향의 길이가 R_x , 다른 한쪽 방향의 길이가 R_y 라고 하면 로봇의 현재좌표 (x, y) 는 초음파센서로부터 구해진 벽까지의 거리 a, b, c 와 로봇의 크기 w, l , 그리고 R_x, R_y 로 부터 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\begin{aligned} x &= b + \frac{w}{2} \\ y &= a + l \end{aligned} \quad (1)$$

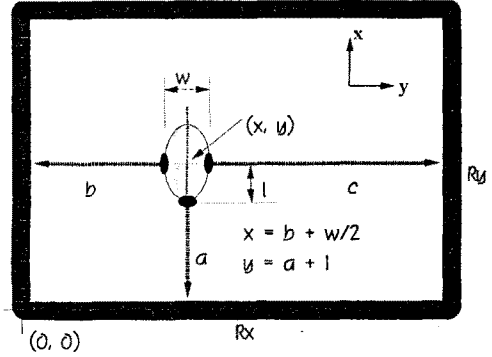


그림 2. 초기위치의 인식

이 때 로봇은 $(b + c + w) \approx R_x$ 일 때 $-y$ 방향을, $(b + c + w) \approx R_y$ 일 때 $-x$ 방향을 향한 것으로 정하였다. 그러나 방의 모양이 직사각형이므로 실제로 미리 정해놓은 원점 $(0, 0)$ 은 왼쪽 아래 또는 오른쪽 위가 될 수 있다.

특기할 것은 초음파센서로부터 얻어진 데이터는 실제의 거리데이터가 아닌 음파가 물체에 반사되어 돌아오는 시간데이터이고, 음파의 속도는 주위온도의 영향을 비교적 많이 받기 때문에 시간데이터를 주위온도에 관계없이 거리데이터로 환산할 경우, 실제 거리와 차이를 보일 수 있다. 따라서 본 연구에서는 방의 크기를 미리 알고 있으므로, 일단 좌우측 초음파 반사시간 데이터가 각각 c' , b' (μsec)로 측정되고 나면 이를 $1 (\text{sec}) = 170 (\text{m})$ 로 환산하여 로봇의 측방향을 결정하고, 측방향이 결정되고 나면 $(b' + c')$ 값과 $(R_x - w)$ 또는 $(R_y - w)$ 값을 비교하여 시간-거리 환산정수를 계산해서 활용한다.

즉, 시간-거리 환산정수 K 는,

$$K = \frac{R_x - w (\text{mm})}{b' + c' (\mu\text{sec})} \quad (2-1)$$

또는

$$K = \frac{R_y - w (\text{mm})}{b' + c' (\mu\text{sec})} \quad (2-2)$$

이 된다. 단, K 는 로봇이 벽면에 수직한 정도에 따라 약간씩 차이를 보인다.

2.3. 주행제어

주행시의 위치인식은, 자이로센서와 바퀴에 부착된 엔코더(이하 내계센서라 함)에서 얻어진 데이터를 이용하여 현재의 좌표를 연산하는 기존의 방식에 초음파센서 데이터를 이용한 방법을 보완한 것이다[6]. 즉, 주행중 내계센서를 기본으로 현재의 좌표를 계산하면서, 동시에 초음파 벽면데이터를 측정하여 내계센서에 의한 좌표와 초음파센서에 의한 좌표가 일정수준 이상의 차이를 보이면 현재의 좌표를 수정해주는 방법을 취한다.

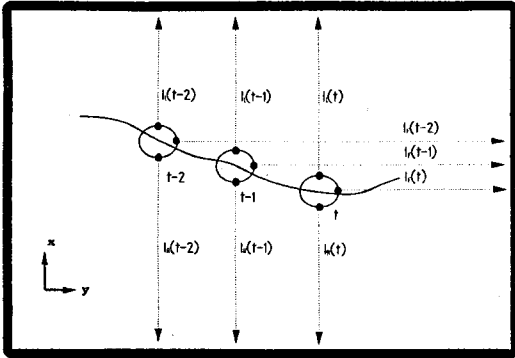


그림 3. 유효 초음파 거리데이터의 선정

초음파센서의 데이터를 위치좌표 보정용으로 활용하기 위해서는 데이터의 유효성을 미리 검사하여야 한다. 이는 주위환경이나 장애물 또는 본체의 진동으로 인하여 초음파데이터가 부정확하게 수집됨으로써 더욱 큰 오차가 발생하는 것을 배제하기 위한 것이다.

