

초음파 센서를 이용한 이동로봇의 경로 계획

Path Planing for a Moving Robot using Ultra Sonic Sensors

차 경 환*, 신 현 실*, 황 기 현*

Kyung-Hwan Cha*, Hyun-Shil Shin*, Gi-Hyun Hwang*

요 약

로봇이 미지의 환경에서 주위의 정보를 추출하여 인식하기 위해 비전 센서, 적외선 센서, 초음파 센서 등을 이용해 주변 정보를 얻는다. 그 중 가장 많이 사용되고 있는 비전 센서는 빛에 대한 간섭에 민감하여 어두운 곳이나 밝은 곳에서는 데이터 추출이 어려우며, 표시된 마크나 직선 성분 및 곡선의 이미지를 통해 데이터를 추출함에 있어 많은 계산을 요구한다.

반면 초음파 센서는 비전 시스템의 단점을 극복하고 쉽게 사용할 수 있는 센서이다. 특히 어두운 곳의 물체 정보 및 거리 정보를 얻을 수 있고 비전 시스템보다 사용하기 간단하다. 본 논문에서는 초음파 빔의 왜곡 및 산란의 특성을 고려하여 부정확 정보에 대한 오차를 줄여 환경 인식, 경로 계획 및 자율 주행의 극대화를 시키기 위한 알고리즘을 연구 및 개발한다. 그리고 알고리즘을 실제 이동 로봇에 적용하여 경로 계획 및 환경 인식이 가능한 시스템을 구현한다.

Abstract

Robot collects surrounding information to recognize the unknown environment by using various sensors such as visual, infrared ray and ultra sonic sensors. Although visual sensor is the most popular one, it has some difficulties in collecting data in dark or too bright environment due to sensitivity of the light. It also requests significant amount of calculation on collecting data from certain images with marked, straight and curved ones. As an alternative, ultra sonic sensor can simply overcome this visual sensing system's flaw and easily be used. It is easier than visual system, especially in case of collecting data on object and distance in dark environment.

Ultra sonic sensor can replace the expensive visual sensing system not only in avoiding obstacles but also in reaching to the target area smoothly. The purpose of this paper is to develop the algorithm to optimize the environmental recognition, path planning and free-ranging by minimizing errors caused by inaccurate information and by considering characteristics of the ultra sonic rays such as refraction and diffusion. This paper also realizes the system that can recognize the environment and make the appropriate path planning by applying the algorithm on this moving robot.

Keywords : path planning, free-ranging, Ultra sonic sensor, encoder

I. 서 론

작업의 형태가 복잡해지고 다양해짐에 따라 인간의 힘으로는 효율적인 작업 수행이 힘들어지고 있다. 인간이 직접 갈 수 없거나 위험한 장소에서는 로봇이 인간을 대신하여

작업하는 로봇들이 개발되고 있다. 이전에는 고정되어 단순한 작업을 수행하는 로봇이 대부분이었지만 현재는 상황에 따라 로봇이 이동을 하면서 스스로 주위 환경 및 위치를 인식하여 작업하는 이동 로봇에 관한 연구가 활발하다. 이동 로봇의 환경 인식은 크게 위치 인식 및 장애물 인식으로 나눌 수 있다. 위치 인식은 주변 환경과 구분이 쉽고, 미리 정해진 장소에 마크를 하여 이를 인식하여 위치를 결정하는 방법으로 인위적 표식을 설치해야하는 불편함과 한정된 장소에서만 사용함으로 한계성이 있다. 하지만 장애물 인식은 이동시 센서로부터 추출한 정보들로 환경을 인식하는 방법으로 인위적인 행동 없이도 미지의 환경에서 주행

*동서대학교 컴퓨터 정보 공학부

논문 번호 : 2006-2-26 접수 일자 : 2006. 4. 22

심사 완료 : 2006. 11. 21

※본 연구는 산업자원부의 지역혁신인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

이 가능하게 한다.

