

# 맹인 안내용 MOBILE ROBOT 의 초음파 거리 측정 모듈에 관한 연구

이 용 혁, <sup>0</sup>은 영 배, 장 원 석, 홍 승 홍  
인 하 대 학 교 전 자 공 학 과

## A STUDY on ULTRASONIC RANGE FINDING MODULE for the BLIND GUIDANCE

E. H. LEE, Y. B. YOON, W. S. CHANG, S. H. HONG  
Department of Electronics INHA University

### A B S T R A C T

In this paper, ultrasonic range finding module for the self-contained robot, INHAE-1, is presented.

This system is processed, using Z-80 microprocessor, a much of information on the surrounding condition in real time and is related a sensor for many side data acquisition with a stepping motor.

Also this system can obtain the more correct edge of the obstacle using the standard deviation of the least-square method.

In this experiment, it gives more correct information to mobile robot of the blind guidance and improves the orientation of the robot path.

#### 1. 서 론

시각 장애자들에게 있어서 일상 생활에서 가장 큰 바램은 독립적이고 자유로운 보행이다.

2 차 세계 대전 이후, 이들의 바램을 실현시켜 주기 위하여 보행 보조 기구의 연구가 활발히 되어 왔으며 이미 몇몇 가지가 실용화되어 사용되어 지고 있다. 이 보행 보조 기구의 대표적인 것은 PATHSOUNDER, SONIC GLASS, LASER CANE, MOBAT SENSOR 등을 들 수 있다.

이들 보행 보조 기구가 갖추어야 할 기본적인 기능으로서는 1) 시각 장애자들의 2-3 보 앞의 정보를 제공하여 주어야 하고 2) 장애물까지의 거리와 방향정위 정보를 제공하여 주어야 하며 보다 진보적인 기능으로서는 3) 긴 행보에서도 적절한 항로를 제시하여 주어야 한다. 모빌로봇은 지능을 지닌 보행 보조 기구로서 이와같은 기능을 가지고 있어야 하며 여기서 발생하는 정보를 유효하게 시각 장애자에게 전달할 수 있어야 한다. 특히 3)번과 같은 기능은 모빌로봇이 갖추어야 할 기능이다.<sup>1)</sup>

본 연구에서는 시각 장애자에게 보행의 편리를 제공해 주기위한 맹인 안내용 모빌로봇에 관한 것이다.

모빌로봇의 경우 갖추어야 할 기능은

- 1) 거리 감지용 센서를 사용하여 이동 경로의 장애물을 감지한다.
- 2) ROM 에 기억된 MAP 을 따라 정확하게 주행을 하여야 한다.
- 3) Man - Machine Interface 등이다.

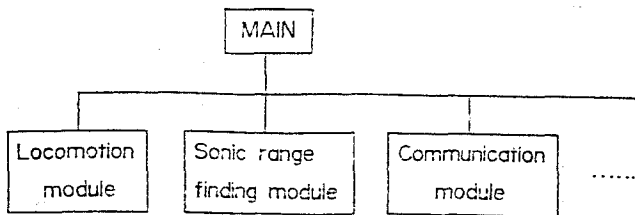


그림 1 . 시스템의 모듈별 구성

특히 본 연구에서는 로봇프가 맹인을 맹도견과 같이 유도할 수 있도록 초음파 센서를 사용하여 진행 경로상의 물체를 인지하여 이를 Mainprocessor 에 정보를 전달하고 불의의 사건이 생길 경우 맹인에게 전달할 수 있도록 하는 초음파 거리 측정 시스템에 관한 것으로, 주위 환경에 대해 최근 N 개의 데이터를 보존하여 벽의 형태를 인식할 수 있도록 최소 자승 거리 법칙을 이용해 Data Fitting 을 행하던 것을 최소 거리 자승 법칙의 오차를 줄일 수 있도록 표준편차를 이용함으로써 보다 정확한 벽의 형태를 2 차원적으로 인식할 수 있도록 하였다.

본 연구에서 고안한 시스템은 멀티 프로세서 시스템이며, 그림 1 과 같다. 이 시스템에서 각 모듈은 독립적으로 동작하며, 각각은 command format 에 의해 통신할 수 있도록 하였다.

## 2. 초음파 거리 측정의 원리

빔 폭이 좁은 초음파 트랜스듀서를 통해 송신되어 대상 물체에 도달해 반사된 초음파 에코 신호를 수신하여 이 시간을 측정하므로써 대상 물체까지의 거리를 알 수 있다. 즉

$$T = \frac{1}{344} \times 2 \times L$$

T : 전송 시간  
L : 대상 물체까지의 거리

또한 공기중에서의 초음파 감쇠를 무시할 때 트랜스듀서로부터 방사되어진 초음파 빔을 구면파로 고려하면 대상 물체에 의한 음장 강도와 검출되어진 반사 에코의 강도는 물체까지의 거리의 자승에 반비례한다.

