

# 단일 초음파 센서를 이용한 주행 지도 작성에 관한 연구

## Research of method for making a map by a ultrasonic sensor on a wheel base robot system

김지홍\*                      채명훈\*\*                      이창구\*\*\*  
Kim Jeehong                  Chae Myunghoon              Lee chang-goo

**Abstract** - This study proposes the method to make a map of moving environment area and passed area by sensor using for recognizing environment or avoiding obstacle. We will develop an efficient algorithm to use sensors and get the data by the user friendly system. Through this system, we will study the way to know of the driving environment of moving robot on the long distance point. To this, we use only one ultra-sonic sensor with a servo motor which rotates 180 degree and loads an ultra-sonic sensor. A sensor can measure 1m~8m range and a servo motor can distinguish 15 degree by 12 divide of 180 degree. By this feature of operating system, the robot which has these sensor module detects around of area and moves another point. In this way, users gather the data of detecting distance and change the data to X-Y coordinates. And users derive a map from these accumulate data

**Key Words** : 초음파센서 지도 거리 로봇 영역 회전

### 1. 서론

#### 1.1 절 개요

본 연구의 목적은 센서를 활용하여 로봇의 주행 및 주변인식에 대한 방법을 제시하려 한다. 연구를 위해 간단한 로봇을 개발하고 이에 대한 현재 동작을 확인할 수 있는 어플리케이션을 작성하였으며, 로봇에 탑재된 센서의 동작을 제어하고 센서에 의해 획득된 데이터를 활용하여 로봇이 이동한 영역의 지도를 작성하고자 한다. 좀더 자세히 설명을 하자면, 연구를 통하여 무인 로봇의 임무 수행에 필요한 주위환경 인식, 장애물 회피를 위해 사용된 센서의 데이터는 지도 작성 등에 필요한 정보를 얻기에 합당하다. 레이더와 비슷한 성격의 방법과 효과적인 알고리즘 개발을 통해 데이터를 효과적으로 활용하여 원하는 결과를 얻을 수 있도록 시스템을 구성한다. 간략한 구성은 다음과 같다.

본 연구를 위한 시스템의 하드웨어는 마이크로 컨트롤러를 기본으로 하여, 구동부, 센서부를 가지고 있으며, 이동환경을 고려 배터리를 활용하여 시스템을 구성 하였다. 이중 가장 중요한 역할을 하는 센서부는 산업용으로 많이 쓰이는 Polaroid사의 6500시리즈 초음파 모듈을 탑재하여, 비교적 높은 정밀도와 측정 거리를 가지는 센서부를 구성하였다. 또한 초음파의 직진성을 고려하여, 시보모터를 이용한, 회전이 가능한 마운트를 구성하여 시보모터 위에 올려진 초음파 센서

를 통해 전방 180° 를 분할하여 측정하도록 하였다.

이렇게 제작된 하드웨어를 제어하는 어플리케이션은 수집된 정보를 받아 최대한 사용자로 하여금 현재의 상태를 즉시 인지하고, 인지된 상태를 바탕으로 개발된 알고리즘이 적절히 작동되는지 여부를 판단하기 위하여 GUI를 사용하여 표기하였다. 또한 해당 어플리케이션에서 하드웨어를 제어하는 인터페이스를 구성하여, 사용자가 원하는 동작을 행할 수 있도록 제어 명령 지시부문을 갖추었다.

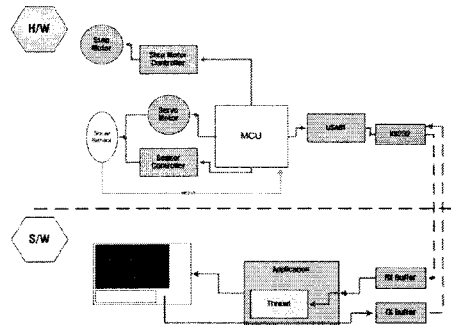


그림 1.1 시스템 구성 블럭도

본 시스템의 하드웨어는 기본적으로 이동 제어를 위한 스텝모터 즉 구동부와 센서와 센서동작을 위한 시보모터를 비롯한 센서부 그리고 시리얼 통신을 고려하여 적절한 마이크로프로세서인 ATMEGA16으로 선정하였다. 그리고 실험에 이동성을 부여하고자 12V 2400mA 리튬 폴리머 배터리를 장착하였다.

