# 초음파 센서를 이용한 2족 로봇의 맵빌딩

김명진* · 김남호* · 정영기** · 정태영***
*호남대학교 인터넷소프트웨어학과, **호남대학교 컴퓨터공학과, ***(주)씨텍

# Map building for humonoid robot by ultrasonic sensor

Myung-jin Kim* · Nam-ho Kim* · Young-ki Jung** · Tae-young Jeong***
*Dept. of Internet Software, Honam University
**Dept. of Computer Engineering, Honam University
***C-TEK Co.
E-mail : cjupiter@nate.com, nhkim@honam.ac.kr, ykjung@honam.ac.kr, tyjeong007@hanmail.net

## 요 약

기존 산업계에서 실용화되고 있는 대부분의 이동 로봇은 자계 센서나 적외선 센서를 이용하여 작업장 바닥의 유도선 또는 광학 테이프 등으로 이루어진 고정 궤도를 따라서 운행하고 있다. 그러나 로봇의 작업환경인 사무실이나 가정에서 고정 궤도의 설치는 불가능하므로 작업 환경에 대한 보다 높은 유연성을 가진 보행 로봇의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 초음파 센서로 맵빌딩을 하였으며 초음파센서의 오차값을 적외선 센서를 이용하여 보정해 주는 방식으로 장애물을 파악할 수 있도록 하였다.

## ABSTRACT

The most of humonoid robot which is utility for the existing industry use a magnetic sensor and infrared sensor and route in their courses consist of guidance or the optical tape. It is impossible to establish courses in the room that is the working environment of the humonoid robot. So It has need of the development of the flexible humonoid robot. In this paper, we describe the map building method combined with ultrasonic sensors and infrared sensor additionally.

## 키워드

맵 빌딩, 휴머노이드 로봇, 초음파 센서, 적외선 센서, 2족 로봇

## Ⅰ. 서 론

로봇이 자신의 위치나 주위 환경을 인식하기 위해서는 센서의 사용이 반드시 필요하다. 특히, 이족 보행 로봇은 인간과 유사한 기구학적 형태를 가지고 있기 때문에 일반 바퀴로 이동하는 로봇보다 경로 생성에 있어서 복잡하고 협소한 환경 혹은 장소에서 뛰어난 능력을 보인다. 바퀴로 이동하는 로봇은 이동경로가 연속적이면서 평탄해야 하는 반면, 이족 보행 로봇은 계단이나 요철이 있는 길 등의 불규칙하고 불연속적인 경로를 통해서도 이동이 가능하다. 많은 종류의 센서를 사용할수록 로봇의 지능은 한층 높아진다고 말할 수 있지만 소형 이족 로봇에서는 하드웨어적인 회로구성의 복잡성과 무게에 대한 고려를 하지 않을 수 없다.[1]

본 연구에서는 초음파 센서를 이용하여 이족 로봇의 장애물 회피를 위한 경로 계획 수립을 위한 맵 빌딩을 수행하였으며, 이때 초음파 센서의 한계로 인한 오차값을 보정하기 위하여 적외선 센서를 부가적으로 적용하였는데 이때 사용한 개선된 장애물 회피 방법을 소개하고자 한다.

## Ⅱ. 센서

### 2.1 초음파 센서 일반

초음파 센서는 일반적으로 압전 진동자를 이용

하는 것이 대부분이다. 압전 진동자는 압력이 발생하면 전압을 발생하고 반대로 전계를 가하면 뒤틀리거나 진동하는 성질을 가지고 있다. 초음파 송신기는 일정한 주파수의 전기신호를 진동자에 가하여 음향 송신이 이루어지는 구조를 가지고, 수신기는 음향 진동에 의해 전압이 발생하는 동작을 한다. 일반적으로 초음파 센서의 송신부에서 전파된 초음파가 물체에 반사되어 돌아오는 시간을 이용하여 로봇과 장애물 간의 거리 정보를 측정할 수 있다.