여기서 장애물 회피 방법은 크게 Global 방법과 Local 방법으로 나누어진다. Global 방법은 로봇이 동작하는 환경에 대한 정보를 가지며 시작 위치에서 목표 위치까지 전체적인 경로를 계산할 수 있으나 추출한 정보를 전체적으로 계산함으로 주행 및 처리 속도가 늦어지는 단점이 있다[1][2].

그리고 Local 방법은 단지 로봇이 이동함에 있어서 동작 범위의 일부분만을 고려하여 계산함으로 처리 속도 및 반응 속도가 빠르다. 하지만 Global 방법처럼 정확한 전체적인 해를 구하지 못하는 단점이 있다. 이 두 가지 방법의 장·단점을 고려하여 최적 경로 설계의 해를 구할 수 있다.

주위 환경을 인지하고 장애물을 회피하면서 목표지점까지 주행을 위해 장애물에 대한 정보를 기록해야 하는데, 이를 지도 작성이라 하며, 이동에 관한 정보를 제공해야 하므로 이동 로봇에 꼭 필요한 요소이다. 이를 위해 구동부에 초음파 센서를 장착하여 주위 환경 및 장애물을 인지하고 구동부와 초음파 센서를 제어하는 마이크로프로세서를 이용해 격자 지도(Grid Map)를 생성한다.

지도 생성 방식 중 격자 지도 방식은 적외선 및 초음파 등의 근접 센서들을 이용하여 장애물 존재 유무에 대한 정보를 격자로 표시하여 이동 정보를 제공하는 방식으로써 즉각적인 지도의 정보 수정과 불확실한 센서의 정보로도 물체의 존재 유무를 효율적으로 표시할 수 있는 장점이 있다.

하지만 초음파 센서의 특성상 부정확하게 측정된 데이터로 지도를 생성하는 경우가 있어 잘못된 정보를 제공할 수 있다. 그래서 센서의 부정확함과 잘못 작성된 지도 작성을 고려하여 환경 인식, 경로 계획(Path Planning) 및 자율 주행(Free-Ranging)을 위한 알고리즘을 개발한다. 그리고 실내 환경에서 장애물을 회피할 수 있는 주행 경로를 생성하여 이동 로봇이 주행하도록 하여 초음파 센서 측정의 정밀성과 주위 환경 인식도를 실험한다.

II. 제어 시스템

1. 제어 시스템 구성

1) 하드웨어 및 구동부 구성

이동로봇의 구동부 구성은 그림 1처럼 휠 제어와 초음파 센서의 제어를 위해 RISC구조인 8bit 프로세서를 사용하였다. 이 프로세서는 초음파 센서로부터 추출한 데이터의 정보로 주위 환경에 관한 정보를 가지게 된다. 사용자가 직접 주위 환경의 데이터를 주거나 혹은 스스로 이동하면서 환경의 데이터를 제공할 수 있으며, 스스로 이동시 직접 데이터를 제공하는 것보다 반응 속도가 느려진다. 이는 추출한 데이터를 이용해 프로세서에서 직접 격자 지도를 생성하는 알고리즘 부분을 수행하기 때문이다.

그리고 주위 정보에 의해 이동을 하기 위해 모터를 제어 하였으며 로봇의 이동 거리 측정을 위해 2채널 엔코더가 장착된 모델의 DC모터를 사용하여 위치를 알 수 있게 하였다.

2) 구동부의 초음파와 센서 위치 설정

초음파 센서는 물체까지의 거리를 측정하고 장애물의 존재 유무에 대한 직접적인 정보를 주기 때문에 자율 주행 로봇에 많이 이용되고 있으며, 광학 센서에서 포착 할 수 없는 환경 속에서 장거리에 있는 물체를 측정하는 경우에도 유용하게 활용 되어 지고 있다.