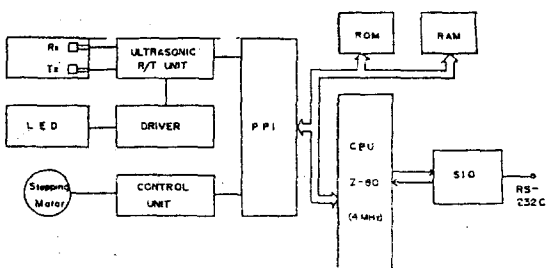


그림 2 . 거리 측정 모듈 구성도

## 3. 초음파 거리 측정 모듈의 구성

본 모듈의 구성은 초음파 센서의 방향을 결정할 수 있도록 한 stepping motor 부, 초음파 analog circuit 부, 여기서 받아 들어진 시간 데이터를 처리하는 제어부와 여기서 처리된 결과를 외부의 시스템과 통신할 수 있는 통신부로 구성되어 있다. 전체 구성도는 그림 2 와 같다.

### 3 - 1. 초음파 analog circuit 부

이 부분의 구성도는 그림 3 과 같으며, 이 부분의 동작은 파장 8.5 mm 의 초음파를 0.6 msec 동안 발신하고, 50msec 동안 수신 신호를 받는다. 또한 조준 물체로부터의 반사파를 수신하고 그의 도착 시간에 의해 물체간의 거리를 검출한다. 여기서 처리된 출력은 CPU 와 LED 표시부로 전송되어 로봇프가 행로를 결정하는데 정보를 제공해 주며, LED 표시부는 실험용으로 사용된다. 이 부분의 timing chart 는 그림 4 와 같다.

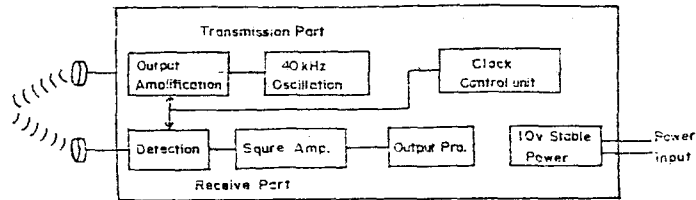


그림 3 . 초음파 센서 구동 Block Diagram

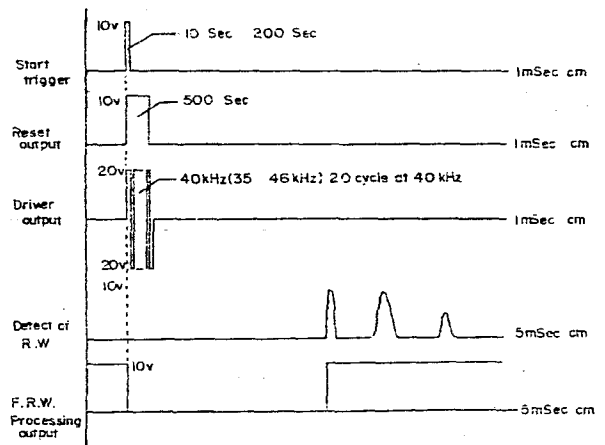


그림 4 . 초음파 센서 Timing Chart

### 3 - 2. stepping motor 제어부

초음파 센서 한쌍을 사용하여 주위의 다각적인 장애물 인식을 위하여 stepping motor (2CPH - 035) 를 사용하였다. stepping motor 는 PPI 에 연결되어 CPU 에 의해 제어되고 step 제어와 방향 제어는 소프트웨어에 의해 조절할 수 있게 하였다. 그림 5 에 stepping motor 제어 회로를 나타내었다.

### 3 - 3. 제어부

제어부는 시스템 전체의 동작을 제어하는 부분으로 CPU ( Z - 80, 4MHz ) 와 메모리( ROM 16, RAM 8K) 그리고 시스템 내부와의 인터페이스에 이용되는 PPI (8255)와 외부 시스템과의 인터페이스를 위한 SIO 등으로 구성되어 있다. 제어부의 동작은 stepping motor 의 방향을 결정해 주고, 초음파 센서로부터 데이터를 수신하여 이를 DATA FITTING 하여 벽면의 형태를 인식하며, 또한 처리결과를 main - processor 에 전달하여 행보 결정의 데이터를 전달하여 준다.

