

레이저 거리 측정기 기반 투명 장애물 인식 방법

Transparent Obstacle Detection Method based on Laser Range Finder

박정수* · 정진우**†

Jung-Soo Park* and Jin-Woo Jung**†

*동국대학교 컴퓨터공학과, ** 동국대학교 컴퓨터공학과

*Dept. of Computer Science and Engineering, Dongguk University

**† Dept. of Computer Science and Engineering, Dongguk University

요 약

투명 장애물이 포함된 환경에서 레이저 거리 측정기만을 사용하여 장애물을 인식하다는 것은 이동 로봇이 장애물과의 충돌로부터 자유로운 자율 주행을 보장할 수 없는 문제를 야기한다. 이를 해결하기 위해 레이저 거리 측정기를 사용하는 이동 로봇은 투명 장애물을 인식할 수 있는 초음파 센서와 같은 추가적인 센서를 사용해야 한다. 본 논문에서는 레이저 거리 측정기만을 이용하여 환경 내에 존재하는 투명 장애물을 인식할 수 있도록 하는 투명 장애물 인식 알고리즘을 제안한다. 투명 장애물 인식 알고리즘은 레이저 거리 측정기를 이용하여 투명 장애물을 인식하였을 경우, 투명 장애물에 의해 발생하는 반사 잡음(reflected noise)만을 추출하여 이를 처리함으로써 투명 장애물의 위치를 찾으려 하는 것이다. 이를 통해 이동 로봇은 투명 장애물 환경에서 레이저 거리 측정기만을 사용하더라도 장애물과의 충돌로부터 자유로운 자율 주행을 보장받을 수 있다. 또한 본 논문에서 제안한 알고리즘의 유효성을 평가하기 위해 세 가지의 실험 환경에서 실제 이동 로봇 및 레이저 거리 측정기를 사용하여 측정하였다.

키워드 : 투명 장애물, 레이저 레인지 파인더, 모바일 로봇

Abstract

Using only laser range finder to detect the obstacles in an environment that contains transparent obstacles can not guarantee autonomous mobile robot from collision problem. To solve this problem, a mobile robot using laser range finder must be used additional sensor device such as sonar sensor that can detect the transparent obstacle. In this paper, a method is addressed to deal with the problem to detect the transparent obstacles within environment only by using laser range finder for mobile robot. In case the recognized transparent obstacle, the proposed algorithm is to localize the transparent obstacle to extract and process the reflected noise. This algorithm ensures autonomous of mobile robot only using laser range finder. The effectiveness of the proposed algorithm is evaluated by the real mobile robot and real laser range finder experiments with three case studies.

Key Words : Transparent Obstacle, Laser Range Finder, Mobile Robot

1. 서 론

이동 로봇의 자율 주행은 환경 내에 존재하는 장애물들과의 충돌로부터 자유로워야 하며, 이를 위해서는 환경 내

에 존재하는 장애물들의 위치 정보를 정확하게 인식하여야 한다[1, 2, 3, 11]. 이를 위해 이동 로봇은 초음파 센서[4, 5], 비전 센서[6, 7], 레이저 거리 측정기(레이저 레인지 파인더, Laser Range Finder)[8, 9, 10]와 같은 각종 센서들을 부착하고, 이를 통해 이동 로봇의 주변에 존재하는 장애물들에

접수일자: 2013년 9월 1일

심사(수정)일자: 2013년 10월 12일

게재확정일자 : 2014년 4월 9일

† Corresponding author

본 연구는 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 수행한 산학협력선도대학(LINC) 육성사업과 한국연구재단 기초연구사업(2010-0025247)의 공동지원으로 수행된 결과입니다, 연구비 지원에 감사드립니다.

This work was partially supported by Basic Science Research Program (2010-0025247) and the fostering project of LINC through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (MEST).

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

대한 위치 정보를 이동 로봇이 동작하는 때 순간 실시간으로 수집한다. 하지만 각종 센서들에 의해 수집된 정보에는 외부 환경 및 장애물의 형태, 각 센서의 특징 등에 따른 불확실성을 항상 내포하고 있기 때문에 센서 정보를 통한 장애물 인식에는 이러한 불확실성을 고려하여야 한다.