### 2.2 다른 센서와의 비교

초음파 센서는 구성의 편이 및 가격적인 측면에서 이동 로봇에 많이 사용되고 있으며 장애물과의 단순한 거리 측정 이외에도 방위각 및 물체의 속도 등 다양한 정보를 제공할 수 있다. 방위각 정보는 일반적 목적에 충분한 정밀도를 제공할 수 있으나 아직 다양한 특성을 갖는 일반적 환경 하에서 동작 안전성에 대한 평가가 미흡하여 응용에 어려움을 격고 있는 실정이다. 아래 표 1은 각 센서들의 장점과 단점을 나타내었다.[2]

표1. 각 센서의 비교

| 센 서 | 장 점 | 단 점 |
|---|---|---|
| 초음파 | 조명의 변화에 무관<br>투명한 물체도 감지<br>간단한 구조<br>장거리 인식 가능 | 넓은 빔 폭<br>반사파의 산란 잡음<br>일차원 정보만 제공<br>느린 반응 속도 |
| 적외선 | 낮은 가격<br>간단한 구조<br>빠른 반응 속도 | 일차원 정보만 제공<br>장거리 인식 곤란 |
| 비 전 | 이차원 정보 제공<br>우수한 정밀도 | 조명의 변화에 민감<br>투명한 물체 인식 불가<br>비교적 높은 가격<br>복잡한 인터페이스 구조<br>느린 반응 속도 |
| 레이저 | 좁은 빔 폭<br>우수한 정밀도<br>빠른 반응 속도 | 일차원 정보만 제공<br>장거리 인식 곤란 |

### 2.3 초음파 센서의 구동

본 프로젝트에서 사용한 초음파 센서는 SRF-04라는 센서이다. 이 센서의 가장 큰 특징은 송신부와 수신부가 독립되어 있어서 여타의 다른 송수신 일체형 보다 그 반응성이 빠르다는 것이다. 즉, 로봇에 있어서 돌발 상황이 발생하여 갑작스런 장애물이 발생 하였을 때 대응성이 좋아진다. 그리고 40KHz의 초음파를 이용하여 3cm - 3m의 거리를 감지하며 스타트 신호를 입력한 후에 거리에 따른 시간 지연 신호가 출력된다. 마이크로프로세서에서 타이머 기능을 이용하여 거리를 측정할 수 있다. 모듈 내부에 마이크로프로세서가 있는 신뢰성이 매우 높은 초음파 거리 감지 센서이다. 다음은 SRF-04의 타이밍도 이다.

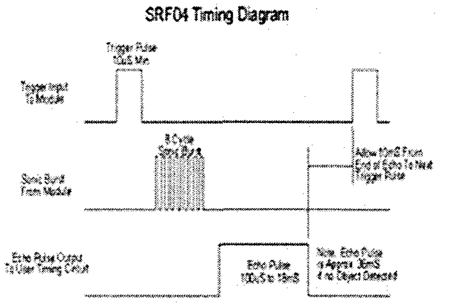


그림 1. SRF04의 타이밍도

타이밍도를 참고하여 보면 가장 위의 최초에 10us의 high pulse를 마이크로프로세서를 이용하여 입력하여 주면 초음파가 송신부에서 8개가 발생하게 된다. 이 초음파가 매질에 반사되어 되돌아온 초음파에 의해서 에코 펄스가 반사되어온 시간에 따라서 다르게 발생되어진다. 이 펄스를 카운트하여 거리 값을 얻어 낼 수 있다.

하지만 SRF04는 3m까지 측정이 가능하지만 50도의 빔각을 갖고 있어서 목표로 하는 대상의 정확한 거리 측정이 어렵다. 이를 해결하기 위해 15도의 빔각을 갖는 SRF235를 적용하였으나 빔각이 줄어든 만큼 측정 가능한 표면 반사각이 줄어들어 목적 대상 측정이 더욱 어려웠다. 이를 보완하기 위해 측정 가능한 표면 반사각이 큰 처음의 SRF04를 직진성이 강한 PSD센서와 병행 사용하였다.