#### 저자 소개

- \* 김지홍 : 全北大學 制御計測工學科 博士修了
- \*\* 채명훈 : 全北大學 電子情報工學部 學士課程
- \*\*\* 이창구 : 全北大學 電子情報工學部 教授 · 工博

## 1.2 절 시스템 구성

전체적인 Architecture는 Hardware와 Software부분으로 나뉜다. Hardware 부분에서는 핵심 부품인 초음파 센서는 산업용으로 많이 쓰이는 Polaroid사의 6500시리즈를 선택하였다. 기존의 초음파 센서에 비해 정밀한 값을 얻을 수 있으며 최대 15m까지의 거리를 측정할 수 있어 효율적인 실험을 가능하게 하였다. 거리 값의 측정은 initiate signal을 보내고 나서 되돌아오는 echo신호를 감지하여 그 사이 시간값을 거리값으로 환산하는 방식이다. 전방 180도를 감지 하기 위해 Sonar Sensor와 Servo motor를 연동하여 전방 180도를 15도간격의 Sector로 나누어 스캔한다. 서보모터를 이용하여 전방 180도를 15도씩 13개의 Sector로 나누어 각각 8회씩 거리값을 측정하고 그것의 평균값을 거리값으로 채택한다. 마이컴에서는 타이머를 이용하여 initiate signal과 echo signal의 시간차를 이용하여 거리값을 계산하게 되고 연산을 마친 데이터는 해당 Sector의 인덱스값과 함께 USART를 이용하여 시리얼 통신을 이용하여 사용자 PC로 전송된다. 통신 시 오류 발생을 감지하기 위해 Checksum 방법을 이용하여 신뢰도를 높였다. 그리고 실시간으로 측정된 거리값을 해당 각도인  $\theta$ 값과 함께 시리얼로 전송한다.

Software부분에서는 사용자 PC로 넘어온 데이터가 큐에 쌓이게 되고 Thread가 이를 감지하여 데이터를 가져와 각도와 거리값을 환산하여 (x,y) 좌표평면에 그래프로 나타내고 해당 거리값도 출력해주는 구조이다. 즉 어플리케이션에서는 SERIAL 통신에 의해 전송된 데이터 값을 받은 즉시 GUI를 이용하여 시각적으로 표현하게 된다. 그래서 사용자로 하여금 로봇의 주위 환경을 인식하게 되고 그에 해당하는 이동 제어에 관한 인터페이스를 통해 해당하는 동작을 제어할 수 있도록 설계하였다.

### 1.2.1 절 센서 시스템

Polaroid사의 6500시리즈 Sonar Sensor 모듈의 Resolution은 그림 2.2와 같이 15도~20도 사이가 된다. 본 연구에서 원하는, 신뢰도가 높은 결과를 얻기 위해 유효 Resolution을 15도로 정하였다.

같은 이유로 Sonar Sensor의 설치각은 echo에 미치는 영향을 나타낸 그림인데 정면을 향하였을 경우 음파가 바닥을 치게 되어 정확한 결과를 얻을 수 없었다. 그래서 7.5도 각을 주어 설치 한 결과 비교적 정확한 값을 얻을 수 있었다.

### 1.2.2 절 모니터링 시스템

본 연구에 사용된 센서 시스템을 탑재한 소형의 바퀴 구동식 모바일 로봇을 제어하고 센서로부터 획득된 정보를 확인하고 활용하기 위한 도구로서 Windows OS에서 사용이 가능한 Visual Application Program을 작성하였다.

Serial 통신에 의해 전달된 데이터는 초음파 센서의 거리 정보와 해당 거리를 측정된 각 위치를 담고 있으며 거리와 각도에 의해 계산된 좌표를 X-Y 평면에 표시하게 하여 사용자가 시각적으로 효율성이 높은 정보를 갖도록 하였다. 초음파로 측정된 값은 온도 혹은 습도 같은 주위 환경의 영향을 받음으로 미세조정을 통해 실제값과 비교하여 보정해야 한다. 그림 1.2에서 보는 것처럼 반복적으로 통제된 몇 개의

실제 거리를 초음파 센서로 측정하여 측정된 값과 실제 값과 비교하여 다음과 같은 실제거리 측정 식이 도출되었다.

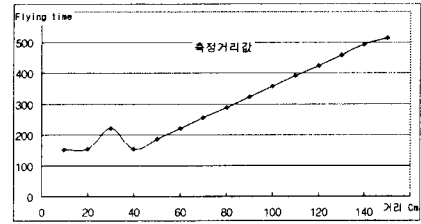


그림 1.2 초음파 센서로 측정된 거리 값과 실제 거리값과의 비교 - 40 Cm 이하에서는 비선형적이다.

$$f(x) = \left( \frac{x}{34} \times 10 \right) + 19 \quad \dots \text{실제거리유도공식}$$

측정된 거리값을 이용해 X-Y 평면에 표현 하기위한 좌표로 유도하는 과정은 다음과 같은 식을 이용했다.

