

# 실내 자율주행 로봇의 구현 및 라인 히스토그램을 이용한 환경인식

## Implementation of an Indoor Mobile Robot and Environment Recognition using Line Histogram Method

문찬우\*, 이영대\*\*

Chan-Woo Moon, Young-Dae Lee

요 약 청소로봇이나 경비로봇과 같이 실내에서 이동하며 작업하는 로봇에서는 센서를 통한 환경의 인식이 필수적이다. 사무실 빌딩이나 공동주택의 경우 기본적인 환경이 동일하므로 설계도와 같은 공통된 지도를 이용하면 개별 환경마다 지도를 재작성하는 것보다 유리한 점이 있다. 이때 가구나 장애물 등 위치가 바뀔 수 있는 대상의 정보는 제거하고, 벽, 문, 창 등 불변의 대상을 인식하는 것이 중요하다. 이 논문에서는 사무실이나 가정환경에서 사용할 수 있는 실험용 이동로봇을 구현하고, 레이저스캐너의 정보와 세그먼트의 방향, 위치에 의한 히스토그램 방법을 이용하여 이와 같은 불변의 특징을 추출한다. 로봇에는 레이저스캐너, 자이로 센서, 초음파 센서, 적외선 센서 등이 탑재되며 제어프로그램은 C 프로그램으로 작성되었다.

**Abstract** The environment exploration is an essential process for indoor robots such as clean robot and security robot. Apartment house and office building has common frame structure, but internal arrangement of each room may be slightly different. So, it is more convenient to use a common frame map than to build a new map at every time the arrangement is changed. In this case, it is important to recognize invariant features such as wall, door and window. In this paper, an indoor mobile robot is implemented, and by using the laser scanner data and line segment histogram with respect to segment orientation and distance, an environment exploration method is presented and tested. This robot is fitted with a laser scanner, gyro sensor, ultra sonic sensor and IR sensor, and programed with C language.

**Key Words :** Environment exploration, Mobile robot, Line segment histogram, Common map

### I. 서 론

최근 청소로봇이나 경비로봇과 같이 사무실이나 주거 환경에서 동작하는 로봇에 대한 관심이 높아지고 있다. 로봇이 실내에서 작업을 하기 위해서는 위치인식이 필요하며, 센서를 통한 외부환경의 인식은 위치인식의 첫 번째 단계로<sup>[1][2]</sup> 센서에서 얻어지는 정보로부터 특징이 되는 정보를 얻어내는 과정을 의미한다. 따라서 외부 환경

인식은 위치인식의 가장 중요한 과정임에도 불구하고 센서의 잡음이나 실내에 존재하는 장애물, 가구의 위치변경 등은 환경인식을 어렵게 하는 요인이 된다. 따라서 다중의 센서를 사용하여 센서 정보의 신뢰성을 높이는 방법을 사용하게 된다. 최근에는 로봇이 환경을 탐색하여 지도를 작성하면서 동시에 자신의 위치인식도 수행하는 SLAM (Simultaneous Localization and Map Building) 기법이 인기를 얻고 있으나<sup>[3]</sup>, 주어진 지도를 이용하는 것도 계산량이나 신뢰도 면에서 유리한 면이 있다. 특히 사무실이나 아파트와 같이 실내의 구조가 같아 공통된

\*정회원, 국민대학교 전자공학부

\*\*중신회원, 세명대학교 정보통신학과 교신저자  
접수일자 2009.02.18, 수정완료 2009.03.30

지도로 가지고 있는 경우 설계도면과 같은 공통의 지도를 이용하는 것이 각각의 환경에 대해 지도를 작성하는 것 보다 효율적이다. 다만 기본적인 구조는 동일하더라도, 그림 1과 같이 가구의 배치에 의한 차이 등 세부적인 지도는 서로 다를 수 있다.