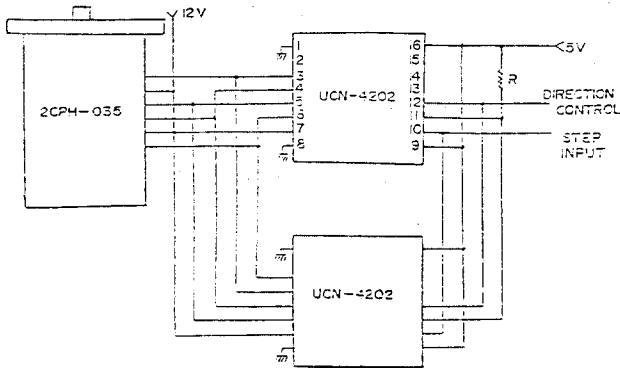


그림 5 . Stepping Motor 구동회로

## 4. DATA FITTING 과 개선책

### 4 - 1. 최소 거리 자승 법칙

random 하게 분포되어 있는 데이터를 fitting 시켜 가능한 한 정확한 직선의 기울기를 구해내기 위해 최소 거리 자승 법칙을 사용하였다.

즉 관측치  $Y_i$  와 함수치  $ax_i + b$  와의 차의 제곱의 합에서

$$S(a,b) = \sum_{i=1}^N (Y_i - (ax_i + b))^2 \quad (1)$$

가 되는  $a, b$  를 구하는 방법이다.

식 (1) 에서 최소가 되려면  $\frac{\partial S}{\partial a} = 0$  ,  $\frac{\partial S}{\partial b} = 0$  가 되어야 하므로

$$\sum_{i=1}^N (Y_i - a - bX_i) = 0$$

$$\sum_{i=1}^N X_i(Y_i - a - bX_i) = 0 \quad (2)$$

와 같이 된다. 여기서

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i$$

라면, 구하고자 하는  $a, b$  는

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (3)$$

이며, 여기서의 표준 편차  $S_d$  ( Standard Deviation ) 은 식 (4) 와 같다.

$$S_d = \left( \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - a - bX_i)^2}{N-2} \right)^{1/2} \quad (4)$$

### 4 - 2. 모빌 로봇의 장애물 검지에서의 DATA FITTING 개선안

최소 자승 거리 법칙을 이용한 data fitting 을 로봇의 주위 환경 인식용으로 사용하고자 할 때는 장애물이 돌출부가 없는 평면이나 사면의 경우 유효한 방법이 될 수가 있다. 그러나 장애물이 갑작스러운 돌출부가 있는 경우에는 앞서의 평면이나 사면등의 배경 데이터의 영향으로 (3) 식에서의 기울기  $a$  와  $y$  축의 절편  $b$  의 값이 실제 장애물의 형태를 정확하게 나타내지 못하고 그림 (6-b)와 같이 물체의 모서리가 무너지는 현상을 볼 수 있다. 로봇이 주위 환경을 알고 최적 경로를 결정하기 위해서는 무엇보다도 장애물의 정확한 형태, 특히 모서리 부분을 잘 인식하여야 하므로 최소 거리 자승 법칙을 사용한 데이터 fitting 에 표준 편차를 이용한 방법을 제시한다.

즉 data fitting 시 갑작스러운 장애물의 출현에서는 (3) 식의 기울기  $a$  와  $y$  절편  $b$  는 갑작스럽게 변하지 못하나 표준편차(식 4)는 데이터의 차가 급작스러울수록 커지는 것을 알 수가 있었다. 이런 현상을 이용해 표준편차를 데이터의 최대와 최소의 차로 나누어 주면 (식 5) data sampling 수에 따라 장애물의 상태별모 일정한 값이 나올 수 있었다.

Standard Deviation

(5)

