

맹인 안내용 모빌 로봇의 초음파 거리측정 시스템 설계
 유 상 열, 장 원 석, 홍 승 홍
 (인하대학교 전자공학과)

A Design of an Ultrasonic Ranging System of a Mobile Robot for Blind Guidance.
 S. Y. Yu, W. S. Chang, S. H. Hong
 Department of Electronics, In Ha University.

요 약

본 논문에서는 모빌 로봇에 확장하기 위한 시도로서 대기조건에 따른 오차를 보상한 맹인 안내용 Mobile Robot의 ultrasonic ranging system을 설계하였다.

본 system에서는 MCS-80 microcomputer를 이용하여 주위환경에 대한 다양한 정보를 실시간으로 처리하였고, 다각적인 정보획득을 위하여 stepping motor로서 sensor를 회전시켰으며, 대기조건에 따른 오차보상을 위하여 기준거리 비교방법을 사용하였고, offset과 근접장애물로 인한 오인식을 방지하기 위하여 받아들여진 data를 선정할 수 있도록 A/D converter를 사용하였다.

또한 맹인 안내를 위한 audio tone generator에 대하여 연구하였으며, 그밖에 외부 system과의 I/O interface 등 이 system에 대한 hardware와 software에 관하여 논하였다.

본 system에서 거리측정 오차는 약 1cm 정도이고 측정가능거리는 0.2~6m 이다.

제 1 장 서 론

일반적인 맹인 안내 system은 비교적 정확한 거리측정이 필요하지 않으나 맹인이 장애물을 인식하여 행로를 결정해야 하더라도 원하는 목적지에 안전하고 신속하게 도달하기는 어렵기 때문에 mobile robot에 확장하기 위한 시도로서 대기조건에 따른 여러가지 오차를 보상한 ultrasonic ranging system을 설계하였다.

초음파 센서로서 거리측정을 할 경우 대기조건(온도, 바람, 습도, 점성, 압력등)과 그밖에 offset과 근접장애물에 따라 오차가 발생하므로 이러한 것들을 보상해 주는 것이 중요하다.

최근 대기조건에 따른 오차를 보상한 소형 ultrasonic sensor의 개발과 주동회로의 개발로 그 응용범위가 넓어지고 있으나 이와같은 system들은 하드웨어 logic으로 구성되었기 때문에 주위환경에 대한 다양한 정보를 획득하고 처리하는 system으로서는 미흡하였다.

본 논문에서 제시한 맹인 안내용 ultrasonic ranging system은 mobile robot에 응용하기 위한 시도로서 전용 microcomputer를 사용하여 sensor에서 받아들여진 data에 따라 측정범위를 설정하였고, 다각적인 정보획득을 위하여 stepping motor로 sensor의 방향을 회전하였으며, 거리비교측정방법을 사용하여 대기조건에 따른 오차를 보상하였고, 맹인 안내를 위한 audio tone 발생과 측정시에 발생하는 외부잡음이나 offset 등으로 인한 오차를 보상하고 그 측정물체에 대한 정보를 인식하기 위하여 12bit A/D converter를 사용하여 echo signal의 전송시간과 amplitude 비교채택등에 대하여 연구하였다.

또한 system의 확장과 접속에 이용할 RS-232C interface 등 이 system에 대한 hardware와 software에 관하여 논하였다.

측정거리는 산업용 로봇의 경우 대개 3m 이하의 근접거리를 측정가능거리로 하고 있으나,

mobile robot의 진행속도를 향상시키고 최적행로를 결정할 수 있도록 하기 위하여 본 system에서는 40KHz용 ultrasonic sensor를 사용하여 20cm ~ 6m 까지 측정하였고, 거리측정 오차는 약 1cm 정도로 개선하였다.

제 2 장 거리 비교 측정 방법
 일반적으로 초음파를 이용한 거리측정은 송파기에서 송출된 초음파가 장애물 표면을 통과하여 음파의 속도 V_s 로 물체에 부딪쳐 반사되어 오는 echo signal을 수신기가 수신할 때까지의 전송시간 t_s 를 측정하며 (1)식과같이 측정거리 D_s 를 계산하는 방법을 사용한다.

$$D_s = V_s \times t_s / 2 \quad \text{--- (1)}$$

본 논문에서는 측정하고자 하는 ultrasonic sensor와 동일한 대기조건하에서 25cm의 기준거리를 설정하여 이 기준거리의 전송시간을 측정하고, 실제 측정거리의 전송시간과 비교함으로써 대기조건에 따른 거리측정 오차를 보상하는 방법을 택하였다.

그림 1은 기준거리용과 측정용의 sensor 배열이다.

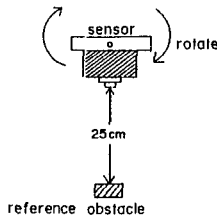


그림 1. The arrangement of sensor.