### 2.4 PSD (Position Sensing Device)

PSD는 적외선 삼각 측량 방식으로 거리를 측정하는 센서로 적외선 발광 다이오드, 렌즈, 1차원 CCD 센서가 한 개의 시스템으로 구성되어 있는 센서이다. 본 프로젝트에서는 직진성능이 떨어지는 초음파 센서를 보완하기 위해 비교적 정확한 거리는 측정하기 어렵지만 직진성이 강한 PSD센서를 근거리 측정에 이용하였다.

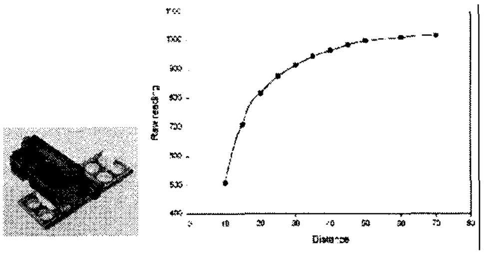

그림 2. GP2D12센서와 비선형적인 출력전압

### 2.5 Digital Compass

맵 빌딩구축을 위한 방향정보를 위해 Digital

Compass를 사용하였다. Digital Compass는 자침의 원리를 이용하여 절대 방위(동,서,남,북)를 얻을 수 있지만 주변 자계에 취약하다는 약점이 있다. 로봇의 위치와 방향제어에 사용하였다.

## III. 맵 빌딩 및 길찾기

### 3.1 맵빌딩

로봇의 인공지능 중에 가장 기본이라고 할 수 있는 목표지점으로의 이동을 위해서는 장애물이 어느 위치에 얼마나 떨어져 있는지 파악하고 이를 회피하여 이동하여야 한다. 이러한 기능을 위해서 먼저 선행 되어야 할 것이 장애물이 어느 위치에 있는지 파악하는 환경 맵의 작성이라고 할 수 있다. 우리는 초음파 센서로 맵 빌딩을 하였으며 초음파 센서의 오차 값을 적외선 센서가 보정해주는 방식으로 장애물을 파악하여 3D 형태로 표현하였다.

#### 3.1.1 하드웨어 환경

초음파 센서로는 SRF-04를 사용하였고 적외선 센서는 총 2개를 사용하였는데 3~30cm를 감지하는 GP2D120, 10~60cm를 감지하는 GP2D12를 사용하였으며 지자기 센서로는 CMPS03을 사용하였다.

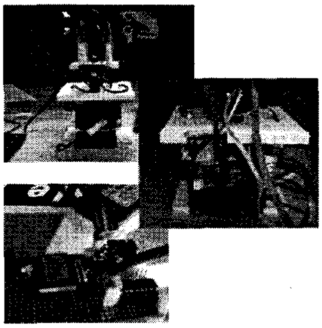

그림 3. 맵빌딩 테스트 환경

#### 3.1.2 장애물 검출 알고리즘

초음파는 퍼져나가는 음파가 부채꼴 형태여서 그 각도 내에 있는 장애물은 모두 인식하게 된다. 또한 일정 각도 이상 틀어진 물체는 음파가 다른 곳으로 튀어서 예상치 못한 값이 나오게 된다. 그러므로 이런 오차 값을 줄일 수 있는 알고리즘이 필요하다. 흔히 HIMM(Histogram In-Motion Method) 알고리즘을 많이 사용하는데 사용 결과 그리 좋은 성능을 보여주지 않아서 다른 알고리즘을 생각하게 되었다.

