

지체부자유자를 위한 전동휠체어의 벽면추종기법(II)

최인구, 김병수, 이용혁, 정동명, 홍승홍
 인하대학교 전자공학과, *원광대학교 전자공학과

The Method of Following Wall with the Motorized Wheelchair for the Disabled

InKu Choi, ByungSu Kim, EungHyuk Lee, DongMyung Jung, SeungHong Hong
 Dept. of Electronics Eng., Inha Univ.
 *Dept. of Electronics Eng. Wonkwang Univ.

Abstract

In this paper, the wall following method of a motorized wheelchair is discussed.

The wall following problem is characterized by maintaining a constant distance to the wall, which should be possible using a distance measuring sensor only. Ultrasonic sensors are cheap and fairly simple to use in this case. The main problem is the calculation of the distance and orientation of the wheelchair with respect to the wall from the sensor data. This is solved by the method that sensor data is obtained from 3 ultrasonic sensors arranged at a same perpendicular pivot.

The results show that a new method is very efficient for a motorized wheelchair.

1. 서론

지체부자유자나 노약자의 보조수단으로서 전동휠체어의 개발은 장애자의 편의를 위해서 지난 수년간 연구되어왔다. 이러한 전동휠체어는 사람의 제어를 근본으로 하여 좀더 편리한 방식을 필요로 한다. 이에 당연구실에서는 음성용이 용한 제어[6], 가이드라인을 이용한 제어[7], 초음파센서를 이용한 장애물의 감지[5] 등이 수행되었다. 이와같은 측면에서 복도와 같은 제한된 실내에서 벽면추종은 조작능력이 열악한 장애자의 주행에 안정성을 부여하게되고, 이동로보트의 자율주행에 보조수단으로 유용하다.

본연구에서는 초음파센서의 특성에 기인해 추종능력이 떨어지는 P.Blazevic의 모델을 개선하고, 전동휠체어의 앞부분에 초음파센서를 장착하여 전방의 장애물을 감시하였다.

2. 벽면추종기법

전동 휠체어의 주행은 사람의 제어를 근본으로 하여 좀더 편리한 방식을 필요로 한다. 벽면 추종기법은 이러한 차원에서 안정성이 확보될 경우 장애자에게 많은 부담을 덜어줄 수 있는 좋은 연구분야이다. 본 연구에서 벽면 추종시 주로 고려된 사항은

- 1) 벽면과의 일정한 거리를 유지하며 주행이 가능하고,
- 11) 거리에 변동이 생겼을 때 최단시간에 유연하게 대처하는 것이다.

본절에서는 우선 Blazevic 의 초기모델을 간단히 소개하

고, 본연구에서 제안한 벽면추종 기법을 제안한다.

2.1 Blazevic의 벽면 추종모델

Blazevic의 벽면추종모델은 그림1과 같이 후면 좌우바퀴의 속도차에 의해서 조향이 되는 이동로보트를 대상으로 좌우에 각각 2개의 센서를 부착하고 센서로부터 측정된 데이터를 처리하여 후륜바퀴의 속도차 ΔV 를 구하는 방식이다. 우선 본 모델에서는 다음 사항을 가정하였다.

- a. 벽과 휠체어의 각도는 작다. (12° 이하)
- b. 제어입력은 유지거리로 한다.
- c. 벽과의 거리제어는 두 바퀴의 속도로서 제어한다.

$$\text{RIGHT WHEEL : } V_r = V + \Delta V$$

$$\text{LEFT WHEEL : } V_l = V - \Delta V$$

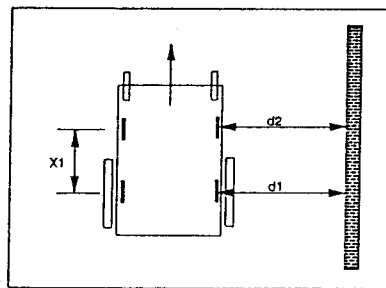


그림 1. 차륜 및 센서 배치도

a가 작다는 가정아래 휠체어의 중심속도 성분을 표시하면

$$\begin{aligned} dx_w / dt &= V \\ dV_w / dt &= V \cdot a \\ da / dt &= 2 \cdot \Delta V / d \end{aligned}$$

이 된다. 이를 라플라스 형태로 다시쓰면

$$Y_w = 2 \cdot \Delta V \cdot V / (d \cdot s^2)$$

이 된다. 여기서 Y_0 은 벽과의 거리를 의미하는 식이다.
여기서 ΔV 를 제어함으로써 전체 회전반경을 제어할 수 있다. 전체구성을 알아보면 다음 그림과 같다.