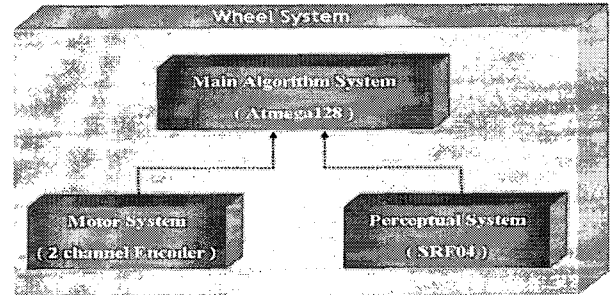


그림 1. 시스템 블록도

Fig. 1. Block Diagram of System

표 1. 이동로봇의 재원

Table 1. Moving robot model parameter

재 원	특 정
Length	520 [mm]
Width	450 [mm]
Height	1600 [mm]
Weight	14 [kg]
구동부 제어프로세서	ATMEL ATMega128
시뮬레이션 환경	PXA255(ARM10 Core) Embedded Linux 개발보드 / TFT-LCD
초음파 센서 / 개수	SRF04 / 7개
속 도	1m/s
모터 사양	IG42GMW / ENCODER

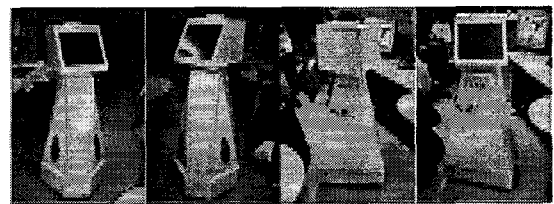


그림 2. 이동로봇

Fig. 2. The Moving robot

구동부의 형태와 초음파 빔 패턴을 고려하여 최소의 센서를 이용하기 위해 빔 패턴의 패턴에 따라 센서의 위치 설정이 중요시 된다. 그림 3는 빔의 패턴을 나타내고 있다. 초음파의 빔 패턴의 범위 및 센서간의 송·수신 간섭을 피하기 위해 일정 간격을 유지해야 하며 후방을 제외한 전체적인 물체를 인지하기 위해 그림 4처럼 7개의 센서를 사용한다. 초음파 센서는 초음파 트랜듀서에서 초음파 빔을 발사 후 물체에 부딪혀 에코된 빔의 시간을 계산하여 거리를 측정하는 원리이기 때문에 거리가 멀수록 빔의 패턴은 더

넓은 범위의 물체까지 인지하게 되어 돌아오게 된다. 에코 된 빔은 수신부에서 인지하기 때문에 근접한 센서의 수신 부에서 오동작을 유발하여 잘못된 데이터를 생성할 수가 있다. 이를 방지하기 위해 센서의 빔 패턴을 고려하여 센서의 위치를 설정한다.

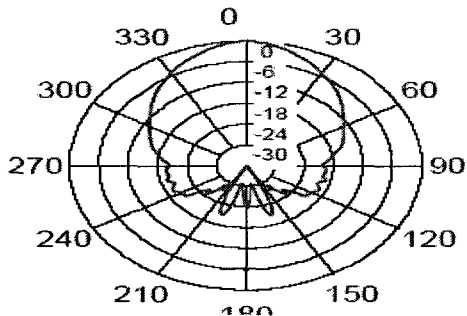


그림 3. 빔 패턴
Fig. 3. Beam Pattern

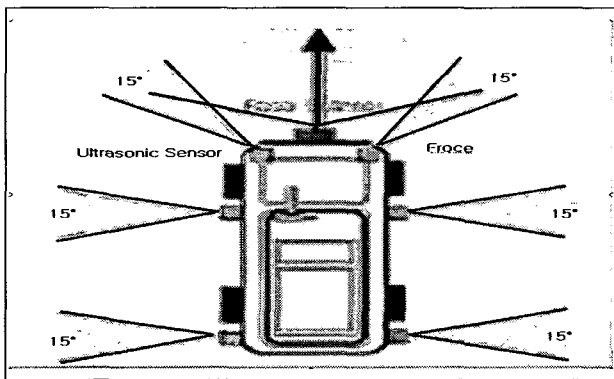


그림 4. 구동부
Fig. 4. Driving part

장애물에 대한 거리는 센서의 결점인 방향 부정확성, 반사각 민감성, 외란성 등의 민감도에 대한 정확성 문제가 존재한다. 초음파 센서는 측정거리가 최대 3m까지 가능하지만 방향 부정확성과 외란성을 고려하여 1m 내외로 제한하였다. 이는 측정 거리가 짧아지면 초음파 센서의 음향 빔 폭의 거리가 작아지므로 오차가 그 만큼 줄어들기 때문이다.