이동 로봇의 주변에 존재하는 장애물을 인식할 수 있도록 해주는 센서들 중 하나인 레이저 거리 측정기의 경우, 다수의 레이저를 이용하여 장애물과의 거리 및 방위각을 측정할 수 있도록 해주는 센서로서 직진성이 강한 레이저의 특성으로 인하여 다른 거리 측정 센서들에 비해 측정 거리가 길다는 특징을 가지고 있다[8, 9, 10]. 또한 레이저 거리 측정기가 사용하는 레이저는 외부 환경에 대한 강한 성질을 가지고 있어 다른 거리 측정 센서들에 비해 상당히 정확한 측정 정보를 제공해 주지만, 비싼 가격으로 인해 상업용 이동 로봇보다는 연구용으로 많이 사용되고 있다[8, 9, 10].

하지만 레이저 거리 측정기를 상업용 이동 로봇에 적극적으로 도입하지 못하는 다른 이유는 레이저 거리 측정기가 사용하는 레이저의 특성 상 유리나 같은 투명 장애물을 정확하게 인식할 수 없다는 단점이 존재하고 있기 때문이다 [12]. 이러한 레이저 거리 측정기의 문제점으로 인하여 레이저 거리 측정기만을 이용하는 이동 로봇으로 하여금 투명 장애물이 포함된 환경에서 안전하고 정확한 자율 주행을 보장할 수 없게 되는 문제점이 발생할 수밖에 없게 된다. 이러한 문제점은 각종 건축 구조물들의 실내외 인테리어 소재로 유리 또는 투명 플라스틱 같은 투명 장애물의 사용 비중이 증가하는 상황에서 더욱 불거지고 있다. 이로 인하여 레이저 거리 측정기만을 사용하는 이동 로봇은 환경 내에 존재하는 투명 장애물을 인식하기 위해 추가적인 센서가 반드시 필요하게 되는 이중적인 부담을 가지게 된다.

따라서 본 논문에서는 레이저 거리 측정기만을 사용하는 이동 로봇으로 하여금 환경 내에 존재하는 투명 장애물을 인식 할 수 있도록 해주는 투명 장애물 인식 알고리즘을 제안하고자 한다.

2. 레이저 거리 측정기의 투명 장애물 문제

레이저 거리 측정기를 이용하여 투명 장애물을 인식하였을 경우, 그림 1과 같은 현상이 발생하게 된다. 투명 장애물은 불투명 장애물과 달리 레이저를 자신의 표면에서 반사시키지 못하고 통과 및 굴절, 정반사 현상을 발생시키게 된다. 이는 레이저 거리 측정기로 하여금 실제로 존재하는 투명 장애물을 인식하지 못하거나 부정확한 측정 정보를 이동 로봇에게 제공하게 된다.

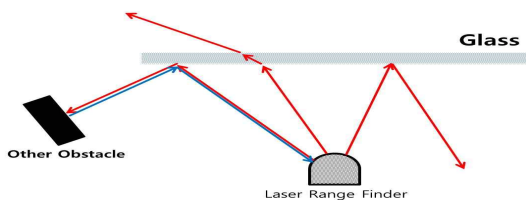


그림 1. 투명 장애물에서의 레이저 레인지 파인더의 반사 현상

Fig. 1. Reflection effects of laser range finder when a transparent obstacle exists

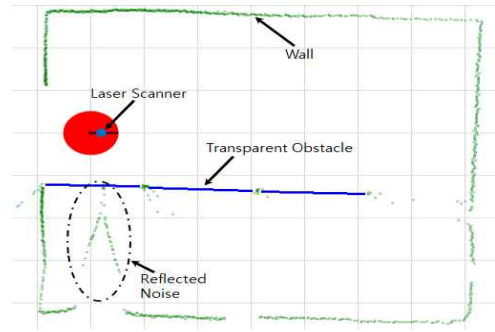


그림 2. 투명 장애물에 의한 반사 잡음
Fig. 2. Reflected noise for transparent obstacle from laser range finder

투명 장애물이 포함된 환경에서 레이저 거리 측정기를 이용하여 거리 정보를 측정하고 이를 표현한 결과가 그림 2에 나타나 있다. 그 결과 투명 장애물에 의한 레이저의 통과 및 굴절, 정반사 현상으로 인한 반사 잡음(reflected noise)이 발생하고 투명 장애물 너머에 있는 불투명 장애물(벽)이 측정되는 것으로 나타났다.

