

초음파 센서 오차 감소를 위한 실내 환경의 거리 자료 분석

임병현^{*}, 고낙용^{**}, 황종선^{***}, 김영민^{****}, 박현철^{****}

^{*} 조선대 대학원 제어계측공학과, ^{**}조선대 제어계측공학과 ^{***}담양대학, ^{****}전북과학대학

Distance Data Analysis of Indoor Environment for Ultrasonic Sensor Error Decrease

Byung-Hyun LIM^{*}, Nak-Yong KO^{**}, Jong-Sun Hwang^{***}, Yeong-Min Kim^{****}, Hyun-Chul Park^{****}

^{**}Dept. of Control & Instrumentation Eng. Chosun Univ.

^{***}Provincial College of Damyang. ^{****}Chonbuk Science College

Abstract

When a mobile robot moves around autonomously without man-made corrupted by landmarks, it is essential to recognize the placement of surrounding objects especially for self localization, obstacle avoidance, and target classification and localization. To recognize the environment we use many Kinds of sensors, such as ultrasonic sensors, laser range finder, CCD camera, and so on. Among the sensors, ultra sonic sensors(sonar)are unexpensive and easy to use. In this paper, we analyze the sonar data and propose a method to recognize features of indoor environment. It is supposed that the environments are consisted of features of planes, edges, and corners, For the analysis, sonar data of plane, edge, and corner are accumulated for several given ranges. The data are filtered to eliminate some noise using the Kalman filter algorithm. Then, the data for each feature are compared each other to extract the character is ties of each feature. We demonstrate the applicability of the proposed method using the sonar data obtained form a sonar transducer rotating and scanning the range information around a indoor environment.

Key Words : Sonar, Ultrasonic Sensor, Kalman Filter, Mobile Robot, Target Classification

1. 서 론

일반적인 자율이동로봇 (Autonomous Mobile Robot)은 우주 탐사, 원자력 시설, 유독한 환경에서의 작업, 심해저 탐사 등의 인간이 수행하기 어려운 위험한 상황에서의 작업에 대한 수요가 증가하면서 그 필요성이 점차 인식되고 있다. 효과적인 주변 환경 인식 및 자율 주행로봇의 위치 결정을 위해 반드시 수반되어야 할 것 중의 하나가 센서 시스템이다.[5] 현재 사용되고 있는 센서 및 센서 시스템으로는 적외선센서, 광센서, 엔코더, 타코미터, 비전센서, 레이저센서, 초음파센서 등이 있으며 환경에 따라 적절한 센서를 선정해야 한다. 주변 환경을 인식하

는데 사용되기에 적합한 센서로는 기본 구조가 간단하고 실시간 처리를 하기에 손쉬운 초음파 센서가 기본적인 센서로 쓰이기에 적합하지만 각도에 있어서 나타나는 부정확성, 다중반사(Multiple Reflections)에 의한 오차를 개선해 주어야 하는 문제가 있다. 이동 로봇의 실내 주행에서의 SONAR를 이용한 목표물 인식에는 각각의 SONAR에서 수신되는 TOF (Time Of Flight)의 차이를 이용하여 SONAR 배열과 목표물간의 기하학적 관계를 분석한다. 링 형태의 어레이를 구성하여 사용하기 위해서는 먼저 한 개의 초음파 센서를 이용하여 측정거리의 정보 분석을 통해 적절한 배치 형태를 취해야

한다. [1][2][3]

본 논문에서는 한 개의 초음파 센서를 가지고 SONAR 시스템을 구성, 실내 환경을 몇 가지로 구분하고 환경 모델별로 물체를 스캐닝(Scanning)하여 측정거리 데이터를 통한 정보를 비교, 분석한다. 또한 데이터의 비교 분석을 통해 얻어진 출력 패턴을 가지고 환경 인식 알고리즘을 개발한다.

2. 초음파 센서 정보 비교 및 환경 인식

2.1 초음파 센서

초음파 센서(Ultrasonic sensor)란 음향 에너지 중에서 20kHz 전후 이상의 음향 에너지의 검출 소자이다. 초음파 센서는 초음파 대역의 펄스를 발신하는 트랜스미터(Transmitter)와 측정 대상이 되는 물체에 반사되어 들어오는 Echo를 감지하여 전기적인 신호로 바꾸어주는 리시버(Receiver)로 구성된다. 송신기에서 전파된 음파가 물체와 만나면 반사파가 생긴다. 반사파는 수신기에 의해 검출이 되는데 수신기 측에 일정한 문턱값(Threshold level)을 가진 신호가 들어올 때까지의 시간으로 TOF를 결정한다.