3) 장애물 회피 알고리즘

초음파 센서를 이용한 장애물 회피 알고리즘은 크게 과거 센서 데이터의 사용 유무에 따라 현재 들어온 데이터만을 사용하여 회피하는 반사 제어와 과거의 데이터를 모두 사용하는 반응 제어로 나눌 수 있다. 반사 제어의 경우 단순히 센서의 위치와 거리 정보만을 사용하기 때문에 계산이 적고, 외부의 변화에 대한 반응이 빠르지만 경로 계획에 적용할 수 없는 단점이 있다. 따라서 반사 제어는 현재의 데이터만을 사용하기 때문에 환경지도를 가지지 않는다. 이에 비하여 반응 제어는 현재의 센서 데이터뿐만 아니라 과거의 센서 데이터도 함께 사용하므로 계산이 많아지며 환경지도를 저장해야 하는 단점을 가진다. 하지만 이를 통하

여 바로 장애물 회피뿐만 아니라 경로를 생성 및 추정할 수 있는 장점을 가진다.

따라서 이동 로봇이 경로를 가지고 목표점까지 이동할 수 있는 반응 제어 장애물 회피 방법인 벡터 필드 히스토그램(Vector Field Histogram, VFH)을 변형하여 반응 제어와 반사 제어를 통해 알고리즘을 개발한다. 벡터 필드 히스토그램은 이동 로봇을 중심으로 일정한 크기의 활성 윈도우를 씌움으로써 각 각도에 대한 확실성 값의 히스토그램을 계산하여 장애물 회피를 수행한다. 히스토그램 격자에 초음파 센서의 거리 값을 좌표변환을 통하여 할당된 확실성 값을 이동로봇 중심(vehicle center point, VCP)에 활성윈도우를 씌워 각 방향 히스토그램 H를 아래의 식과 같이 구한다. 히스토그램 격자 활성화 윈도우 작성은 그림 5와 같이 나타 낼 수 있다.

$$B_{i,j} = \tan^{-1} \left(\frac{y_j - y_0}{x_i - x_0} \right) \quad (1)$$

$$m_{i,j} = (c^*_{i,j})^2 (a - b d_{i,j}) \quad (2)$$

$$h = \sum m_{i,j} \quad (3)$$

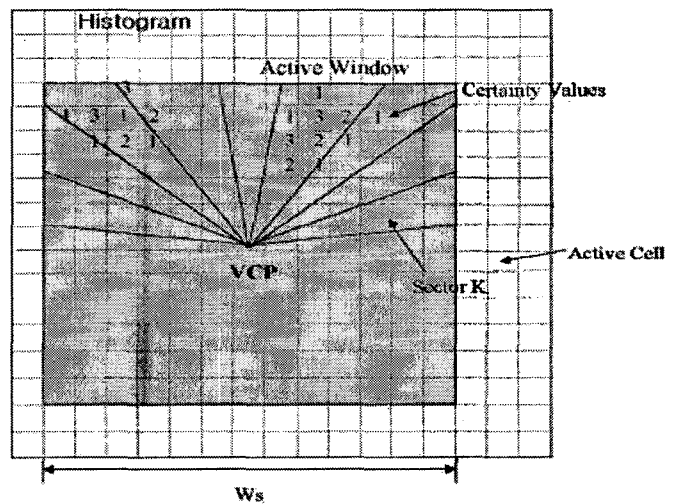


그림 5. 히스토그램 격자 활성화 윈도우
Fig. 5. Histogram for grid active window

여기서 i, j 는 이동 로봇의 중심 (x_0, y_0) 에서 각 히스토그램 격자의 위치 (x_i, y_j) 와의 각도를 나타낸다. $m_{i,j}$ 는 장애물의 위치 벡터의 크기를 나타내며, $c^*_{i,j}$ 는 활성 셀의 확실성 값을 $d_{i,j}$ 는 이동 로봇 중심에서 활성 셀까지의 거리를 나타낸다. 이를 단위 각도로 나누어 합한 값을 방향 장애물 밀도값 h 라 한다. 방향 히스토그램 H는 임의의 단위 각도 분해도로 나누어 계산될 수 있는데, 식(4)와 같이 양자화 하여 각 섹터를 식(5)와 같이 계산한다.