$$x = f(x) \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot 15\pi \cdot \theta_n}{360}\right) \quad \dots \text{좌표연산공식}$$

$$y = f(x) \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot 15\pi \cdot \theta_n}{360}\right) \quad \theta_n = \text{예약된각의 } n\text{번째 각}$$

위의 수식을 이용해 프로그래밍 한 코드는 다음과 같다.

```
IF (θn < 13){
    x = Distance * cos(2*M_PI*15*(int)θn/360);
    y = Distance * sin(2*M_PI*15*(int)θn/360);
} ELSE {
    x = Distance * cos(2*M_PI*(360-(int)θn*15)/360);
    y = Distance * sin(2*M_PI*(360-(int)θn*15)/360);}
```

표 1.1 좌표 계산 코드

이렇게 하여 획득된 데이터를 이용하여 다음과 같은 모니터링 프로그램에 좌표와 거리를 표현 한다. 모니터링 뿐 만 아니라 로봇에게 이동 명령을 할 수 있으며 Serial 통신을 이용해 수집된 데이터를 MS windows 형식의 파일로 저장도 가능하도록 하였다. 우리의 실험에서는 이 틀을 이용해 로봇을 이동시키고 획득된 데이터를 파일로 저장하였다.

## 2. 장 실험

### 2.1 절 실험 환경 및 데이터 획득

본 연구를 위해 제작된 상기 시스템에서 센서부는 서보모터에 의해 좌우로 회전하는 형태이다. 로봇이 동작하는 중에는 회전하지 않고 전면을 바라보고 있어 로봇의 이동 방향에 일치한 방향의 거리를 측정하고 있도록 하였다. 간혹 필요에 따라 혹은 로봇 주행에 필요한 정보를 얻고자 한다면 센서를 회전 시켜 원하는 각도의 거리를 측정 할 수 도 있다. 하지만 본 실험에 사용된 서보모터의 회전 각속도가 일정하다고 말할 수 없고 회전 각속도와 로봇 주행 속도가 동기화 되어 있지 않아 로봇 주행에 따른 측정 데이터의 좌표 변환은 많은 오차를 내포하게 된다. 따라서 로봇의 주행 시에는 초음파 센서의 지향각을 고정하고 로봇의 주행을 멈춘 후에 회전하여 측정하는 방법으로 실험 하였다.

그림 1.4는 입의 경계벽을 이용한 실험을 통해 센서를 탑재한 로봇의 이동에 따른 경계벽 감지 방법을 보여 주고 있다. 로봇은 최초 위치인 "#1"에서 15°씩 전방 12 방향의 거리

를 측정하고 그 결과를 사용자 PC에 전송한 후 전진하여 "#2"의 위치로 이동하여 반복된 동작을 한다. 각각의 위치 #1, #2, #3, #4는 300mm의 이격 거리를 갖으며 바닥의 방안 표지는 한 변이 300mm 인 정사각형으로 되어 있다. 실측값과 획득된 데이터를 비교하여 유도한 '실제거리유도공식'은 상기에 표시한 것을 이용하였다.

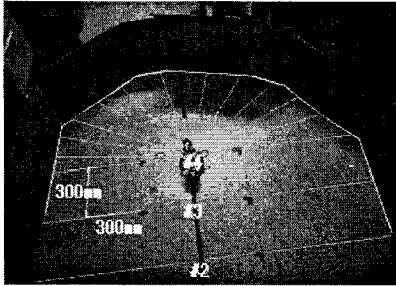


그림 1.4 임의 경계벽을 이용한 실험에 대한 표시

위치 #1에서 정면(90°)에 위치한 경계벽까지의 거리는 약 (0, 1500)mm 이고 임의의 경계벽은 좌측 전방 (900, 600)mm 부터 시작 되어 평평한 합판으로 연결된 오목한 모양으로 이어져 우측 전방 (1000, 300)mm에서 끝나는 모양이다. 각각의 위치 #1~4까지 이동하는 동안 센서의 회전 각도는 변화가 없기 때문에 동일한 곳의 거리를 측정하는 것은 아니고 #1에서는 넓은 영역을 측정하게 되고 그러므로 오차가 많이 되며 #4에서는 좁은 영역을 측정하게 되지만 거리의 이격이 좁고 경계벽까지의 거리가 짧아 센서의 분해능에 의한 오차가 생기게 된다.

## 2.2 질 실험 데이터 분석

데이터 분석을 위해 수집된 데이터를 MS Excel을 이용하여 "분산형그래프" 기능을 이용해 plotting 하였다.