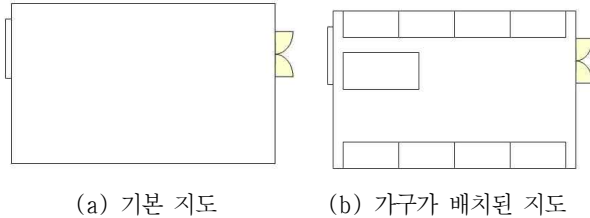


그림 1. 사무실 지도의 예  
Fig 1. Example of an office map

이 때 고정되는 부분인 벽이나 문 등은 지도 인식에 기준이 된다. 이와 같이 불변의 특징점을 찾으려는 기존의 연구를 살펴보면, Forsberg 는 Hough 변환을 사용하여 벽의 위치를 검출하였는데<sup>[4]</sup>, 계산량의 부담이 있는 방법이다. Sablatnög는 히스토그램과 격자지도를 사용하였고<sup>[5]</sup>, Röfer는 세그먼트 히스토그램을 사용하여 벽에 대한 정보를 추출하였다<sup>[6]</sup>. 그러나 환경이 복잡한 경우, 이 방법에 의해서 얻어지는 정보는 실제 벽의 정보가 아닌 벽이 있는 방향의 정보이다. 따라서 정보의 불확실성이 존재하게 되는데, 이와 같이 정보가 불확실한 경우 Monte Carlo Localization 방법이 폭 넓게 사용된다<sup>[7][8]</sup>. 이 논문에서는 실내 환경에서 우편물 배달과 같은 작업에 사용할 수 있는 자율 이동 로봇을 구현하고 복잡한 환경에서 공통의 지도로 위치를 인식 할 수 있도록 로봇에 장착되어 있는 레이저 스캐너에서 얻어진 정보와 세그먼트 히스토그램 방법을 사용하여 환경의 고정된 정보인 벽과 문의 정보를 얻는 연구를 수행한다.

## II. 분 론

### 1. 자율 이동 로봇의 구현

가정이나 사무실과 같은 실내 환경에서는 차동형 이동로봇을 많이 사용한다. 본 논문에서는 이동 로봇은 차동형 상용로봇을 사용하고 각종 센서와 제어기를 표 1과 같이 장착한다. 제어기와 이동로봇, 그리고 제어기와 각각의 센서간에는 RS232통신으로 정보를 주고받도록 구

성한다. 각 센서와 로봇의 통신 규약은 그림 2와 같다. 초음파센서와 적외선 센서는 로봇 주변에 어레이로 배치되어 있어서 근접 장애물을 검출하는데 사용하며 자이로 센서는 로봇의 방향 정보를 획득하는데 사용한다. 환경에 대한 주된 정보는 상대적으로 정확한 레이저스캐너를 통해 얻어지며, 다른 센서들은 레이저스캐너로부터 충분한 정보가 얻어지지 않을 때 보조적으로 환경인식에 사용한다. 그림 3은 구현된 로봇의 모습이다.

표 1. 이동 로봇 및 센서의 사양  
Table 1. Specification of the mobile robot and sensors

이동 로봇	차동형 이동 로봇
제어기	Pentium 1.4 GHz Box PC 7 Serial Port
레이저 스캐너	URG-04LX (가정용) Detectable range 20~4000mm LMS200 (사무실용) Detectable range 20~8000mm
자이로 센서	CruizCore RI001E, 1 axis
초음파 센서	SRF-04 Detectable range 30~3000mm
적외선 센서	GP2D12 Detectable range 10~800mm

송신측	STX	DATA	ETX	LRC	
수신측					ACK

(a) 로봇 제어 통신 규약

송신측	STX	DATA	ETX	LRC	
수신측					ACK

(b) 초음파/적외선 센서 통신 규약

Header	Data(rate)	Data(angle)	Checksum
--------	------------	-------------	----------

(c) 자이로센서 통신 규약

Host	G	Starting point	End point	Cluster count	LF
Sensor	G	Starting point	End point	Cluster count	LF
	Status	LF			
	Data	LF	LF		