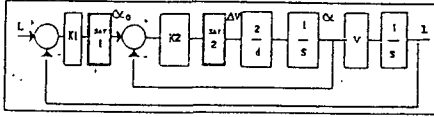


그림 2. Blazevic 방법의 블럭다이어그램

여기서 L 은 제어계통의 입력, l 은 벽면과의 거리이고 이 값은 초음파센서를 이용하여 측정된 거리이다. 또한 각도 α 도 초음파센서를 통해 구해진 값이다.

2.2 제한된 벽면 추종기법

본 연구에서는 상기의 방식이 가정에서 주어진 a 와 ΔV 에 대한 제한요소 때문에 다음절에 보여줄 결과처럼 settling time이 길어지는 단점을 해결하기 위해서 그림과 같이 휠체어 좌우에 1개소에 3개의 센서를 부착하는 방식을 사용하였다.

이 센서의 지향성은 좌,우 12° 정도이다. 따라서 전동 휠체어가 벽면을 따라 주행할 경우에는 벽면과의 각도가 12° 이상이면 벽과의 거리를 측정할 수 없게된다. 결국 초음파센서의 지향성 때문에 제어명령의 폭이 좁아 추종능력이 떨어지므로 수직선 상에 3개의 초음파센서를 비틀어 고정시킨다. 이로써 지향성이 3배정도 증가한 효과를 얻을 수 있다. 결국 제어명령의 폭이 증가하므로 벽의 추종능력이 향상된다. 이 경우 초음파센서를 휠체어의 앞부분에 장치하였다. 이 이유는 작은 각도변화를 큰 거리변화로 나타낼 수 있기 때문이다.

위의 경우 다음의 식으로 표현된다.

$$d(t + \Delta t) - d(t) = R(t) (1 - \cos \alpha(t)) + l \sin \alpha(t)$$

만일 a 가 작다면 다음식으로 근사화 된다.

$$d(t + \Delta t) - d(t) = R(t) a(t)^2 / 2 + l \sin \alpha(t)$$

회전반경은 다음관계로부터 구한다.

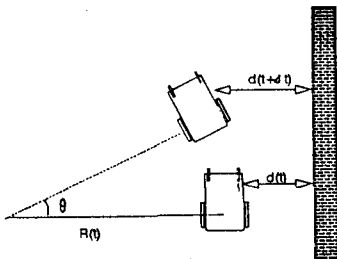


그림 3. 회전시 개념도

$$R(t) \cdot a(t) = V \cdot t$$

$$1 / R(t) = \Delta V / 2 \cdot d \cdot V$$

여기서 K 는 휠체어의 구조에 의해 결정되는 상수이다. ΔV 에 대한 d 의 전달함수를 구하면

$$H(s) = (V^2/s^2 + l \cdot V/s) / (2 \cdot d \cdot V)$$

가 된다. 여기서 l 구동바퀴로부터의 초음파센서의 위치이다.

각도를 구하기 위하여 LSLF 알고리즘을 이용하였는데, 이 방법은 휠체어가 주행할때 초음파센서를 이용하여 벽을 인식하고 벽면의 좌표를 선형화 하는 과정이다.

LSLF방법은 가장최근에 받아들인 $2N+1$ 개의 데이터 $(X_{-N}, Y_{-N}), \dots, (X_N, Y_N)$ 를 이용하여 벽의 선형방정식 $y = ax + b$ 를 구한다. LSLF의 관계식은 다음과 같다.

$$\left(\sum_j X_j^2 \right) a + \left(\sum_j X_j Y_j \right) b = \sum_j X_j Y_j$$

$$\left(\sum_j X_j \right) a + \left(\sum_j 1 \right) b = \sum_j Y_j$$

여기서 X_{-N}, \dots, X_N 은 로보트가 X축 방향으로 등속도로 주행할때 X좌표값인데, 이 값은 $-N\Delta x, \dots, N\Delta x$ 로 정규화 할 수 있다. 이 식에서 a, b 는

$$a = \frac{1}{\Delta x K} \sum_j X_j Y_j, \quad K = \frac{1}{3} N(N+1)(2N+1)$$

$$b = \frac{1}{2N+1} \sum_j Y_j$$

이 된다. 이방법은 a 와 b 를 간단한 곱셈과 덧셈으로 구할 수 있기때문에 데이터의 처리시간이 적다는 잇점이 있다.