기존의 HIMM 알고리즘은 음파의 각도 내의 격자의 값을 모두 증가시키는 형태이다. 예를 들어 위의 그림에서 3이 증가된 곳 외에 음파의 각도내의 격자들의 가중치 또한 1을 증가하는 알고리즘이다. 하지만 우리가 사용한 방식은 아래 그림에서 보는 바와 같이 음파의 각도 내의 모든 격자의 가중치 값을 증가시키는 것이 아니라 하나만 3을 증가시키고 현재 로봇 위치에서 장애물 내의 직선거리에 있는 격자들의 가중치를 1씩 감소시키는 방법을 사용하였다. 하나의 격자 내의 가중치의 최대값은 15이고 최소값은 0이다.

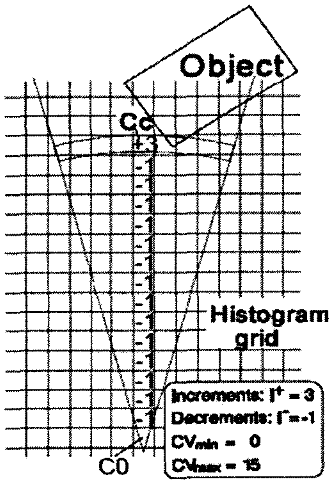


그림 4. 맵빌딩 알고리즘

그리고 더욱 더 정확성을 기하기 위해 3×3 마스크를 사용하였다. 마스크를 사용한 후 현재 격자 주변의 값들을 모두 더해서 현재 격자의 가중치를 결정하였다.

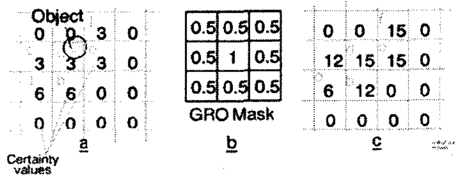


그림 5. 마스크

#### 3.1.3 장애물의 맵핑(Mapping)

우선 로봇은 몸통을 좌우 50도씩 돌리면서 스캔을 하게 된다. 좌로 몇도 정도 몸통이 틀어진 상태에서 장애물이 발견되더라도 실제 로봇은 정면에 있는 것으로 인지하게 된다. 그렇기 때문에 현재 로봇의 위치, 각도, 몸통 각도를 고려한 맵핑 작업이 필요하게 된다. 실제 장애물의 위치를 알기 위해서는 우선 로봇의 단위 벡터가 필요한데 우리는 OpenGL의 좌표상 (0, -1)로 잡았다. 이 단위 벡터를 이용해서 로봇의 방향 벡터를 구해야 되는데 이는 단위벡터를 (현재 로봇의 각도 + 몸통의 각도) 만큼 회전시키면 쉽게 구할 수 있다. 우리가 최종적으로 구하려는 장애물의 위치는 (로봇의 방향 벡터 × 로봇이 감지한 거리 + 로봇의 좌표)로 구하면 된다.

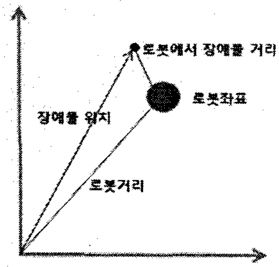


그림 6. 장애물 매핑

### 3.2 최단 경로 찾기

#### 3.2.1 A* 알고리즘

A* 알고리즘은 1968년에 만들어진 것으로 AI 분야에서 나온 알고리즘이다. AI 분야에서는 이 알고리즘을 길 찾기 뿐만 아니라 퍼즐 문제와 같은 다른 여러 가지 문제를 해결하는데 사용해 왔다. A* 알고리즘 외에도 길 찾기 알고리즘에는 여러 가지 종류가 있으나 A* 만큼 범용적이면서 효율적인 알고리즘은 없다. A* 알고리즘은 다른 알고리즘과는 달리 두 지점을 잇는 최단 경로를 상당히 빠르게 찾아낼 수 있다는 점에서 다른 알고리즘과 차별화 된다. 따라서 우리는 길 찾기에 A* 알고리즘을 사용하였다.