3. 투명 장애물 인식 알고리즘

본 논문에서 제안하는 투명 장애물 인식 알고리즘은 아래와 같은 3가지의 가정들이 뒤따른다.

- 가정 1) 투명 장애물은 직선의 형태는 갖는다.
- 가정 2) 투명 장애물에서 레이저 거리 측정기가 있는 곳의 반대편에는 투명 장애물과 인접한 일반 장애물(불투명 장애물)이 존재하지 않는다.
- 가정 3) 모든 장애물은 고정되어 있으며, 장애물들의 위치는 알려져 있지 않다.

레이저 거리 측정기를 이용한 투명 장애물 인식 알고리즘은 이동 로봇이 위치하고 있는 환경 내에서 발생할 수 있는 모든 잡음들 중 그림 2에서와 같이 투명 장애물에 의해 발생하는 반사 잡음만을 추출한 뒤, 이를 처리하여 투명 장애물의 위치를 찾으려 하는 것이다.

본 논문에서 제안하는 투명 장애물 인식 알고리즘은 점유 격자 지도 방식 기반으로 하였으며, 이에 대한 유사코드는 아래의 그림 3에 나타나 있다. 그림 3의 유사코드에 나타나 있는 용어 중 θ_n 은 레이저 거리 측정기의 센서 빔들 중 n 번째 센서 빔의 각도를 나타내며 식 (1)을 통해 구할 수 있다.

$$\theta_{min} + \theta_{step} \times (n - 1) \tag{1}$$

식 (1)에서 n 은 1~1081이며, θ_{min} 은 -45(deg), θ_{step} 은 0.25(deg)이다. $d_n(t)$ 는 t 시점에 측정된 n 번째 센서의 거리 정보를 나타내며, 식 (2)의 범위를 가진다.

$$D_{min} \leq d_n(t) \leq D_{max} \quad (2)$$

식 (2)에서 D_{min} 과 D_{max} 는 레이저 거리 측정기의 최소, 최대 측정 가능 거리이다. $P_R(t)$ 과 $\theta_R(t)$ 은 t 시점에 대한 이동 로봇의 위치 및 방위각을 나타낸다. $cell_n(t) := f(d_n(t), \theta_n, P_R(t), \theta_R(t))$ 는 t 시점에서의 이동 로봇의 위치 및 방위각을 고려하여 레이저 거리 측정기의 n 번째 센서가 가리키는 절대 위치에 대한 점유 격자 지도상에서의 셀 번호이다. $DCMap(cell)$ 은 특정 셀(장애물 셀)을 감지한 센서 빔의 누적 개수를 나타내는 격자 지도이며, 0 ~ 255의 그레이 값을 갖는다. $cell_R(t)$ 는 $P_R(t)$ 에 대응하는 점유 격자 지도에서의 셀 번호이다.

```

IF  $P_R(t) \neq P_R(t-1)$  THEN
  Calculate the robot cell  $cell_R(t)$  which includes the
  robot position  $P_R(t)$  in the grid map

  FOR each  $d_n(t)$ 
    IF  $d_n(t) \in [D_{min}, D_{max}]$  THEN
      Calculate the cell
       $cell_n(t) := f(d_n(t), \theta_n, P_R(t), \theta_R(t))$  which was
      pointed by  $n$ -th sensor data  $d_n(t)$  in the grid
      map

       $DCMap(cell_n(t)) += 1$ 

      Make a set  $L$  whose elements are the cells
      on the virtual line segment between  $cell_R(t)$ 
      and  $cell_n(t)$  excluding  $cell_R(t)$  and  $cell_n(t)$ 

      LOOP
        Find the nearest cell  $cell_{L1}$  in  $L$  from the
        robot cell  $cell_R(t)$ 
         $DCMap(cell_{L1}) -= 1$ 
        Find the next nearest cell  $cell_{L2}$  in  $L$ 
        from  $cell_R(t)$ 
         $cell_{L1} := cell_{L2}$ 
      END LOOP
    END IF
  END FOR
END IF

```

그림 3. 투명 장애물 인식 알고리즘

Fig 3. Proposed algorithm to detect the surface of transparent obstacle

본 논문에서 제안하는 투명 장애물 인식 알고리즘을 이

용하여 환경 내에 위치하는 투명 장애물의 위치를 찾는 방법은 다음과 같은 단계를 거친다.