(d) 레이저 스캐너 통신 규약

그림 2. 센서 및 로봇 통신 규약  
Fig 2. Communication protocol for sensors and robot

프로그램은 제어기로 사용된 박스 PC 상에서 Visual C++로 작성되었으며 프로그램의 구조는 다중 쓰레드의 형태로 구성된다. 각 장치별로 장치를 제어하는 쓰레드와 통신포트를 감시하는 쓰레드, 통신포트에 데이터가 전송되었을 때 발생하는 메시지에 따라 데이터를 처리하는 메시지 처리 프로그램으로 구성된다. 또한 정주기 작업이 필요한 경우의 처리를 위하여 100ms 주기를 갖는 타이머가 동작한다. 전체 프로그램의 구성은 그림 4와 같다. 초기화 프로그램을 수행한 후 각 센서를 활성화 하면 각 장치를 제어하는 쓰레드와 통신포트를 감시하는 쓰레드를 발생시키며 각 쓰레드는 프로그램이 종료할 때까지 계속하여 동작한다. 그림 5는 제작된 로봇 제어기화면을 나타낸 것이다. 각 센서에 해당하는 버튼을 눌러 활성화 하면 그림 6과 같은 흐름으로 프로그램이 동작한다. 통신 포트 감시 쓰레드에서 수신된 데이터가 발생하면 이벤트를 발생시키고 이벤트 처리부에서 통신 규약에 맞춰 데이터를 받아들인 후 장치 제어 쓰레드에 이 데이터를 전달한다.

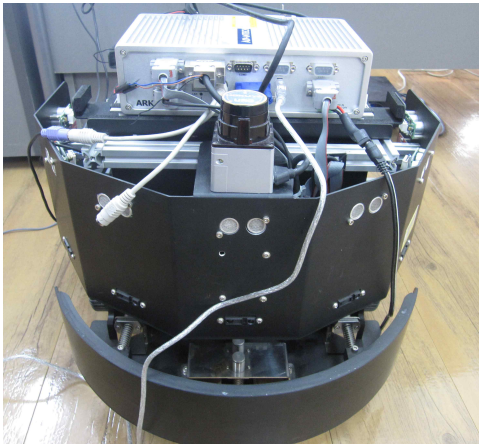


그림 3. 구현된 이동 로봇  
Fig 3. The implemented mobile robot

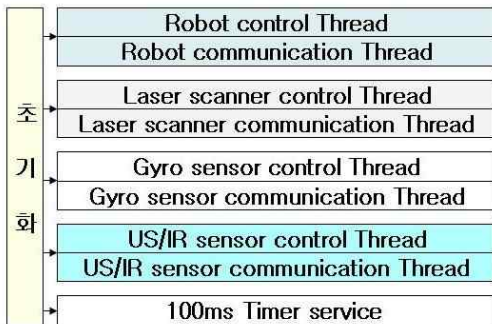


그림 4. 제어 프로그램 구성  
Fig 4. Structure of control program

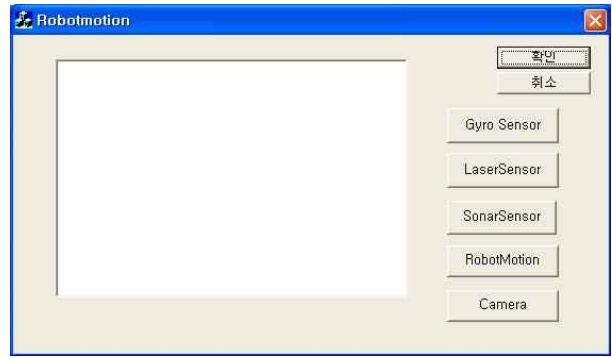
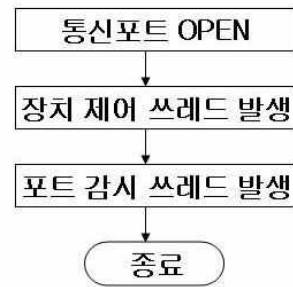
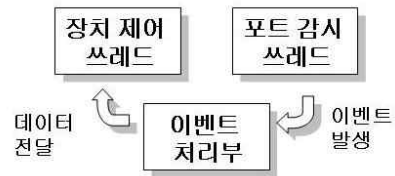