$$n = 360/a \quad (4)$$

$$K = INT(b_{i,j}/a) \quad (5)$$

여기서 함수 INT(a)는 a의 값을 반올림한 정수값을 나타낸다. 각 섹터 k에 해당하는 방향 장애물 밀도값 h_k 는 식(6)과 같다.

$$h_k = \sum_k m_{i,j} \quad (6)$$

확실성 값을 증가시키기 위해 1씩 증가하도록 하였으며, 활성 윈도우의 크기 W_s 는 이동로봇의 크기와 장애물 회피의 거리를 고려하여 60[pixel]×60[pixel]로 정하여 이동로봇을 중심으로 1.5[m]의 거리에 존재하는 장애물을 감지하여 이동로봇의 헤딩 각도를 결정하도록 하였다. 또한 활성 윈도우의 각 섹터는 5°씩 총 72개의 섹터를 가지도록 설계하였다. 히스토그램 격자의 이산적인 성질 때문에 이동로봇의 헤딩 각도를 결정하는데 있어서 오차를 유발할 수 있다. 따라서 이런 오차를 줄이기 위해 식(7)과 같은 평활화 함수(smoothing function)에 평활각도를 45도로 잡고 l을 5로 하여 계산하면 그림 6과 같이 표현된다.

$$h_k = \frac{h_{k-1} + 2h_{k-l-1} + \dots + 2h_{k+l-1} + h_{k+1}}{2l+1} \quad (7)$$

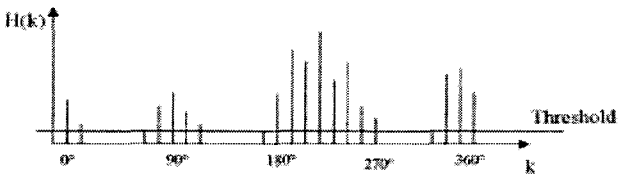


그림 6. 방향 히스토그램
Fig. Histogram of direction

2. 초음파 센서를 이용한 격자 지도 생성

로봇의 자율 주행은 센서 정보로부터 환경에 대한 맵을 형성하는 단계를 기본으로 하여 장애물과 이동 거리 및 방향을 결정한다. 이동시 장애물 회피, 목표점까지 도달하기 위한 경로 계획이 필요하다. 로봇을 원하는 위치까지 이동시키기 위한 지도 생성, 회피 및 경로 계획에 관한 내용을 다룬다.

1) 격자 지도

근접 센서의 거리 정보 획득 오차로 인하여 지도를 작성하는데 많은 어려움이 뒤따른다. 반면 격자를 바탕으로 한 지도는 주변 환경에 대한 구성의 제약 없이 이동로봇의 작업 공간을 $m \times n$ 크기의 2차원 평면으로 가정하고 전체공간을 일정한 형태의 격자 집합으로 표현한 후, 각 격자

에 장애물 유무의 가능성 정도를 나타내는 확실성 값(CV: Certainty Value)을 할당하여 주변 환경을 표현하는 지도이다. 따라서 주변 환경에 대한 정보를 바둑판 모양의 격자 지도에 그려 넣음으로써, 근접 센서의 거리 정보 획득 오차로 인한 오차를 격자의 크기만큼 보상할 수 있는 장점을 가진다.

2) 확률이론을 이용한 센서 모델링

초음파 센서의 모델링은 Elfes에 도입된 확률이론에 근거한 모델링이 있으며 이를 바탕으로 다양한 방법이 제시되어 있다. 이 경우 초음파 센서가 부착되어 있는 전 방향으로 좌표 변환을 통하여 확률 밀도 함수를 계산하여 환경 지도를 갱신하여야 하므로 실시간 처리에 어려움이 있다. 이 경우는 주로 장애물 회피를 위한 모델링 보다는 정확한 환경지도 제작의 방법으로 사용된다.