단계 1 : 레이저 거리 측정기에 의해 측정된 정보의 중복을 제거하기 위해 이동 로봇의 위치 정보를 검사한다. 만약, 이동 로봇의 위치가 변하지 않았을 경우, 아래의 단계 2~단계 4는 수행하지 않는다.

단계 2 : 레이저 거리 측정기의 n 번째 센서 빔이 측정된 $d_n(t)$ 에 대한 $cell_n(t)$ 를 계산한 뒤, $cell_n(t)$ 에 대응하는 $DCMap(cell)$ 의 값을 1 증가시킨다.

단계 3 : $cell_R(t)$ 와 $cell_n(t)$ 를 잇는 가상의 선분을 생성한 뒤, 이에 대응하는 셀들의 집합인 L 을 생성한다. 단, $cell_R(t)$ 와 $cell_n(t)$ 는 포함하지 않는다.

단계 4 : 생성된 셀들의 집합 L 에 포함되는 셀들의 $DCMap(cell_L)$ 을 1 감소시킨다.

단계 5 : 레이저 거리 측정기의 모든 센서 빔에 대해 단계 2부터 반복 수행한다.

단계 1에서는 이동 로봇이 정지하고 있는 상태를 고려하여 이동 로봇의 이동 여부를 판단한다. 이동 로봇이 정지하고 있는 상태에서 주변 장애물을 측정하였을 경우, 동일한 측정 정보가 누적되고 이 과정에서 투명 장애물에 의해 발생하는 반사 잡음 또한 함께 누적되게 된다. 이는 장애물 측정 정보의 불확실성을 증가시키는 요인이 된다. 따라서 단계 1을 통하여 이동 로봇이 정지하고 있는 상태일 경우, 다음 단계들을 수행하지 않는다.

이동 로봇은 레이저 거리 측정기를 이용하여 주변 장애물을 측정하는 정보가 반사 잡음을 포함한 환경 내에서 발생할 수 있는 잡음인지 정확히 장애물을 측정하는 정보인지 단정할 수 없다. 따라서 단계 2에서는 레이저 거리 측정기가 측정하는 정보의 불확실성을 우선 배제하고 장애물을 인식한 측정 정보로 가정하여 $DCMap(cell)$ 의 수치를 증가시킨다.

이동 로봇과 레이저 거리 측정기가 측정하는 정보에 해당하는 장애물 사이에는 어떠한 장애물도 존재하지 않는다는 사실이 존재한다. 하지만 투명 장애물에 의해 발생하는 반사 잡음의 경우, 투명 장애물과 그 너머의 불투명 장애물 사이에서 발생하는 특징이 있다. 즉, 이동 로봇과 측정된 장애물 사이에는 어떠한 장애물도 존재하지 않는다는 사실을 위반하는 것이다. 따라서 단계 3과 단계 4를 통해 이동 로봇과 측정된 장애물 사이의 모든 $DCMap(cell)$ 수치를 감소시킴으로써 반사 잡음 및 이를 위반하는 센서 측정 정보의 불확실성을 제거할 수 있다.

이러한 단계 2와 단계 3, 단계 4에 대해 레이저 거리 측정기의 모든 센서 빔 측정된 각각의 측정 정보를 반복 수행한다.