송파기에서 송출된 초음파가 $D_r = 25cm$ 인 기준거리에 소요되는 전송시간을 t_r 이라 하고, 미지의거리 D_x 에 필요한 전송시간을 t_x 라 하면 측정거리 D_x 는 (2)식과 같다.

$$D_x = \frac{t_x}{t_r} D_r \quad \text{--- (2)}$$

(2)식은 초음파의 전파속도에 무관하므로 대기조건의 변화에 따른 영향을 완전히 보정한 것임을 알 수 있다. 여기서 t_r 의 반복주기를 갖는 반복주파수를 f_r 이라 하면 다음과 같은 식이 성립한다.

$$f_r = \frac{D_x}{D_r \times t_x} \quad \text{--- (3)}$$

여기서 f_r 은 기준거리 D_r 를 반복하여 측정할 수 있는 반복도를 의미한다.

제 3 장 시스템 구성.

그림 2는 PC 8001과 MCS-80 마이크로 컴퓨터를 연결시킨 전체 system의 block diagram 이고, 그림 3은 초음파 거리측정 system의 구성도이다.

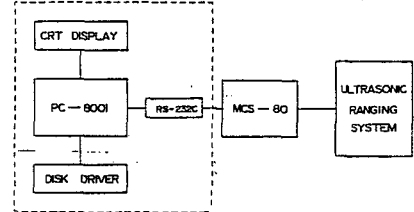


그림 2. The block diagram of total system.

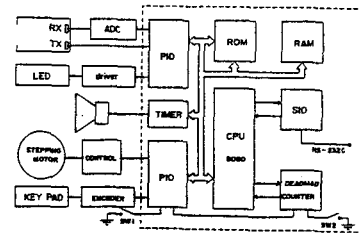


그림 3. The organization of ultrasonic ranging system.

이 system을 기능별로 분류하면 다음과 같다.

3-1. 제어부.

제어부는 주로 MCS-80 부분에 해당하며, CPU (8080A), memory (ROM 8K, RAM 8K), PIO, SIO (8251) 그리고 deadman counter 와 Timer (8253) 등으로 구성하였다.

3-2. 감지부.

기준거리용과 측정용 sensor를 같은 방식의 sensor로서 사용하며 그림 1과 같다.

초음파 센서는 40KHz (MA 40L1)용이고, pulse train은 0.5~5ms (pulse train 20~200개), 송파기에 가해지는 전압은 15Vpp 이며 echo signal은 40dB로 송출하며 12 bit ADC (MN 5201)에서 echo signal의 전송시간과 amplitude를 검출한다.

또한 반복도는 $f_r/20$ 인 500ms 이고 sensor의 루사각은 약 5° 정도이다.

3-3. stepping motor control.

stepping motor는 4 bit의 output port에 의해 control 되고, 200/400 step 변환과 좌우회전은 program에 의해 control 된다.

이 motor는 4A까지 출력 가능한 darlington TR (2N6036)에 의해 구동되며, single step 구동시간은 3.5ms이고 single step 구동전력은 5.3V, 1.6A이다.

3-4. audio tone generator.

측정된 data에 따라 CPU에서 Timer를 거쳐 speaker에서 발생되고, 신호주파수는 100~1500 KHz (측정거리 20cm~3m)를 설정하였다.

3-5. key pad, SW 및 display.

4x4 matrix를 가진 key pad는 encoder (MC 14449)에 의해 구동되고, SW1은 stepping motor를 초기설정한다.

SW2는 system reset 용이고 display는 구동 회로 (74LS164)에 가해져 7segment LED를 구동하며 0.00~9.99m 까지 표시 가능하다.

제 4장. system 동작.

그림 4는 ultrasonic ranging system의 flow chart이다.

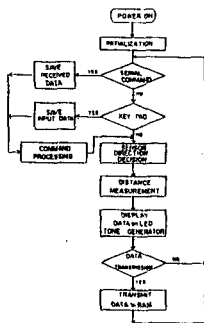


그림 4. The flow chart of ultrasonic ranging system.

4-1. Initialization.

- RAM, ROM, PIO 및 SIO의 점검.
- PIO, SIO 그리고 RAM buffer 초기화.
- stepping motor 방향 set.

4-2. Data 획득과 Command Processing.

- SIO를 통해 외부 system 으로부터 data 획득.
- key pad를 통해 command나 data 획득.
- 측정방향 설정 및 scan mode 결정.
- pulse train과 측정거리 window 결정.

4-3. 센서 방향 결정

command processing routine에서 결정된 data에 의해 stepping motor의 회전속도와 방향 결정.

기준거리 측정횟수는 program에 의해 결정.

4-4. 거리 측정

- 기준거리용과 측정거리용 판별.
- 결정된 mode와 pulse train으로 초음파 발생.
- 수신된 data의 전송시간과 amplitude 비교.

4-5. Data display 및 Audio tone 발생.

- PIO를 통해 LED에서 display.
- 100~1500Hz의 주파수 발생.

4-6. Data 전송.

- RTS 라인이 "low"가 되면 저장된 memory 내의 data를 SIO를 통해 RS-232C로 전송.
- 4800 baud rate.