그림 5. 로봇 제어기 화면  
Fig 5. Robot control software



(a) 제어프로그램 흐름도



(b) 쓰레드 동작 방법

그림 6. 장치별 프로그램 구성  
Fig 6. Program structure for each device

## 2. 레이저 스캐너 정보의 처리

레이저 스캐너로부터 얻어진 데이터는 극좌표형식으로 주어지며, 많은 잡음을 포함하고 있다. 이 데이터를 상태변수  $x_k$ 로 표시하고 식 (1)과 같이 칼만필터를 사용하면 위치데이터들의 클러스터로 묶을 수 있다.

$$x_k = \begin{pmatrix} \rho_k \\ \frac{\partial \rho_k}{\partial t} \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$x_{k+1} = F_k x_k + w_k$$

$$z_k = H_k x_k + v_k$$

$\rho_k$  : k 번째 측정된 거리 데이터

클러스터로 묶어진 위치데이터들은 Least Square fitting 방법을 사용하여 세그먼트로 변환할 수 있다. 세그먼트의 중점, 교차점, 코너 등을 지형의 특징을 나타내는 특징점으로 사용할 수 있다. 처음 가공하지 않은 레이저 스캐너 데이터에서 특징점을 추출하는 과정은 그림 7과 같다. 검출된 직선은 세 개의 파라미터로 식 (2)와 같이 표시할 수 있다.

$$(L_k, \theta_k, d_k) \quad (2)$$

$L_k$ : Segment length  
 $\theta_k$ : Segment orientation  
 $d_k$ : Segment distance

그림 8은 보통의 실험실에서 측정된 가공전의 레이저 스캐너 데이터를 그린 것이다. 실험실 내에 있는 장애물과 데이터 자체의 잡음 때문에 많은 조각으로 나뉘어 있다. 이 예에서는 이것을 클러스터링과 세그먼트 추출과정을 거쳐 32개의 세그먼트를 얻었고 각각의 일련번호를 부여 하였다.

