
이동로봇을 위한 위치 및 물체인식용 지능형 센서 제어 시스템

정태철* · 박종석** · 현웅근*

An intelligent sensor controller of mobile robot for object recognition in an indoor known environment

Tae Cheol Jeong* · Jong Seok Park** · Woong keun Hyun*

이 논문은 2005년도 “광.전자 부품 산업 인력 양성사업”에 의해 지원 받았음

요 약

본 논문은 이동로봇을 위한 위치 및 물체인식용 지능형 센서 제어 시스템에 대해 기술한다. 개발된 센서시스템은 저가의 광PSD(Position sensitive detector)를 사용하였다. PSD센서는 저가이고, 가볍다는 장점이 있지만 많은 noise를 갖고 있다. 본 논문에서는 이러한 noise를 효과적으로 제거하기 위해 hardware filter와 software filter를 제안한다. 또한 선분기반 map building을 위해 개선된 Hough transform 알고리즘과 이동로봇의 실내 환경에서의 navigation 알고리즘을 제안한다. 개발된 시스템은 실험을 통해 증명하였다.

ABSTRACT

This paper represents an intelligent sensor controller of mobile robot for object recognition in an indoor known environment. A range finder sensor module has been developed by using optic PSD (Position Sensitive Detector) sensor array at a low price. While PSD sensor is cost effective and light weighting, it has switching noise and white noise. To remove these noises, we propose a heuristic filter. For line-based map building, also we proposed advanced Hough transformation and navigation algorithm. Some experiments were illustrated for the validity of the developed system.

키워드

mobile robot, PSD sensor module, Hough transformation, line based map building

1. Introduction

최근 이동로봇은 바닥 청소나 순찰, 안내 등 비산업 분야로의 적용이 활발해지고 있다. 이러한 작업을 하

기 위해서 우선적으로 로봇은 그 지형 환경을 알고 있어야 한다. 주변 환경에 대한 정보를 수집하기 위해 다양한 센서가 이용되고 있다. 그 중 초음파 센서는 측정 방법이 간단하고 시스템의 구성이 단순하며 가격이 저

* 호남대학교
** 코리아디지털

렵하다는 등의 장점 때문에 특히 많이 사용되고 있다. 하지만, 조사 범위가 넓어 주변 환경 및 장애물을 정밀하게 계측하기가 어렵고 음파를 사용하므로, 코너, 모서리 등에서는 반사 음으로 인하여 실제 거리보다 크게 계측되기도 한다(송신부의 beam은 약30°, Polaroid 초음파센서)[1]. 반면에 2-D laser sensor는 초음파 센서에 비해 작은 projection width를 갖고 있으며, 많은 연구 및 응용에 사용되며 이동로봇의 장애물 회피나 특질추출, 지도 작성, localization에 사용된다[2]. 본 논문에서는 광 PSD(Position Sensitive Detector)센서 모듈을 개발 및 활용하여 미지의 환경에 대한 거리 및 위치 정보를 획득하며, 이를 활용하여 Hough transform 방법을 이용해 환경에 대한 선분 정보로 변환시켜 2D의 선분기반 지도 작성을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 광 PSD센서 거리 검출 원리와 센서 모듈 구조에 대해 기술하였고, 3장에서는 잡음 신호에 대해 H/W filter 및 S/W filter 알고리즘을 통한 센서 모듈 실험을 설명하였다. 4장에서는 이동로봇에 대한 주행 모듈을 기술하였고, 5장에서는 지형 환경에서 획득한 data를 Hough Transform 알고리즘을 통해 지형 환경 지도 작성에 대해 설명하였다. 마지막으로 결론과 향후과제에 대하여 기술하였다.

II. 센서 시스템 구성

본 논문에서는 이동로봇의 실내 주행과 장애물 검출 및 회피, 거리를 판단하기 위해 광 PSD센서를 사용하였다. 광 PSD센서의 원리는 그림 1에서 보이는 것과 같이 삼각측량법을 이용해서 센서와object 사이의 거리를 검출 한다.