4. 실험 환경 및 방법

본 논문에서 제안하는 투명 장애물 인식 알고리즘의 경우, 투명 장애물에 의해 발생하는 반사 잡음만을 추출하여

처리함으로써 투명 장애물을 인식할 수 있도록 하는 알고리즘으로서 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 반사 잡음 등을 재연하여 본 논문에서 제안한 투명 장애물 인식 알고리즘을 적용 시키기에는 상당한 어려움이 존재한다. 따라서 본 논문에서 제안하는 투명 장애물 인식 알고리즘의 유효성을 평가하기 위해 4m × 3.53m의 실제 공간에 외벽을 불투명 장애물로 구성하고, 세 가지의 실험 환경에 대해 이동 로봇이 투명 장애물로 구성된 벽면을 30cm의 간격을 두고 벽면을 따라 주행하는 방법으로 실험하였다. 실험은 Pioneer사의 P3-DX 이동 로봇과 SICK사의 LMS-100 레이저 거리 측정기를 이용하였다. 또한 투명 장애물 인식 알고리즘을 통해 생성되는 점유 격자 지도의 경우, 실험 공간의 크기 및 이동 로봇의 크기를 고려하여 셀의 크기를 15cm × 15cm로 하였다.

첫 번째 실험 환경은 그림 4에서와 같이 1m 길이의 투명 장애물(유리) 3개를 직선의 형태로 연결하고, 각 투명 장애물의 연결 부위에는 불투명한 사각 프레임(5cm × 4cm)을 위치시켰다. 두 번째 실험 환경은 첫 번째 실험 환경과 동일하나 실험 환경 상단에 사각형 모양의 불투명 장애물(23cm × 31cm)을 45° 기울여서 위치시켰다. 마지막 세 번째 실험 환경은 이동 로봇의 회전 이동을 고려하여 2개의 투명 장애물은 직선으로 연결하고 1개의 투명 장애물을 오른쪽 90° 회전시켜 연결하였다.



그림 4. 실험 환경
Fig. 4. Experimental environment

5. 실험 결과

아래의 그림 5, 그림 6, 그림 7은 세 가지 실험 환경에 대한 이상적인 점유 격자 지도(각 결과의 (a))와 본 논문에서 제안한 투명 장애물 인식 알고리즘을 통해 생성한 점유 격자 지도(각 결과의 (b))를 비교하여 나타낸 것이다. 각각의 실험 결과 (b)에 나타나 있는 화살표는 이동 로봇의 이동 방향을 표시한 것이며, 장애물의 표현은 투명 장애물 인식 알고리즘에서 사용한 *DCMap(cell)*의 수치(0~255)를 반전(0:흰색, 255:검정색)시켜 표현하였다.

세 가지 실험 환경에서 투명 장애물 인식 알고리즘을 수행한 결과, 투명 장애물에 의해 발생하는 반사 잡음의 대부분을 효과적으로 제거할 수 있는 것으로 확인되었다. 또한 투명 장애물 인식 알고리즘을 통해 반사 잡음을 제거하는 과정에서 환경 내에 존재하는 불투명 장애물은 제거되지 않는 것으로 확인되었다. 또한 투명 장애물 인식 알고리즘을 통해 생성한 점유 격자 지도에서 이상적인 점유 격자 지도에 비해 불투명 장애물의 크기가 커진 것을 확인되었다. 하

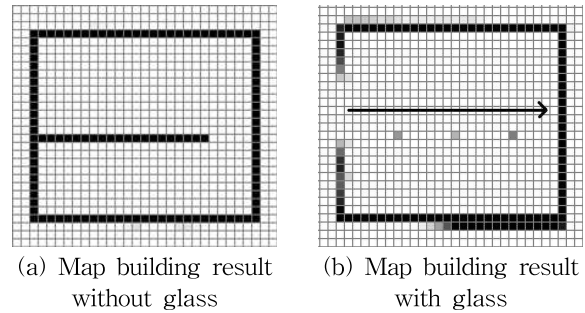


그림 5. 직선 형태의 투명 장애물에서의 실험 결과
Fig. 5. Experimental results following with the straight glass wall