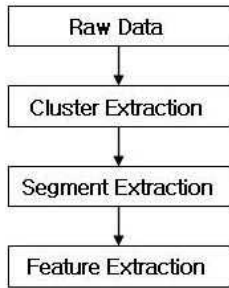


그림 7. 레이저 스캐너 데이터 처리 과정  
 Fig 7. Process of line segment extraction

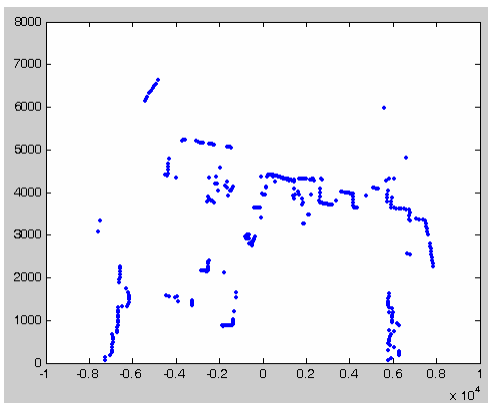


그림 8 레이저 스캐너로부터 검출된 데이터  
 Fig 8. Raw distance data from the laser scanner

이 세그먼트들은 실내의 장애물, 가구의 일부분이거나 벽, 문 등의 일부일 수 있는데, 건물의 공통 지도를 사용하려면 이 정보로부터 위치가 변할 수 있는 장애물이나 가구에 대한 정보를 제거하고 고정인 정보인 벽과 문, 기둥에 대한 정보를 추출하여야 한다. 대부분의 실내 환경에서는 가구나 비품이 벽에 평행하게 배열되어 있고 벽과 벽은 수직을 이루고 있다. 따라서 이 세그먼트들을 방향에 따라 분류하였을 때 가장 많은 세그먼트가 위치하는 방향이 벽의 방향이 된다. 그림 9는 각 세그먼트를 방향에 의해 분류한 히스토그램으로 로봇을 기준으로 85도 각도에 벽이 존재하며 이와 수직으로 175도에 다른 벽이 존재한다. 표 2는 벽의 방향과 같은 방향인 9개의 세그먼트를 거리별로 분류한 표이다. 표에서 20번째 세그먼트가 가장 멀리 있어 벽의 일부일 가능성이 높으나 이것도 벽을 가리고 있는 가구이거나 열려진 문 사이로 보이는 복도의 벽일 수도 있어 위치인식의 불확실성이 존재한다. 이와 같이 검출된 벽의 가능성이 높은 대상을 벽 후보(Wall Candidate)로 부르기로 한다. 그림 10과 같이 실제 실내에서 로봇의 위치는 동일하나 검출된 벽 후보의 위치가 서로 달라 이 벽을 기준으로 한 로봇의 위치는 서로 다르게 추정된다.

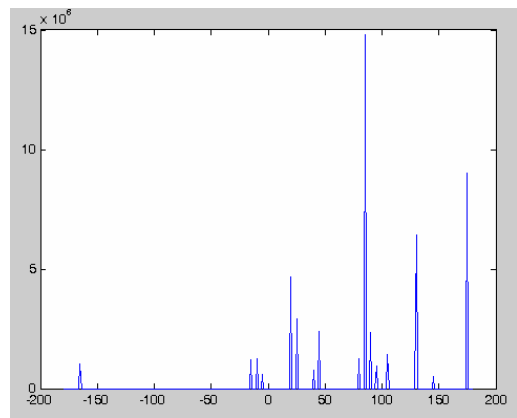


그림 9. 세그먼트의 방향에 의한 히스토그램  
 Fig 9. Histogram with respect to segment orientation

표 2 세그먼트 거리에 의한 히스토그램  
 Table 2. Histogram with respect to segment distance

Segment No	7	8	10	12	13
Distance,Cm	432	402	458	441	392
Segment No	17	20	21	25	
Distance,Cm	278	482	488	185	

따라서 그림 11에서와 같이 히스토그램에 의해 벽의 후보가 검출되었을 때 실제 로봇의 위치는 그림의 사각형 안 어디든지 확률적으로 존재할 수 있게 되며 외부 환경에 대한 정보를 더 축적해야 정확한 위치를 추정할 수 있다. 이 과정은 그림 12에 표시하였다.