2.2 대표적인 환경 모델

일반적으로 이동 로봇의 활동 범위가 되는 건물의 실내 공간은 평면으로 이루어진 벽과, 그 벽들이 서로 직각으로 만나서 이루어지는 구조로 되어 있다. 1987년 Roman Kuc에 의해 정의된 인식 대상이 되는 3가지 종류의 목표물 즉, 평면(plane), Corner, Edge의 구분은 최소한의 분류로 대부분의 실내 공간의 형상을 구성해 낼 수 있다는 점에서 SONAR를 이용한 대부분의 목표물 인식분야, 이동로봇의 자기 위치 인식 등의 분야에서 사용되고 있다.

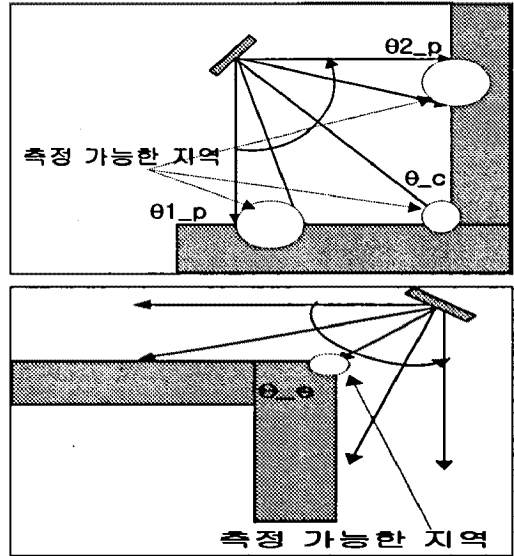
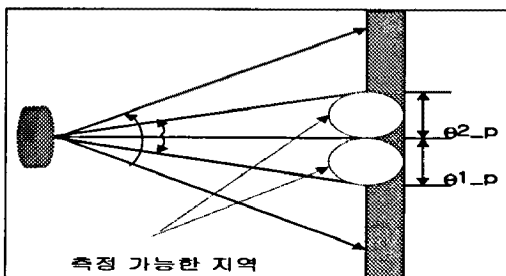


그림 1. 환경 모델의 측정 범위 및 오차

Fig. 1. Measurement Range & Error

2.3 데이터 출력 형태 분석

본 연구에서는 3가지의 종류의 목표물을 인식하는데 필요한 최소한의 각도인 90. 를 3.6. 간격, 40cm의 거리에서 스캔하여 각각의 Step에서 수신되는 신호의 변화 패턴을 분석 목표물의 종류와 위치 인식한다. 정확한 측정 범위는 Roman Kuc이 정의한 SONAR 시뮬레이션 모델에서 빔 각도(Acoustic cone)에 대한 식은 다음과 같다.

$$\theta_o = \sin \frac{0.61\lambda}{\alpha} \quad \theta_o : \text{Acoustic cone의 } 1/2$$

λ : 음파의 파장 α : SONAR Transducer의 반경

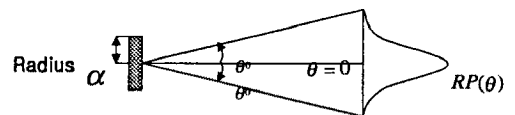


그림 2. 초음파센서의 빔 형태

Fig. 2. The beam pressure pattern for Sonar

각 환경 모델에 대한 측정 범위로 SONAR의 수직 방향에 대해 스캔하여 얻어진 초음파 센서의 신호의 출력 패턴은 다음과 같다.