본 시스템에서는 ΔX 를 평균주행속도(V)와 샘플링주기의 곱으로 구하였고, 주행하면서 벽면과 로보트의 거리(Y_j)를 측정하고 이를 저장하면서 벽면의 기울기를 구하였다. 제어계통을 블럭다이어그램으로 그리면 다음과 같다.

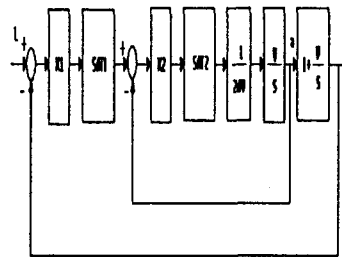


그림 4. 제한된 방법의 블럭다이어그램

벽면추종 제어는 일정한 속도로 진행하면서 두번이상 초음파센서를 구동시킨후 거리와 각도를 구한다. 다음 초음파센서를 구동시킨후 측정이 끝날때까지 거리및 각도계산, 모터에 출력할 값을 계산한다. 측정이 완료되면 모터에 출력하고 초음파센서를 다시 구동시키고 센서의 측정값을 갱신한다. 그리고 조이스틱으로 부터 입력 유무를 검사한다.

초음파센서 3개를 이용해 벽면을 측정하는데, 벽면과의 거리는 항상 최소값을 이용한다. 이 이유는 다른 장애물이 없는 한 벽면에서 제일 먼저 반사되어오기 때문이다.

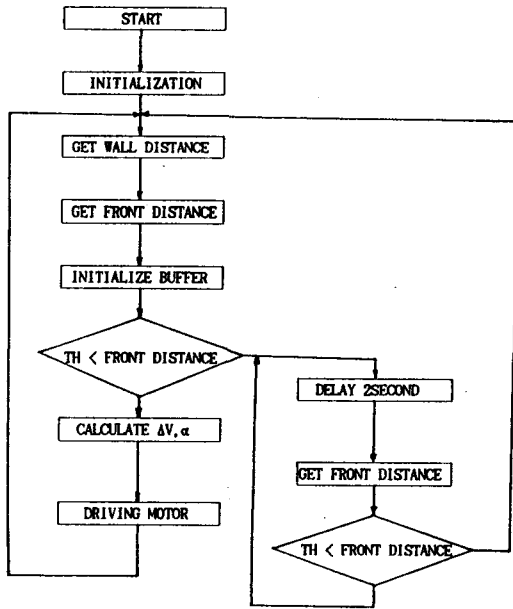


그림 5. 벽면추종 흐름도

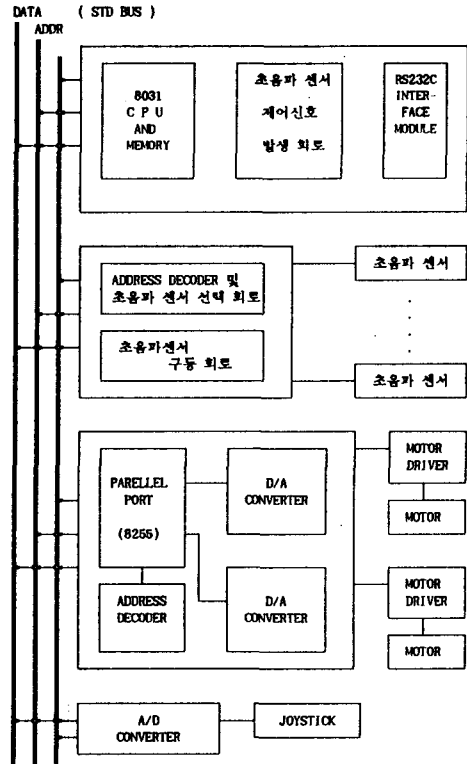


그림 6. 시스템 구성도

3. 시스템 구성

본 연구에서 대상으로한 전동휠체어의 제어에는 8031AH를 이용하였고 기능별로 모듈화하여 산업용 내부버스인 STD BUS의 카드를 활용하여 카드화 하였다. 각 기능별로 전체제어를 담당하는 메인모듈, 거리측정 및 장애물 검출을 위한 거리측정모듈, 주행을 위한 모터구동모듈, 조이스틱으로부터 조향명령을 받기위한 제어입력모듈로 구성하였다.