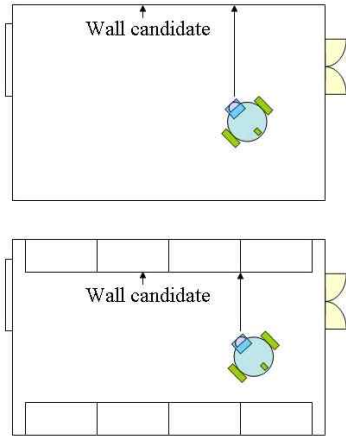


그림 10. 검출된 벽의 위치와 실제 위치  
Fig 10. Detected wall candidate

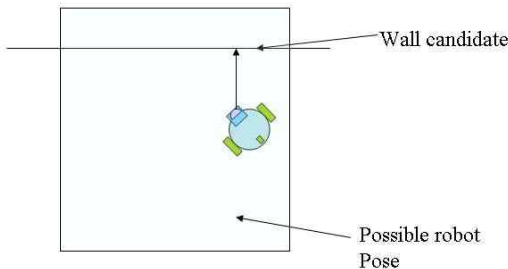


그림 11. 검출된 벽의 위치와 로봇의 위치가능 지역  
Fig 11. Possible robot pose area

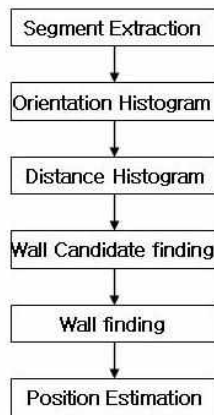


그림 12. 로봇의 위치 추정 과정  
Fig 12. Process of mobile robot localization

### III. 결 론

이 논문에서는 실내에서 우편물 배달이나 경비용으로 사용할 수 있는 이동로봇을 구현하였다. 로봇은 실내용으로 많이 사용되는 상용의 차동형 이동로봇을 이용하였고 여기에 제어기와 레이저스캐너, 자이로 센서 등을 장착하였다. 로봇과 각 센서는 RS232 직렬통신을 이용하여 제어하며 전체 제어 프로그램은 다중 쓰레드를 사용하여 구성하였다. 쓰레드는 각 장치마다 장치를 제어하는 쓰레드와 직렬통신 포트를 감시하는 쓰레드로 구성하였다. 주어진 환경에 대한 정보는 레이저스캐너를 통해 얻도록 하고 레이저스캐너에서 입력되는 정보가 불충분할 때는 다른 센서의 정보를 융합하여 사용하도록 하였다. 레이저 스캐너로부터 들어온 극좌표 형식의 가공전의 데이터는 칼만필터를 이용한 클러스터링 과정과 Least Square fitting을 통해 세그먼트로 추출하였고 구해진 세그먼트를 각도와 거리의 히스토그램으로 분석하여 벽의 후보 위치를 찾았다. 벽의 후보 위치가 검출되었다고 하여도 이것이 실제 벽이 아닐 수 있기 때문에 정보를 축적하여 확률적으로 로봇의 위치를 추정해 나가야 한다. 향후 Monte Carlo Localization 등 확률적인 방법으로 검출된 위치의 신뢰도를 높이는 연구를 수행할 계획이다.

### 참 고 문 헌

- [1] Dragomir Anguelov, et al., "Detecting and Modeling Doors with Mobile", *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp 3777-3784, 2004
- [2] R. Barber, et al., "A Perception System based on Laser Information for Mobile Robot Topologic Navigation", *IECON 02*, pp2779-2784, 2002
- [3] G.C. Anousaki, K. J. Kyriakopoulos, "Simultaneous localization and map building for mobile robot navigation", *Robotics & Automation Magazine*, IEEE, Vol 6, issue 3, pp42-53, Sept. 1999
- [4] Johan Forsberg, et al. "Mobile Robot Navigation using the Range- Weighted Hough Transform", *IEEE Robotics & Automation Magazine*,

- pp18-26, March 1995
- [5] Stefan Sablatnög, et al. "The Wall Histogram Method", *IEE conference, Artificial Neural Networks*, pp316-322, 1999
- [6] Tomas Röfer, "Using Histogram Correlation to Create Consistent Laser Scan Maps", *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp625-630, 2002
- [7] Masahiro Tomono and Shinichi Yuta, "Mobile Robot Localization based on an Inaccurate Map", *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp399-404, 2001
- [8] Sebastian Thrun, *Probabilistic Robotics*, The MIT Press, 2005
- [9] Jose A. Castellanos, et al. *Mobile Robot Localization and Map Building*, Kluwer Academic Publishers, 1999

※ 이 논문은 2008년도 국민대학교 교내연구비를 지원 받아 수행된 연구입니다.

#### 저자 소개

문 찬 우(정회원)



- 2001년 서울대학교 전기컴퓨터 공학부 박사
  - 2002년 ~ 2006년 전자부품연구원 선임, 책임 연구원
  - 2006년 ~ 현재 국민대학교 전자공학부 교수
- <주관심분야 : 로보틱스 응용>

이 영 대(중신회원)

제9권1호 참조