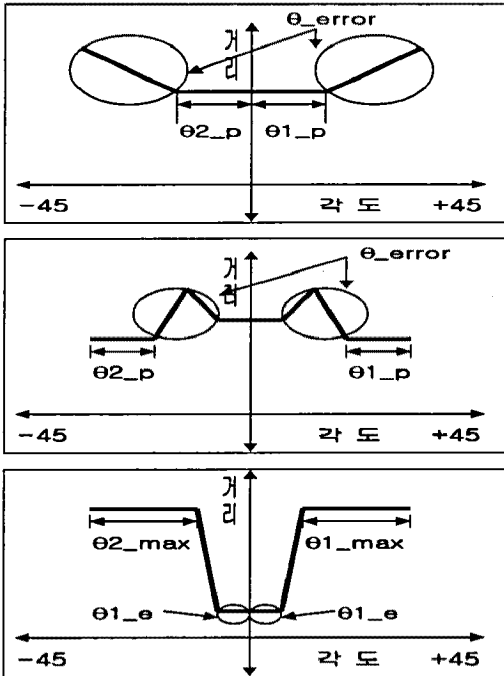


그림 3. 대표 모델의 환경 분석 예측
 Fig. 3. Environment Analysis Prediction

3. 실험 및 고찰

본 연구에서 사용하고자 하는 SONAR는 Polaroid Ultrasonic Sensor Module을 포함하고 있다. 이 모듈은 초음파 대역의 주파수를 발생시키고 이를 트랜스듀서(Transducer)에 전달하여 초음파를 발신, 물체에 반사되어 돌아오는 Echo를 전기적인 신호로 바꾸어 수신하는 역할을 한다. 이 모듈에 트랜스듀서를 접속하고 트리거 신호를 인가하면 49.4KHz의 주파수를 갖는 16개의 펄스가 발신되고 이 펄스가 물체에 반사되어 돌아오면 그 Echo를 감지하는 과정으로 거리 계측을 한다.

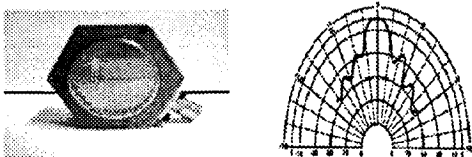


그림 4. 초음파 센서 및 측정 범위
 Fig. 4. Ultrasonic sensor and Sensing Range

표 1. 소나시스템

Table 1. Sonar System

소나 시스템	
Sonar range	Polaroid 모듈을 탑재한 Sonar Ranger Board [Helpmate 사]
PC	펜티엄3 450MHz
Stepping Motor	PK569-NA, 5상 [Oriental 사]
Motor Driver	CSD5814N-P [Oriental 사]
Interface Card	8255
소프트웨어	볼랜드C++, Visual C++

3.1 환경인식을 위한 실험

기본적인 실험환경은 복도의 콘크리트 벽면을 이용했다. 환경 모델에 대하여 수직으로 일정거리의 지점에서 수직면에 +45°에서 -45°범위(총 90°)를 시계반대 방향으로 3.6도씩 스텝 모터를 이용하여 회전하면서 Scanning하여 데이터를 얻었다. 또한 출력 패턴을 확인하기 위하여 30번의 정도의 반복 실험과 거리를 40cm 간격으로 달리하면서 실험을 했다. 평면환경 모델에 대해 수직으로 400mm 떨어진 지점에서 실험을 했다. 아래 그림은 실험을 통해 얻어진 데이터를 바탕으로 작성된 그래프이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 (+)23.4에서 (-)19.8까지의 데이터는 비록 오차는 조금 있지만 물체와의 거리를 정확하게 측정했다.