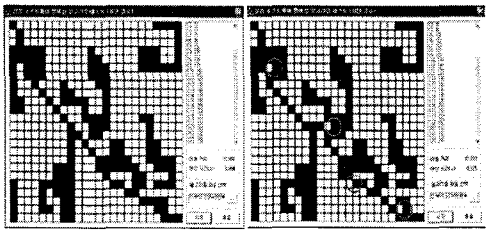

그림7. 최단 경로 찾기 시뮬레이션

로봇이 길 찾기를 할 때 가장 고려해야 할 부분이 바로 로봇의 크기를 고려한 길 찾기이다. 위의 그림을 보면 좌측은 로봇의 크기를 고려하지 않는 길 찾기이고 우측은 로봇의 크기가 하나의 격자 크기라고 가정한 상태에서 길 찾기를 하였다. 이는 A* 알고리즘에서 평가함수를 이용해서 노드를 확장시킬 때 조건에 부합한 노드들만 확장시키면서 문제를 해결하였다.

## IV. 맵 빌딩 및 길찾기 시험결과

일단 로봇이 시작 위치에서 스캔을 한 후에 좌로 10cm 이동 후 다시 스캔을 하는 형태를 4-5회 반복하여 진행하였다. 로봇의 크기는 대략 30cm 정도로 잡았고 맵의 한 칸의 크기는 50cm이다.

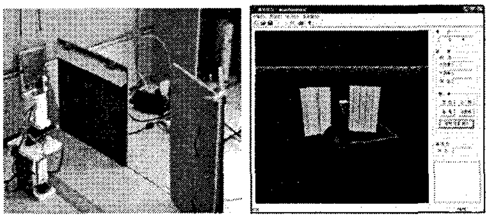

그림 8. 로봇보다 통로가 작은 경우

위 그림에서 장애물들 간의 사이는 로봇이 지나갈 수 없는 공간이다. 따라서 최단 경로 찾기를 할 경우 오른 쪽으로 우회를 하도록 경로가 설정되었다. 그리고 시험결과는 성공적이었으며 비교적 정확하게 장애물들이 그려져 있는 모습을 볼 수 있을 것이다.

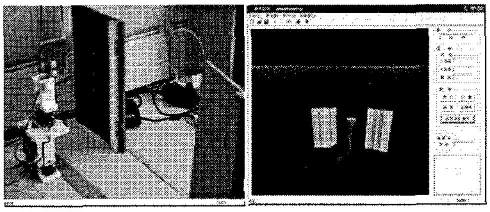

그림 9. 로봇보다 통로가 넓은 경우

## V. 결론

지금까지 초음파 센서를 이용한 이족 보행 로봇의 경로 계획을 위한 맵 빌딩의 구현에 대해서 살펴보았다. 초음파 센서의 특징상 많은 오차들이 발생하기 때문에 이를 최소화하기 위한 방법이 맵 빌딩의 핵심이라고 생각한다. 이를 위한 방법으로 적외선 센서를 이용하여 오차값을 보정하는 방법을 사용하였다. 물론 여기서 사용하는 방법이 오차들을 많이 줄이긴 했지만 완벽히 줄이지는 못하였다. 앞으로 더 많은 시행착오와 연구를 더 한다면 보다 더 정확하고 세밀한 맵 빌딩이 가능할 것이라고 본다.

## 참고문헌

[1] 차재환, "비전과 초음파 센서를 이용한 맵 빌딩", 전남대학교 대학원 석사논문, 2005.2
[2] 최병준, 김수일, "자율 이동로봇을 위한 초음파 센서 응용기술", ICASE MAGAZINE, Vol.8. pp.31-42, 2002
[3] 김응태, 박승안, "선형대수학", 경문사
[4] 윤정원, 홍석교, "초음파센서와 적외선 센서를 갖는 이동 로봇의 벽면 따르기", 한국자동제어학술회논문집, pp.423-426, 2000