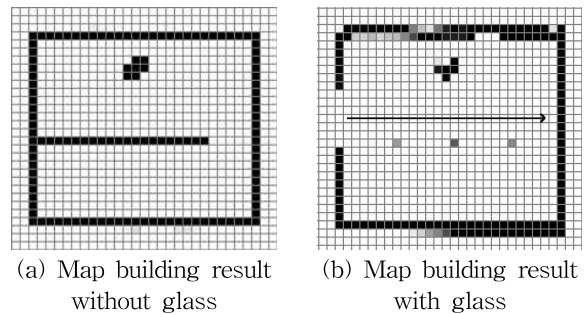


그림 6. 직선 형태의 투명 장애물과 불투명 사각 장애물이 포함된 환경에서의 실험 결과
Fig. 6. Experimental results following with the straight glass wall including a static obstacle on the top middle side

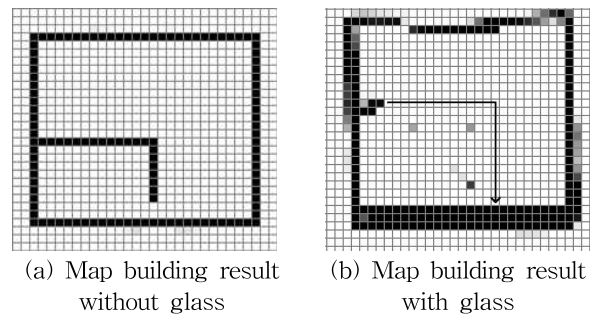


그림 7. 90도 회전된 투명 장애물에서의 실험 결과
Fig. 7. Experimental results following the right-angle glass wall

지만 실제 환경을 점유 격자 지도로 표현하였을 때, 표현되는 장애물의 크기가 실제 장애물의 크기보다 커질 수 있는 점유 격자 지도의 특성을 고려하여 한 개 셀 정도의 오차 허용 범위를 고려한다면 비교적 정확하게 불투명 장애물을 인식한 것으로 볼 수 있다. 추가적으로 그림 5와 그림 6에서 실험 환경의 왼쪽 외벽을 인식하지 못하는 것은 레이저 거리 측정기의 음영 지역으로 인해 장애물을 인식하지 못한 것이다.

반면 이동 로봇의 회전을 고려한 실험인 그림 7의 경우, 투명 장애물에 의해 발생하는 반사 잡음의 대부분은 제거되었지만 레이저 거리 측정기로 인식한 실험 환경의 외벽 크

기가 비이상적으로 커진 것을 확인하였다. 이는 이동 로봇에 투명 장애물 인식 알고리즘을 적용하는 과정에서 추가적인 위치 인식 및 위치 보정 알고리즘을 적용하지 않은 결과로 이동 로봇의 위치 및 방위각에 오차가 누적됨으로 인해 레이저 거리 측정기로 인식한 장애물의 절대 위치에 오차가 생긴 결과이다.

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 투명 장애물이 포함되어 있는 환경에서 레이저 거리 측정기만을 이용하여 환경 내에 존재하는 장애물을 감지할 경우, 투명 장애물에 의해 발생하는 반사 잡음을 일반적인 잡음과 구분하여 추출하고 이를 처리함으로써 투명 장애물을 인식할 수 있도록 하는 투명 장애물 인식 알고리즘을 제안하였다. 또한 투명 장애물에 의해 발생하는 반사 잡음은 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 재현하기에는 어려운 부분이 존재하여 실제 이동 로봇 및 이동 로봇에 부착된 레이저 거리 측정기에 본 논문에서 제안한 투명 장애물 인식 알고리즘을 적용하여 실제 실험 환경에 대한 점유 격자 지도를 생성하는 실험을 진행하여 이를 검증하였다.

그 결과 실험 환경 내에 존재하는 투명 장애물에 의해 발생하는 반사 잡음만을 구분하여 효과적으로 제거할 수 있는 것으로 확인되었으며, 투명 장애물에 의한 반사 잡음을 제거하더라도 실험 환경 내에 존재하는 불투명 장애물을 인식하는데 문제가 없음을 확인하였다.