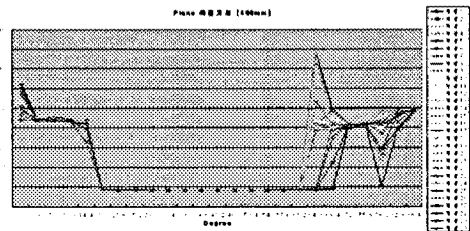


그림 5. 평면 모델의 거리 분석
 Fig. 5. Distance Analysis of Plane Model

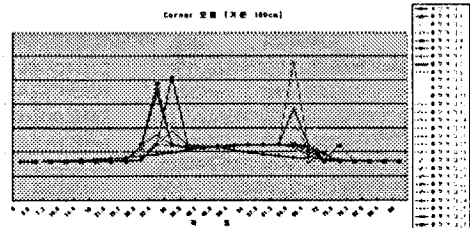


그림 6. 구석 모델의 거리 분석
 Fig. 6. Distance Analysis of Corner Model

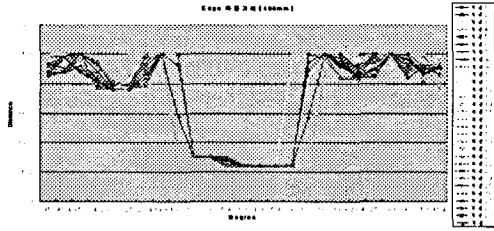


그림 7. 모서리 모델의 거리 분석

Fig. 7. Distance Analysis of Edge Model

3.2 최적의 데이터를 위한 칼만 필터의 적용

최적의 데이터를 얻기 위해 각 각도에 대한 칼만 필터의 적용을 한다. 직선은 모든 데이터의 평균값이며, 한 각도에 대해 칼만필터를 적용해 얻어진 데이터를 가지고 90도 범위의 칼만필터를 적용한 각들에 대해서 칼만필터를 제 적용하고 최종의 데이터를 얻는다. 칼만필터가 적용된 데이터를 알고리즘에 적용 3가지 환경모델에 대한 인식한다.

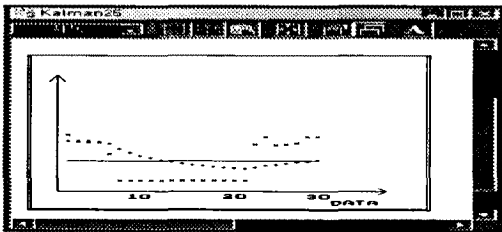


그림 8. 한 환경 모델에 대한 칼만 필터링

Fig. 8. Kalman Filtering of One Model

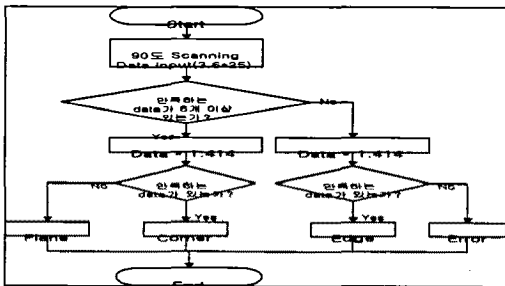


그림 9. 기본적인 환경 인식 알고리즘

Fig. 9. Flow Chart of Environment Recognition

4. 결 론

기존의 연구에서 목표물 종류 및 위치 인식에

SONAR를 두개 이상의 초음파 센서 어레이 형태나 링 형태의 어레이로 구성하여 사용한다. 이런 어레이 형태를 구성하기 위해서는 먼저 한 개의 초음파 센서를 이용하여 측정거리의 정보분석 및 적절한 배치 형태를 파악해야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 한 개의 초음파 센서를 가지고 SONAR 시스템을 구성, 실내 환경을 몇 가지로 구분하고 환경 모델별로 물체를 스캐닝(Scanning)하여 측정거리 데이터를 통한 정보를 비교, 분석했다. 360도 회전이 가능하고 속도 조절이 가능한 한 개의 초음파 센서 시스템을 만들어 환경 모델에 적용하였다.

연구의 핵심이라 할 수 있는 점은 환경모델에 대한 반복적인 실험을 통하여 얻어진 데이터들을 분석하여 실질적으로 초음파 센서 신호를 이용하여 특징적인 패턴을 추출해 낼 수 있었다. 이러한 패턴에 기초하는, 환경 패턴 인식을 위한 알고리즘은 각각의 환경에 대한 적용하여 환경의 패턴을 인식하고 평면·구석·모서리로 인식해내고, 이들의 위치를 파악할 수 있게 되었다. 특히 본 논문은 실험을 통하여 얻어진 데이터들을 분석하여 실질적으로 초음파 센서 신호를 이용하여 실내 환경을 인식할 수 있게 했다는 점이다.

참고문헌

[1] John J. Leonard, Hugh F. Durrant-Whyte : "Directed Sonar Sensing for Mobile Robot Navigation", Kluwer Academic Publishers, 1992.

[2] I. Kleeman and R. Kuc, "An optimal sonar array for target localization and classification", IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, vol. 4, pp.3130-3135, 1994.

[3] Sabatini A, "Active hearing for external imaging based on an ultrasonic transducer array", Proc IROS 1992, Raleigh, pp. 829-836.

[4] Kleeman L and Kuc R, "Mobile robot sonar for target localization and classification", Technical report ISL-9301, Dept Elec. Eng., Yale University 1993.

[5] J. Borenstein, H.R.Everett, and L. Feng : "Where am I?: Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning", Univ. of Michigan, 1996.