그림 3에서 임의의 시간 t 에 수집된 정면 및 좌우측면 초음파 거리데이터 $l_r(t)$, $l_l(t)$, $l_s(t)$ 가 유효하려면, 시간 $t-1$ 과 시간 $t-2$ 에서 얻어진 각각의 초음파 거리데이터와 현재 시간 t 에서 얻어진 데이터와의 차를 내계센서로부터 얻어진 변위값과 비교하여 그 차이가 일정수준 이하(l_0) 이면 된다.

3. 실험 및 결과

주행제어를 실현하기 위하여 그림 4 과 같이 실험용 방을 구성하고, 로봇이 주행하여야 할 경로를 표시해두어 로봇이 제대로 이동하는가를 관찰하였다. 실험에 사용된 로봇은 486PC를 탑재한 개념적인 실험용 로봇이다. 실험결과 최초 방향각 연산에서는 벽면과 거의 수직하게 정렬함으로써 눈으로 보아 약간 어긋나 있음을 느낄 수 있을 정도였다.

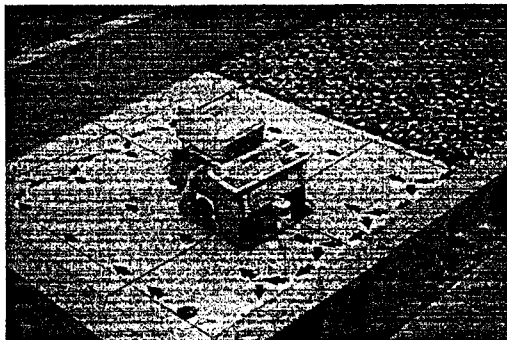


그림 4. 실험 장치의 구성

주행중 위치연산은 앞서서도 기술한 바와 같이 센서의 측정오차나 바퀴의 미끄러짐, 본체 구조물의 외형치수 오차 등에 의하여 위치오차가 발생할 수 있는데, 이를 로봇으로부터 벽면까지의 초음파 거리데이터에 의하여 수정해주면서 주행시킨 결과 기준경로로부터의 이탈거리가 ± 50 mm 이내에서 안정된 주행성능을 보였다. 특히 본 주행제어에서는 이미 개발한 퍼지주행 제어 알고리즘을 수정없이 적용하였는데, 초음파 거리데이터에 의한 위치수정시 마다 발생하는 불연속적인 위치변화시에도 비교적 안정된 적응성능을 보였다. 또한, 최초 방향각 연산시와 자이로센서의 누적오차에 의하여 발생하는 방향각 오차를 수정해준 결과, 자이로센서 누적오차의 영향을 많이 받는 후반부의 주행성능이 대폭 개선되었다.

4. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 개발 중인 이동로봇의 일차 목표로 설정한 가구 또는 장애물이 존재하지 않는 사각형 방에서의 주행에 관해서 기술하였다. 크기가 알려지고 장애물이 없는 사각형의 방에 로봇이 임의의 위치와 각도로 놓여졌을 때, 정지시의 위치를 인식하여 청소주행 후, 원점에 복귀시키는데 있어서, 환경정보로서 미리 입력된 벽면에 대한 정보를 로봇이 주행중에 위치인식에 활용하고자 하였으며, 본 연구의 결과 로봇은 정해진 공간 내에서 안정된 주행성능을 보임을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] Yong-Yil Kim, Hee-Dong Ko, and Byung-Hong Choe, "Virtual Reality Infrastructure and its Application to Telerobotics", *Comput. & Graphics*, Vol.18, No. 5, Oct. 1994.
- [2] Barry Steer, "Trajectory Planning for a Mobile Robot", *The International Journal of Robotics Research*, Vol. 8, No. 5, Oct. 1989.
- [3] James L. Crowley, "World Modeling and Position Estimation for a Mobile Robot Using Ultrasonic Ranging", 1989 IEEE International Conference on Robotics and Automation, May 1989.
- [4] Roman Kuc and Billur Barshan, "Navigating Vehicles Through an Unstructured Environment with Sonar", *Proc. of 1989 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, May 1989.
- [5] W. Wen and H.F. Durrant-Whyte, "Model-based Multi-sensor Data Fusion", *Proc. of the 1992 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, May 1992.
- [6] 정준영, "자주식 청소기의 주행제어(1)", 삼성전자(주) 생활시스템연구소 기술 Document, 1994년 8월.