4. 실험 및 결과

실험은 Blazevic의 방법과 본 연구에서 제안한 방법을 대상으로 플라토이드 초음파센서를 이용하여 거리측정을 행하였고, 150msec 주기로 제어명령을 내렸다.

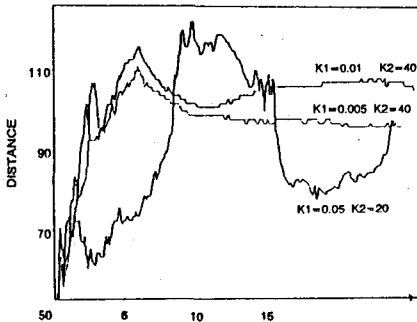


그림 7. Blazevic 모델의 추종결과

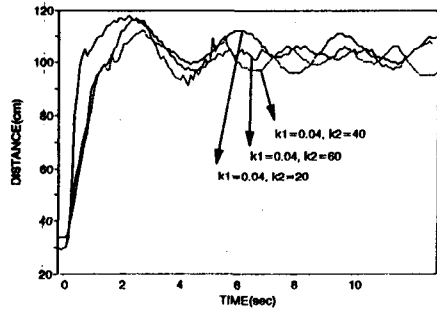


그림 8. 제안한 방법의 추종결과

본 연구에서 제안한 방법의 결과는 다음과 같다. 전자의 방법인 경우 70cm의 변화를 추종하는데 약 11초정도 소요되었고 후자의 경우 약 3초정도 소요됨을 알 수 있었다. 이 결과로부터 거리변화에 대한 추종성이 상당히 개선 되었음을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 지체 장애자를 위한 전동휠체어의 벽면 추종기법을 제안하고 이를 구현하기 위한 하드웨어를 제작하였다. 제안된 알고리즘은 3개의 초음파 센서를 적절히 배치하여 벽의 감지범위를 넓히어 제어명령의 폭을 증가시키고, 그 결과 벽의 추종능력이 향상되었고 코너에서도 추종을 잘 하였다. 또한 휠체어의 전면에 초음파센서를 장착하여 장애물 검출을 수행하였다.

향후 연구방향은 초음파 특성을 분석하여 주변환경에 대한 정보를 얻기 위한 센서 모델의 확립이 중요하다.

6. 참고 문헌

- [1] R.L. Madarasz, L.C Heiny, R.F. Crompt, and N.M. Mazur, "The design of an Autonomous Vehicle for the disabled", IEEE Jour. of Robotics and Automation, Vol. RA-2, No. 3, p117-126, 1986
- [2] P. Blazevic, S. Delaplace, J.C. Fontaine and J. Rabit, "Mobile Robot Using Ultrasonic sensors: study of a degraded mode", Robotica, Volume 9, p365-370, 1991
- [3] Roman Kuc and Victor Brian Viard, "A Physically Based Navigation Strategy for Sonar-Guided Vehicles", The International Journal of Robotics Research, Vol. 10, No. 2, April 1991
- [4] Ümür Bozma and Roman Kuc, "Building a Sonar Map in a Specular Environment Using a Single Mobile Sensor", IEEE Tans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 13, No. 12, December 1991
- [5] 박형배, "초음파센서열을 이용한 전동휠체어 경로상의 장애물 감지에 관한 연구", 석사학위 청구논문, 1990
- [6] 정동명, "전동휠체어와 하이브리드카를 위한 응답형 음성제어 시스템의 설계", 대한전자공학회 추계종합학술대회 논문집, Vol. 10, No. 1, 1987
- [7] 문 철홍, "시각정보를 이용한 전동휠체어 자동주행 시스템의 설계", 석사학위 청구논문 1990