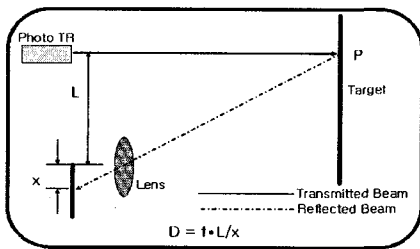


그림 1. 광 PSD센서 거리 검출 원리
Fig. 1 The principle of the detecting using optical PSD sensor

포토TR에서 송신된 적외선은 렌즈를 통해 집속된 다음 장애물에 도달하고, 반사된 적외선은 수신렌즈를 통해 집속된 다음 PSD센서의 한 점에 이르게 되어 수광점의 위치를 알 수 있게 된다. 본 논문에서는 위의 그림1에 보인 광 PSD센서가 일체화된 센서를 사용하였다(Sharp사의 GP2). 광 PSD센서 특성은 삼각측량법을 사용하기 때문에 물체 반사성과 반사된 물체의 색상의 영향을 덜 받는다. 장애물 검출 거리는 20cm에서 150cm까지 이다. 개발된 센서시스템의 Main controller는 TI사의 16bit RISC MPU인 MSP430을 사용하고 24개의 센서를 입력하기 위하여 6개의 AD Channel과 4 Channel Analog MUX 6개를 사용하였다. Robot controller와 UART 통신을 위해 RS232통신을 사용하였다. 센서 모듈 시스템은 매 12msec마다 6개 MUX의 4개 Sensor값을 동시에 읽으며, RAM에 Ring buffer 방식으로 저장함으로써 통신 속도 동기 문제에 따른 데이터 분실 문제를 해결하였다. 이로써 24개 Sensor를 전부 read하는 주기는 48msec이며, 로봇의 지형환경 scan 이동 속도를 10cm/sec로 하면 0.5cm 이동 거리 당 지형 환경 데이터를scan할 수 있다. 그림2는 센서 모듈의 전체적인 시스템 구조를 보인다.

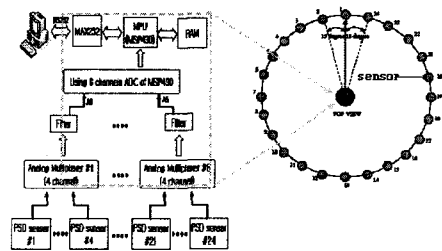


그림 2. 센서 모듈 구조
Fig. 2 A structure of Sensor module

III. 센서 모듈 실험

본 논문에서 제안한 센서 시스템의 제어 부는 MSP430 MPU를 이용하여 구성하였고, 수신된 센서 신호는 A/D변환기를 거쳐 RS232통신으로 PC로 전송하여 처리하였다. 그림 4에서 보는 바와 같이 센서의 출력신호에는 많은 잡음(약1Khz Switching noise)이 발생한다. 이는 연속 신호 값에 비하여 20배 정도가 큰 임펄스 잡음이다. 따라서 본 연구에서는 이를 제거하기

위하여 H/W RC filter 및 그림 3에서 보는 바와 같은 S/W filter 알고리즘을 제안하였다. S/W filter는 우선 n 개의 scanning data 값의 평균 a_i 구하고, n 개의 scanning data중에서 평균값 a_i 보다 큰 data는 제외한다. 다음 나머지 값으로 평균 a_i 를 구한다. 그리고 이를 3점 이동 평균 filter를 적용하여 data의 잡음을 제거 하였다. 잡음이 제거된 최종 결과는 그림 7에서 보인다.

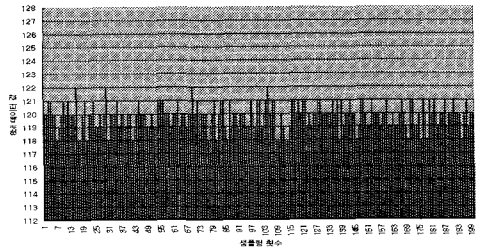
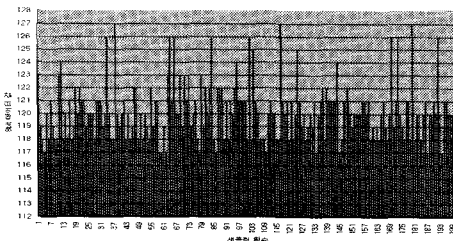
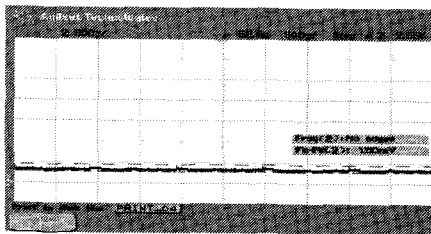
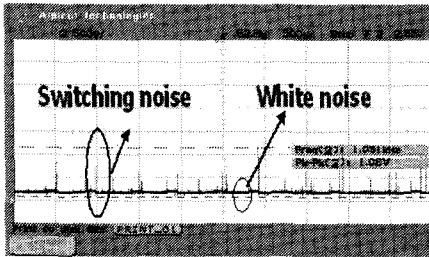
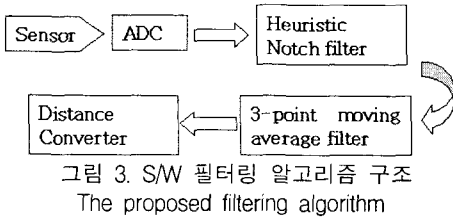