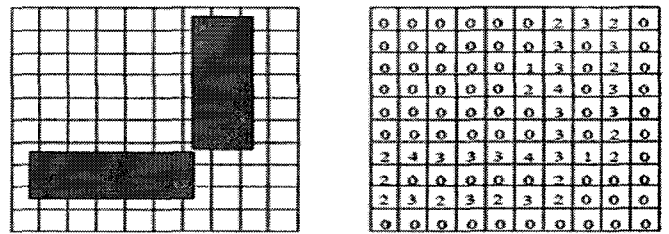


그림 7. 격자 지도 생성
Fig. 7. Creation of grid map

실시간 장애물 회피 주행을 하고자하는 경우에는 장애물의 존재 유무와 거리의 데이터가 중요하고 빠른 처리를 요구하기 때문에 확률 이론을 적용하지 않고 초음파 센서의 거리 데이터만을 이용하여 회피하고, 그 후 격자 지도 생성에 있어서는 HMM(Histogram In-Motion Mapping) 방법을 사용하여, 격자 지도를 생성한다. 이 방법은 다른 방법에 비하여, 각 거리 정보에 대해 histogram grid의 한 격자의 정보만 증가시킨다. 또한 이 histogram 방법은 로봇과 환경 정보가 증가된 격자 사이에 존재하는 격자들의 확실성 값(CV)을 감소시킨다. 또한 내부 샘플링에 의해 발생하는 오차를 보상하기 위하여, 성장률 발생기인 GRO(growth rate operator)가 추가되었다. 만약 바로 옆의 근접한 격자가 높은 격자 확실성 값(CV)을 가지고 있다면 식(8)에 따라 GRO에 의해서 해당 격자는 더 많은 확실성 값을 갖게 된다. 그리고 좀 더 나은 장애물 검출을 위하여 정면 센서에 대해서 보다 옆면 센서에 대해 증가분을 더 주었다. 이 값은 단지 로봇의 옆면에 대해 더 영향을 주기 때문에, 주로 벽면 주행을 할 경우 잘못된 정보가 큰 영향을 주지 못한다. 간단히 말해서, HMM은 장애물에 대한 격자의 높은 확실성 값을 만들고, 잘못된 정보나 장애물의 이동에 의해 증가된 격자의 확실성 값을 낮게 유지시킨다. 무엇보다도, 거리 정보가 즉각적으로 지도에 표현되며, 장애물 표현을 부드럽게 만들어 준다.

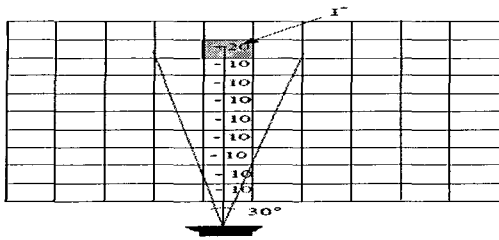


그림 8. HMM 방법에 의한 초음파센서 모델링
Fig. 8. Modeling of ultrasonic sensor using HMM

$$CV_{x,y} = CV_{x,y} + I^+ \quad (8)$$

$$+ \frac{CV_{x-1,y-1} + CV_{x-1,y} + CV_{x-1,y+1} + CV_{x,y-1}}{2}$$

$$+ \frac{CV_{x,y+1} + CV_{x+1,y-1} + CV_{x+1,y} + CV_{x+1,y+1}}{2}$$

CV : Certainty Value

x, y : 격자의 수평, 수직위치

III. 시뮬레이션

1) 시뮬레이션 구성

격자 지도 형성 및 자율 주행의 결과를 위해 구동부를 제어하는 마이크로프로세서와 시뮬레이션을 구현하는 시스템을 별도로 구성하였다.

로봇의 이동성 및 부피를 고려하여 PC기반을 극복하고자 시뮬레이션 시스템은 ARM10 코어가 내장된 보드를 이용하였고, 임베디드 리눅스(Embedded Linux)를 이용하였다.