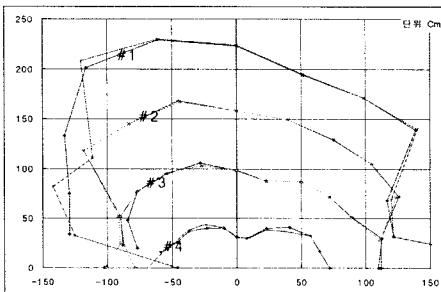


그림 1.5 각 위치에서 임의의 경계벽을 향해 초음파센서로 측정된 거리 값을 이용해 만든 지형

그림 1.5에서 보이는 것처럼 실험을 통해 획득된 데이터로 만들어진 거리와 좌표에 따른 지형그래프를 보면 #2, #3의 데이터를 확인하면 전체적인 경계벽의 모양을 따라 각 위치의 값이 연결 되고 있음을 보여 주고 있다. 실제 경계벽의 모양과 가장 유사한 모양을 갖는 센서 측정 데이터는 #2에서 측정된 데이터로 표현된 것이다. 특히 좌측으로 회전하면서 측정된 거리 데이터와 우측으로 회전하면서 측정된 데이터의 일치하는 정도를 확인한 결과는 #2와 #3에서의 측정 데이터가 우수함을 증명하고 있다. #1에서 측정된 데이터를 보면 우측반질의 데이터는 좌측으로 회전하면 측정된 센서 데이터와

좌측으로 회전하면서 측정된 데이터의 오차가 작지만 좌측반질의 데이터는 오차가 크다. #4의 측정 결과는 가장 가까운 거리의 측정 데이터가 400mm 이하로서 측정 가능한 거리의 최소거리 보다 짧아 오차를 포함하고 있어 실제 경계벽의 모양과 다른 심한 왜곡을 보이고 있다. 또한 센서의 위치로부터 사면에 해당하는 부분은 실제 거리보다 긴 거리 값을 갖고 있다. 센서가 위치한 장소의 중심으로부터 각각 좌우 측면의 데이터가 긴 거리로 나온 것은 초음파의 반사파가 사면에 반사되어 빙겨져 날아 간 탓이다.

이렇게 획득된 데이터를 #1의 위치를 기준으로 하는 경계벽의 좌표를 만들기 위해 각 위치에서의 90° 위치의 데이터들을 비교하여 Y-축의 OFFSET을 보정하는 방식으로 각 위치의 값들을 보정하였다. #2에서 Y+65, #3에서 Y+125, #4에서 Y+191 만큼 보정 하여 그림 1.6의 그래프를 얻을 수 있다.

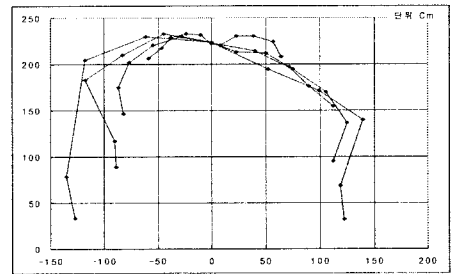


그림 1.6 각 위치의 Y 값에 90° 방향의 Y 값을 비교하여 보정한 데이터

## 3. 장 결론

본 논문에서 실험을 통해 본 것처럼 초음파 센서를 통한 거리측정은 50cm 이하의 근접한 거리를 측정 하게 되면 분해능의 한계로 정확한 거리를 측정하기가 어렵다. 그러나 50cm 이상의 거리를 측정한 데이터는 유효한 값을 갖고 있으나 반사면이 사면인 경우 실제보다 긴 거리 값을 갖게 된다. 즉 로봇이 전진하면서 다양한 지형 혹은 장애물을 초음파로 스캔하게 되면 전방의 측벽은 실제 거리보다 원 거리에 위치한 듯 보이게 될 것이다. 이러한 특성에도 불구하고 본 논문을 위한 시스템은 단일 초음파센서를 서보모터 위에 탑재하여 180° 회전을 통한 전방 물체 및 거리 탐지 방법에 의해 획득된 TOF(time of flying)는 공식에 의해 실제 거리로 환산되고 좌표계에 (X, Y) 좌표로 변환된다. 이 때 전방의 벽이나 장애물은 동일 Y-축 위에 놓이게 되면 그 동일한 위치를 기준으로 전진하며 Y-축 값을 보상하여 전방물체 혹은 지형에 대해 해석이 가능하며 이를 이용해 로봇이 움직이고 있는 환경의 지형 혹은 물체의 경계면을 생성하고 위치를 파악하는데 사용 될 수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] DAVID LEE, "The Map-Building and Exploration Strategies of a Simple Sonar-Equipped Mobile Robot", Cambridge Univ. Press 1996.
- [2] John J. Leonard "Directred sonar sensing for mobile robot navigation", Kluwer Academic Publishers 1992..