그림 4, 5, 6, 7은 개발된 센서 시스템의 잡음 제거 과정 및 결과를 나타낸다. 그림 4, 5는 약1.4V의 switching 잡음이 포함된 신호 출력과 RC H/W filtering을 거친 출력 결과를 나타낸다. 그림 5에서와 같이 센서 모듈의 switching 잡음은 크기가 현저하게 줄었지만 여전히 약간의 잡음(약60mv의 random noise)이 섞여 있음을 볼 수 있다. 그리고 임펄스 잡음 외에 신호도 약 60mv의 random noise를 갖고 있다. 그림6, 7은 본 논문에서 제안한 3점 이동 평균 필터를 적용한 전, 후의 데이터를 나타낸다. H/W filtering 이후의 데이터에 남아있는 잡음들은 3점 이동 평균필터를 사용하여 그림 7의 그래프에서 표현된 것처럼 안정화 시켰다.

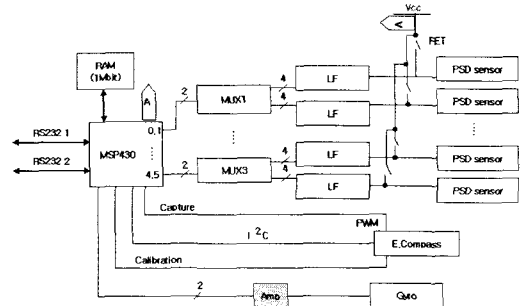


그림 8은 개발된 센서시스템의 전체적인 블록다이어그램을 나타내고 있다. 이동로봇은 일반적으로 배터리를 사용하므로 전류의 효과적인 사용이 요구된다. 전압을 최소화하기 위해 FET를 사용함으로써 그룹화된 센서를 MPU의 timer interrupt를 사용하여 각각 제어할 수 있도록 제작하였다.

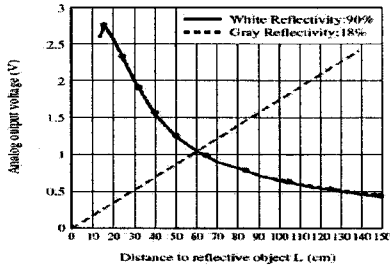


그림 9. 비선형적인 센서 출력신호
Fig. 9 nonlinear output signal of PSD sensor

그림 9는 센서의 출력 신호 특성을 나타낸다. 거리에 따른 센서의 아날로그 출력전압은 그림 9처럼 비선형적인 형태로 표현된다. 이러한 출력형태를 선형화 시킬 수 있도록 일정한 거리(10cm)에 대해 sample data를 정의한 후 각 점에 대한 방정식을 이용하여 실 거리로 변환하였다.

IV. Navigation module

본 논문에서 사용된 주행 모듈은 미지의 환경 (Unknown environment)을 scan하기 위해서 모션 제이기 (Motion planner)에 의해 계획된 목적지로 자율주행하도록 구성되어 있다. 이동로봇의 주행은 다음과 같은 단계로 동작한다.

1단계 : 로봇의 장착된 n개의 센서 데이터에서 벽까지의 센서 값이 가장 작은 센서를 찾는다.

2단계 : 1단계에서 찾은 센서의 방향으로 로봇은 회전하고, 정의해 놓은 벽과의 안전거리까지 이동한다.

3단계 : 로봇이 시계방향(clock wise)으로 이동하기 위해 2단계에서 선택한 센서의 -90도 방향으로 회전한다. 그림 10은 이동로봇의 실내주행 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