구동부 시스템과 시뮬레이션 시스템간의 데이터 통신은 RS-232로 통신한다. 구동부에서는 위에서 제시한 격자 지도 생성 알고리즘에 따라 초음파 센서로 추출한 정보를 시뮬레이션 시스템에게 전송해주며 정해진 프로토콜의 값에 따라 시뮬레이션을 나타낸다. 시뮬레이션의 GUI 환경을 구축하기 위해 Gtk+를 기반으로 하여 실험하였다.

2) 시뮬레이션 환경

시뮬레이션 환경은 200X250의 셀 개수를 가지며 셀의 크기는 거리 측정을 1m로 한정하고 있기 때문에 가로 X 세로를 각각 10cm로 규정하였다. 따라서 전체 작업공간은 20mX25m이며, 작업공간은 직각 및 직선으로 된 가상의 작업공간을 사용하였다. 이동로봇의 주행속도를 1m/s, 초음파 센서 샘플링 시간을 0.5s로 하고 주행하였다.

3) 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 결과는 그림 9와 같으며, 그림에서 직각 모서리에 대한 셀들이 보이지 않는 것은 셀의 농도는 확실성에 따라 표시하였으며 임계치 값을 두어 정확하지 않은 셀들의 성분은 나타나지 않았기 때문이다. 그리고 초음파 센서는 단순히 물체의 외부의 정보를 나타내는데 반해 배

열의 마스크를 이용해 근접한 셀에 물체의 정보가 있을시 인접 셀에 대한 상태도 나타내었다. 그리고 초음파 센서의 측정범위인 1m를 초과하는 값은 무의미한 값으로 무시하였다. 실제 로봇의 직선 이동시 장애물을 확실히 인지하고 있으나 직각 및 모서리의 정보를 정확히 나타내지 못하였으며, 그림 10과 같이 각 코너에서 방향 설정 및 거리 측정에서 오차를 나타내었다. 이것은 정확한 장애물의 형태 정보를 추출하기 보다는 장애물의 위치와 거리 정보를 이용하였기 때문에 직각 및 모서리 주행에서 이동 경로의 오차가 생겼다. 이를 극복하기 위한 대안으로 영상을 통해 물체의 형상 정보를 추출하여 극복할 수 있다.

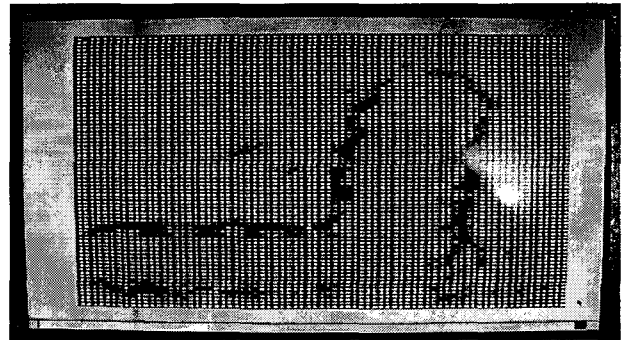


그림 9. 격자지도 생성 및 장애물 회피 시뮬레이션
Fig. 9. Creation of grid map and simulation of avoidance with an obstacle

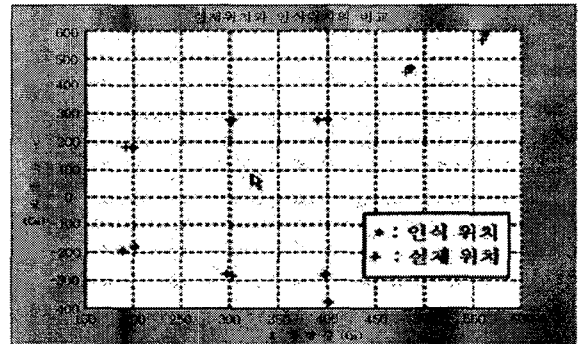


그림 10. 로봇의 실제 이동위치와 인식위치간의 오차
Fig. 10. The difference between robot's actual moving position and recognition position

IV. 결론

간단히 사용할 수 있는 초음파 센서를 이용하여 미지의 환경에 대한 데이터를 통해 이동 로봇의 장애물 회피 및 격자 지도를 생성하여 목표점까지 주행하는 방법을 제안하였다. 주행 거리를 엔코더 값으로 계산하여 위치를 인식할 수 있었고, 초음파 센서를 이용하여 격자 지도 생성과 경로 계획을 할 수 있었다.