제 5장 측정 및 고찰.

그림 5는 측정과정의 time chart이다.

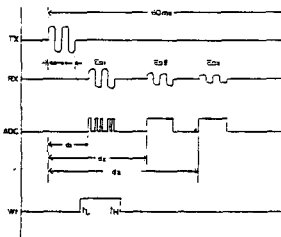


그림 5. The time chart in the measurement

TX는 송파기에서 송출된 signal이고 RX는 수신된 echo signal이며 Epi, Epp, Eps는 시간차로 수신된 echo signal이다.

또한 A/D converter에 의해 ADC에서와 같이 digital 값으로 변환하여 d1, d2, d3의 전송시간과 amplitude를 측정할 수 있고, Wt와 같이 window를 설정하면 Epi의 거리와 amplitude를 측정할 수 있다.

이때 sampling time은 19.8μs이고, 기준거리 25cm에서 ts = 1.52ms가 측정되었을 경우, fs = 657.89Hz가 되고 분해능은 1.52ms / 19.8μs = 16이 된다. 여기서 발생하는 오차는 0.325cm로 1 digit 이하이다.

그림 6은 거리에 대한 망원 안내용 주파수이며, 여기서 100~1500Hz (측정거리 20cm~6m) 사이의 주파수를 15등분하였다.

N	frequency	distance
1	100 Hz	3 m
2	200	2.8
3	300	2.6
1	400	2.4
2	500	2.2
3	600	2 m
1	700	1.8
2	800	1.6
3	900	1.4
1	1000	1.2
2	1100	1 m
3	1200	80 cm
1	1300	60
2	1400	40
3	1500	20

그림 6. A frequency on the distance.
 만약 A/D converter를 사용하지 않을 경우에, 발생하는 투사각과 offset에 따른 오차를 그림 7과 그림 8에 표시하였다.

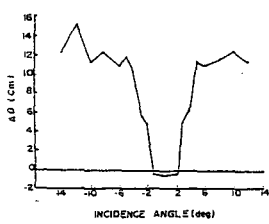


그림 7. The error on the incidence angle.

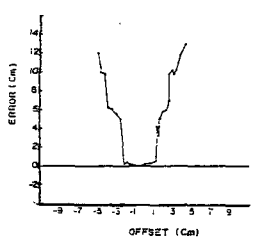


그림 8. The error on the offset.

위와 같은 오차를 보상하였을 경우 그림 9에서 같이 6~7m까지의 거리를 측정할 수 있었다.

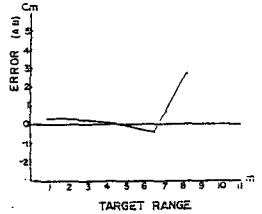


그림 9. The error on the target range.

그림 10은 송파기와 수신기의 입출력 파형으로 (B)는 4ms (pulse train 160개), 15Vpp 출력

으로 송파기에 가한 출력신호이며, (A)는 수신기에서 수신한 echo signal로서 Ep1, Ep2는 시간차로 수신한 data이다.

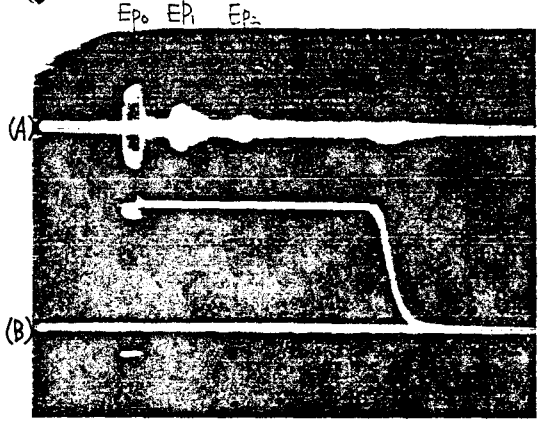


그림 10. The T/O signal of transmitter and receiver.

- X: 1ms/division
- Y (A): 0.5V/division
- B: 5V/division

제 6 장. 결 론.

본 논문에서는 모빌로보트에 응용될 망원 안내용 초음파 거리측정 시스템을 설계하였다.

microcomputer를 사용하여 구위 환경에 대한 다량의 정보를 real-time으로 측정할 수 있었고, stepping motor를 이용하여 다각적인 정보획득이 가능하였으며, 측정오차는 약 1cm 정도로 보상하였고, 40KHz용 초음파 센서를 사용하여 20cm~6m까지 거리측정을 하였다.

또한 A/D converter에서 측정된 echo signal의 거리와 amplitude를 비교함으로써 offset과 투사각에 따른 오차를 보상하였고, 망원을 위한 audio tone 발생은 효과적인 정보제공이 가능하였다.

이러한 ultrasonic ranging system에서 software와 sensor의 기능을 보완한다면 고도의 장애를 탐지 시스템으로 발전시킬 수 있고, 자기 위치인식과 최적 경로에 대한 연구를 수행하여 이동능력을 향상시킨 mobile robot를 개발할 수 있을 것이다.