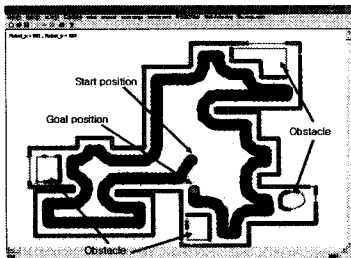


그림 10. 이동로봇 주행 시뮬레이션
Fig. 10 An exemplary result of navigation module

V. Hough transform을 이용한 지도 작성

본 논문에서는 이동로봇이 미지의 환경에 투입되었을 때 전체 환경을 주행 모듈을 통해 이동하면서 환경 정보를 수집하고, 이 수집된 정보를 토대로 선분기반 지형환경 지도 작성을 제안하였다. 이러한 지형환경 지도를 Hough 변환 알고리즘을 이용하여 직선 선분을 추출해 단순 지도를 작성하였다. 같은 직선 위에 존재하는 모든 화소들은 모두 같은 ρ 와 θ 를 갖는다. 즉, 직선상의 모든 각각의 화소(x, y)들에 대해 위의 식을 적용하여 θ 가 0~180까지 변화할 때 ρ 의 크기의 변화를 ρ 와 θ 의 공간에 표시하면 어느 한 점에서 교차하는 곡선을 그리게 되는데 이 지점의 ρ 와 θ 는 화소들이 현재 이루고 있는 직선의 매개 변수를 의미한다. 이러한 Hough 변환 알고리즘을 이용하여 한 점에 교차하는 횡수가 많은 점을 찾아 선분으로 인식 최대, 최소 점을 찾아 직선을 검출할 수 있다. 본 논문에서는 다음과 같은 절차를 통해 직선 선분을 찾는다.

1단계 : x,y좌표상의 점들에 대한 Hough domain(ρ , θ)를 생성한다.

2단계 : Hough domain상에서 일정 교차 횡수(본 논문에서는 45로 설정)보다 큰 점들을 찾는다.

3단계 : 2 단계에서 선택한 점보다 작은 주변 점들을 제거한다.

4단계 : 2-3단계에서 선택한 점들에 대한 최대, 최소 값을 찾는다.

VI. 실험결과

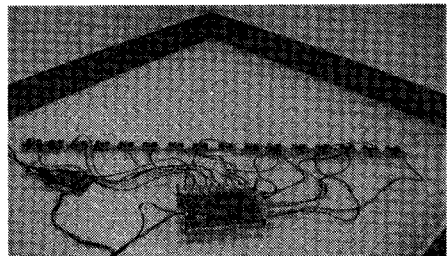


그림 11. 개발된 센서 모듈의 지형인식 실험
Fig 11. An experiment for environment recognition

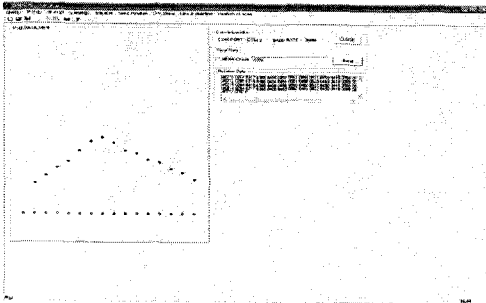


그림 12. 지형인식 실험 결과
Fig 12. A result of experiment

그림12는 개발된 센서모듈과 detect된 지형을 2D 그래픽으로 표현한 것이다. 16개의 센서를 일정한 간격으로 막대 형태로 배치하고 코너를 detect 하였을 때 각 센서의 거리 값을 2D로 표현하도록 프로그래밍 하였다. 실제 주변 환경과 비슷한 형태로 표현되는 것을 볼 수 있다.

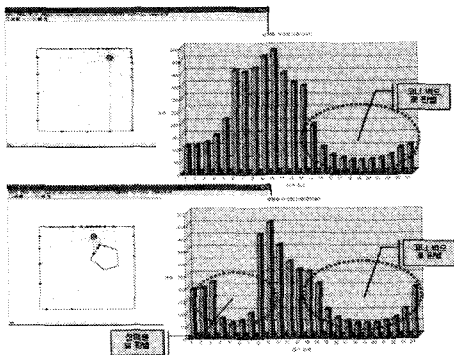


그림 13. Histogram에 의한 상황별 object 분석
Fig 13. Photo sensor histogram for detection of object

이동로봇이 주행 중 취득된 센서 데이터를 이용하여 map-building을 하는 과정중 벽과 장애물의 판별을 위하여 위의 그림13과 같이 histogram을 이용하여 object를 판별하도록 하였다. 그림 13의 예제에서 로봇이 corner부분에서 벽면을 검출 했을 때의 data와 장애물이 있을 때의 벽면에서 검출한 센서 데이터를 histogram 으로 표현하였다. 벽면의 모양과 장애물에 따라 그래프의 모양이 달라짐을 알 수 있고 일정한 패턴을 갖고 있음을 알 수 있다. 이를 이용하여 object를 판별할 수 있다. 그림14는 개발된 센서시스템을 적용시킬 이동로봇의 상태 블록도와 사진을 나타낸다. 실

험에 쓰인 이동로봇은 한울로보틱스의 Hanuri-RD이며 2개의 구동모터와 1개의 터릿으로 구성되어 있다. 메인 컨트롤러는 Strong ARM SA1110이며 로봇의 각 디바이스들과의 통신은 USB와 RS232통신을 한다. 또한 OS는 Embedded LINUX(kernel 2.4.19-rmk7)를 사용하고 있다. 이동로봇은 그림 11처럼 크게 5개의 S/W모듈로 구성되어 있으며, 매10msec 마다 쓰레드를 발생시켜 주행을 결정하고 이때 PSD센서 모듈의 센서정보를 받아 실 거리로 변환시키고 다음 모션을 결정한다.