환경 인식 및 장애물 회피를 위해 이동 로봇이 목표 위치에 도착할 때까지 초음파 센서를 이용하여 주위 환경의

데이터를 추출하여 장애물 회피를 수행하는 경우, 외란에 민감하고 센서 자체의 물리적 특성으로 인해 오차가 발생하지만 위에서 제시한 확률 이론 및 격자 지도 생성의 과정을 통해 감소시켰다. 초음파의 특성상 반사파의 신뢰성이 낮아 정확한 정보를 얻기가 쉽지 않았지만 제시한 방법을 이용함으로써 가능하였고, 개발한 알고리즘을 로봇 시스템에 적용하여 로봇의 경로 계획을 실험하는데 성공하였다.

곡선 및 직각 모서리의 정보에 대해서 초음파 센서로는 해결이 되지 않아 정확한 지도를 생성하지 못하였지만 연구 중인 비전 시스템을 통해 해당 데이터를 추출하여 부족한 정보를 해결 할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] V. Kulyukin and M. Blair, "Distributed Tracking and Guidance in Indoor Environments," in Conference of the Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America (RESNA-2003), Atlanta, GA, June 2003.
- [2] D. Ross and B. Blasch, "Development of a Wearable Computer Orientation System," IEEE Personal and Ubiquitous Computing, vol. 6, pp. 49 - 63, 2002.
- [3] H Choset, K. Nagatani and N. A. Lazar, "The Arc-Transversal Median Algorithm: A Geometric Approach to Increasing Ultrasonic Sensor Azimuth Accuracy", IEEE Trans. Robot Automat., vol. 19, pp. 513 - 522, 2003
- [4] S. Thrun, *Robotic Mapping: A Survey*, Exploring Artificial Intelligence in the New Millennium, Morgan Kauffman, 2002
- [5] 김 덕 곤 , 2001, "초음파 센서를 이용한 이동로봇용 환경 인식 시스템 개발에 관한 연구" , 석사학위논문 , 한 국 해 양 대 학 교 대 학 원
- [6] Sang-Gyum KIm, Woon-Sung Lee, Jung-Ha Kim, "Research of the Unmanned Control and Modelling for Lane Tracking and Obstacle Avoidance" ICCAS 2003, pp. 932-937, October 22-25, 2003.
- [7] J. Borenstein, Y. Koren "The Vector Field Histogram Fast Obstacle Avoidance for Mobile Robotics," IEEE Journal of Robotics and Automation, vol. 7, No 3, pp. 277-278, June, 1991.
- [8] J. Borenstein, Y. Koren, "Histogram In-Motion for Mobile Robotics Obstacle Avoidance", IEEE Journal of Robotics and Automation, vol 7, No 4, pp. 535 - 539, 2003, June, 1991.



차 경 환 (Kyung-Hwan Cha)

1985년 부경대학교 전자통신공학과(공학사)
1990년 부경대학교 전자통신공학과(공학석사)
2006년 부경대학교 전자공학과(공학박사)

1990년-1995년 LG전자 LS연구소 주임연구원
1995년 - 현재 동서대학교 컴퓨터정보공학부 부교수

유비쿼터스 어플라이언스 지역혁신센터 소장

관심분야 : 임베디드 시스템, 스마트 홈 시스템



신 현 실 (Hyun-Shil Shin)

2003.2 동서대학교 컴퓨터공학과(학사)
2005.2 동서대학교 컴퓨터 네트워크학과(석사)
2006. 동서대학교 유비쿼터스 IT학과(박사과정)

관심분야 : 가상현실(VR space), 홈 네트워크 시스템



황 기 현 (Gi-Hyun Hwang)

1996년 부산대학교 전기공학과 석사 졸업.
2000년 부산대학교 전기공학과 박사 졸업.
2003년 동서대학교 컴퓨터정보 공학부 조 교수

관심분야 : RFID, 임베디드, 영상처리