하지만 이동 로봇의 회전을 고려한 실험에서의 결과로서, 환경 내에 존재하는 투명 장애물의 크기가 비이상적으로 커지는 현상이 발생하였으며, 이는 이동 로봇에 투명 장애물을 인식 알고리즘을 적용하는 과정에서 추가적인 위치 인식 및 위치 보정 알고리즘을 적용하지 않은 결과로 이동 로봇의 위치 및 방위각에 오차가 누적된 결과로 보인다. 이는 본 논문에서 제안한 투명 장애물 인식 알고리즘의 수정 및 보완해야 할 사항이다. 또한 본 논문에서 제안한 투명 장애물 인식 알고리즘의 경우, 투명 장애물에 의해 발생하는 반사 잡음을 효과적으로 제거할 수는 있지만, 투명 장애물의 표면을 정확히 인식하기에는 아직 부족한 부분이 존재하므로 향후 이를 보완할 예정이다.

References

- [1] TaeSeok Jin and Han-Ho Tack, "Path Following Control of Mobile Robot Using Lyapunov Techniques and PID Controller," *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 11, no. 1, pp. 49-53, 2011
- [2] Hyun Wook Kim and Seul Jung, "Fuzzy Logic Application to a Two-wheel Mobile Robot for Balancing Control Performance," *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 12, no. 2, pp. 154-161, 2012
- [3] Taeseok Jin, "Obstacle Avoidance of Mobile Robot Based on Behavior Hierarchy by Fuzzy Logic," *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 12, no. 3, pp. 245-249, 2012

- [4] Y. C. Lee, J. H. Lim, D. W. Cho and W. K. Chung, "SonarMap Construction for Autonomous Mobile Robots Using a Data Association Filter," *Advanced Robotics*, vol.23, no.1-2, pp.185-201, 2009
- [5] S. Fazli and L. Kleeman, "Wall Following and Obstacle Avoidance Results from a Multi-DSP Sonar Ring on a Mobile Robot," *Proceedings of the IEEE International Conference on Mechatronics & Automation*, pp.432-437, 2005
- [6] Y. T. Wang, Y. C. Feng, D. Y. Hung, "Detection and Tracking of Moving Objects in SLAM using Vision Sensors," *IEEE Trans. Instrumentation and Measurement Technology Conference*, pp.1-5, 2011
- [7] Y. Ma, S. Soatto, J. Kosecka and S. S. Sastry, *An Invitation to 3-D Vision*, Springer, 2003
- [8] J. Rudan, Z. Tuza, G. Szederkenyi, "Using LMS-100 Laser Range finder for Indoor Metric Map Building," *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, pp.525-530, 2010
- [9] A. Aboshosha, A. all, "Robust Mapping and Path Planning for Indoor Robots based on Sensor Integration of Sonar and a 2D Laser Range Finder," *IEEE 7th International Conference on Intelligent Engineering Systems*, 2003
- [10] A. Diosi and L. Kleeman, "Advanced Sonar and Laser Range Finder Fusion for Simultaneous Localization and Mapping," in *Proc. of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, vol. 2, pp. 1854-1859, 2004
- [11] Lumelsky, V., Skewis, T., "Incorporation Range Sensing in The Robot," *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics*, vol.20, no.5, pp.1058-1068, 1990
- [12] "LMS100 Laser Measurement System Operating Instructions", Available: www.sick.com, 2009, [Accessed: September 5, 2011]

저 자 소 개



박정수(Jung-Soo Park)

2011년 : 동국대학교 컴퓨터공학과 공학사

2011년~현재 : 동국대학교 대학원

컴퓨터공학과 석사과정

관심분야 : Human-robot Interaction, Mobile robot navigation with emphasis on intelligent sensor fusion

Phone : +82-2-2290-1426

E-mail : hostkit@naver.com



정진우(Jin-Woo Jung)

1997년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학
학과(공학사)

1999년 : 한국과학기술원 전기 및 전자 공
학과(공학석사)

2001년~2002년 : 일본 동경대학교 기계정
보공학과 대학원 방문연
구원

2004년 : 한국과학기술원 인간친화 복지 로봇시스템 연구센
터 박사후연구원

2006년~2012년 : 동국대학교 컴퓨터공학과 조교수

2012년~현재 : 동국대학교 컴퓨터공학과 부교수

관심분야 : 인간-로봇 상호작용, 다개체 협력로봇, 소프트컴
퓨팅, 생체측정, 지능로봇

Phone : +82-2-2260-3812

E-mail : jwjung@dongguk.edu