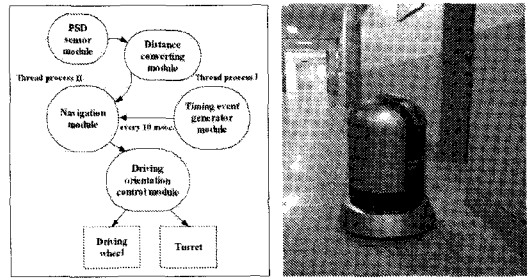


그림 14. 실험용 이동로봇과 상태블록도
Fig 14. The picture of working mobile robot

VII. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 이동로봇을 위한 위치인식용 지능형 센서 제어 시스템에 대해 기술하였다. 이를 이용하여 이동로봇이 주행 모듈을 통해 획득한 데이터로 2차원 지형환경 지도 작성에 대한 방법을 제안했다. 센서 시스템의 신호 잡음을 제거하기 위해 H/W filter와 S/W filter를 제안하였고, 개선된 Hough Transform알고리즘을 적용하여 선분으로 작성되는 2차원 지형 지도를 작성하는 방법을 제안하였다. 향후 연구 과제로 복잡한 구조에서의 Hough Transform통한 정확한 직선 선분을 찾기 위한 알고리즘에 대해 연구할 것이다. 그리고 효과적인 주행과 localization을 위해 Gyro, electrical compass sensor를 이동로봇에 장착하여 실험할 것이다.

참고문헌

[1] Data sheets for the Polaroid Ultrasonic Range-Finders, Polaroid Corporation.

- [2] Cang Ye, Johann Borenstein, "Characterization of a 2-D Laser Scanner for Mobile Robot Obstacle Negotiation", Proc.IEEE Int. Conf. On Robotics and Automation, Washington, D.C, December, pp. 2512-2518,2002
- [3] L.luckiger, "A robot interfacing using virtual reality and automatic kinematics generator," proc. of 29th Intl. Symposium on Robotics, pp. 123-126,1998.
- [4] E.Nntonek and L.luckiger," irtual reality: an intuitive approach to robotics," SPIE, Vol. 2, pp 206-269, ?
- [5] G.Dissanayake and H. Durrant-Whyte," A computationally efficient solution to the simultaneous localization and map building problem," ICRA'2000 Workshop on Mobile Navigation and mapping , 2000.
- [6] J.forsberg, U.Larsson, and A.Wernersson," Mobile robot navigation using range-weighted hough transform," IEEE robotics and Automation Magazine, pp18-26, march 1995.
- [7] R.madhavan, H.Durrant-Whyte, and G.Dissanayake," Natural landmark-based autonomous navigation using curvature scale space," proc. of IEEE Int. Conf. on roboticsand automation, 2002.
- [8] K.S.Kim, S.J.Kim. and M.H. Choi, , "Virtual Robot Simulator and Real-World Robot Interface" Proceedings of the 12th KACC, October 1997. pp. 976-979.
- [9] S.S.See, J.S.Oh, Y.H.Choi and J.B.Park "A New Complete Coverage Navigation Algorithm of Autonomous Cleaning Robot in Unknown Environment," KIEE/IEEK/ICASE Journal of Joint Conference, Vol. 1,pp. 33-36, May. 2001.

저자소개

현웅근(Hyun Woong keun)

1985년 한양대 전기공학과 졸업 1987년 한양대 전자통신공학과 석사 1993년 한양대 전자공학과 박사 2005년 현재 호남대학교 전자.광 공학부 부교수
※관심분야 : 지능로봇시스템,Localization,SLAM

정태철(Jeong Tae Cheol)

2004년 호남대학교 전자공학과 졸업
현 동대학 전자공학과 석사과정
※관심분야 : 지능로봇시스템,Localization,SLAM

박종석(Park Jong Seok)

1999년 호남대학교 전자공학과 졸업
2002년 동대학 석사과정 수료
현 코리아 디지털 연구원