| 데이터의 최대와 최소와의 차 |

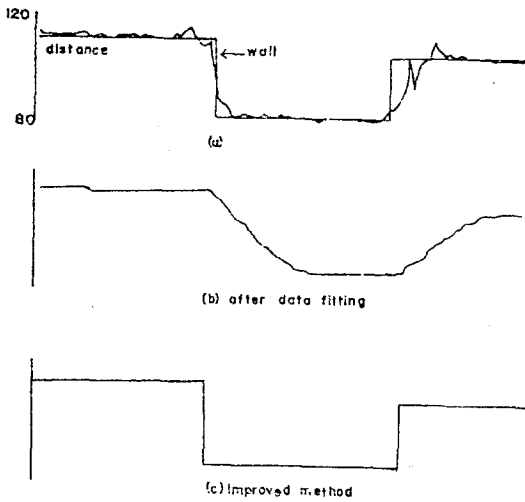


그림 6 . 벽의 인식 결과

한 예로 장애물의 형태가 그림 (6-a)와 같고, 데이터 sample 갯수가 5 개인 경우를 생각해 보자. 평면의 데이터와 돌출부의 데이터 수의 비가 4:1 인 경우 식 (5) 에 의한 값이 0.3651 임을 알 수가 있었다. 또한 3:2 인 경우는 0.3162로서 2:3 인 경우와 같으며, 1:4 인 경우도 4:1 인 경우와 동일하다. 즉 식 (5)의 값이 위와 같은 일정패턴으로 변할 경우 장애물의 형태를 그림 (6- b)에서 그림 (6-c)와 같이 인지할 수 있다. 또한 평면에서 사면으로 이어지는 경우 사면의 각도에 관계없이, 평면과 사면의 data sample 의 수가 4:1 인 경우 0.3651 이며, 3:2, 2:3, 1:4 로 변할수록 식 (5)의 값이 감소하여 0 이 되어감을 알 수 있었다.

## 5. 결 론

본 연구는 맹인 안내용 모빌 로봇의 초음파 거리 측정 모듈에 있어서 DATA FITTING ALGORITHM 을 사용하여 장애물의 감지 능력을 향상시키기 위한 알고리즘을 제시했다. 제안된 알고리즘으로 DATA FITTING 시 일어나는 경계면의 불확실성을 개선할 수 있었다.

본 연구에서는 장애물이 배경면과 현격한 차이가 나는 평면 돌출 장애물과 평면에서 장애물로 이어지는 경우만 한정시켰으나 본 연구에서 제시한 알고리즘을 통해 2 차원 물체의 형태 인식 으로의 적용 가능성을 기대할 수 있으며 이를 위해서는 보다 지향성이 좋은 센서의 개발이 필요하며, 보다 많은 실험을 통해 사면이나 원인 경우 거리 데이터 분실시 일어나는 현상을 보완하고자 한다.

## 6. 참 고 문 헌

1. Y.KANAYAMA, S.YUTA and Y.KUBOTERA, " A Sonic Range Finding Module for Mobile Robots " Proc. 14th I.S.I.R., pp. 643-652
2. IIJIMA, J.S.YUTA and Y.KANAYAMA "Elementary Function fo a Self-contained Robot ' YAMA BICO 3.1' ", Proc. 11th I.S.I.R. pp.211-218,1981
3. MASATOSHI,KAKIKURA,"Research Activities on Robotics at the Electrotechnical Laboratory ",Jour. of Robotic System, pp.145-158,1985
4. YUTAKA, KANAYAMA and S. YUTA, "Computer Architecture for Intelligent Robots" Jour. of Robotic System, pp.237-252,1985
5. SUSUMU TACHI and KIYOSHI KOMORIYA,"Guide Dog Robot",The 2nd Inter.Symposium Robotics Research,pp.333-340,1985
6. YOSHIAKI ICHIKAWA and NORIHIKO OZAKI, " A Heuristic Planner and an Executive for Mobile Robot Control ", IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Vol.SMC-15,NO.4, JULY 1985
7. C.CALANI, G.DE.GICCO, B.MORTEN, M.PRUDENZIATI, A.TARONI,"A Temperature Compensated Ultrasonic Sensor Operating in Air for Distance and Proximity Measurement ",IEEE Trans.Ind. Elec.,Vol.IE-29,NO.4,pp.336-341,Nov.1982
8. S.TACHI, K.KOMORIYA, K.TANIE, T.OHNO, M.ABE," Guide Dog Robot-Feasibility Experiments with MELDOG MARK III", Proc. of the 11th I.S.I.R pp.95-102,Oct.1981
9. G.J.CLEMENCE, G.W.HURLBURT,"The Application of Acoustic Ranging to the Automatic Control of Ground Vehicle", IEEE Trans. on Veh. Tec.,Vol.Vt-32, pp.239-244,Aug.1984
10. 유 상 열, " 맹인 안내용 모빌 로봇의 초음파 거리 측정 시스템의 설계", 인하 대학교 석사 학위 청구 논문, 1985
11. 정동명, 김병수, 이웅혁, 장원석, 홍승홍, "맹인 안내용 모빌 로봇의 마이크로컴퓨터 본체를 위한 전자 공학회 주계 학술 발표 대회 논문집, pp.620-622,1985