

# SLAM기술을 활용한 위험지역 탐사로봇

유수빈, 강성현, 이경임, 최근학  
서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부, 컴퓨터과학부  
tnqlssla2622@naver.com

## Utilisation of SLAM Technology: Robot to Investigate Dangerous Areas

Su-Bin You, Geun-Hak Choi, Kyung-Im Lee, Sung-Hyeon Kang  
University of Seoul : Department of Electrical and Computer Engineering,  
Computer Science

### 요 약

미지의 환경에 대한 지도는 다양한 분야에서 중요한 자료로 활용될 수 있다. 본 논문에서는 사람이 접근할 수 없는 위험지역을 탐색하고, 이에 대한 지도를 제작하는 Mappingbot을 구현하였다. 로봇은 SLAM기술을 활용하여 실시간 지도를 제작하고, 해당 지도 내에서 자신의 위치를 추정한다. 또한, 별도의 조종 없이 위험 지역을 전방위 탐사한다. 이는 위험지역 및 재난지역뿐만 아니라, GPS를 통한 위치정보를 받을 수 없는 환경에서 활용할 수 있다는 점에서 구현의 의의를 갖는다.

## 1. 작품 소개

### 1.1 Mappingbot 이란?

사람이 접근하기 어려운 위험지역 또는 재난지역의 지도를 원할 때, 자신의 위치를 알고 주행을 하며 지도를 생성하는 로봇이다. 먼저, 핵심적인 SLAM(Simultaneous Localization And Mapping) 기능은 Kinect Depth camera 센서를 이용하여 구현하였다. 로봇의 전반적인 제어는 라즈베리 파이를 사용하였으며, 파이 내에 ROS(Robot Operating System)을 설치하여 개발하였다.



<그림 1. Mappingbot 외형(보완예정)>

### 1.2 기획 의도

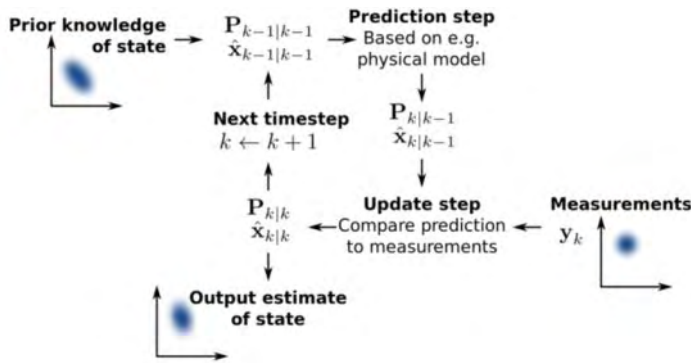
대형 재난 상황에서 추가적 손실을 막기 위한 2차 피해 차단은 필수적이다. 하지만 지진, 가스폭발과 같은 대형 재해에서 인간이 접근할 수 있는 지역은 크게 제한된다. 그런 환경에서 인간이 접근할 수 없는 위험 지역을 자율 탐사하고, 해당 지역의 영상 정보를 받아 2D지도를 제작하는 재난 구조로봇이 Mappingbot이다. 비전 센서만을 이용하여 국내에서 잘 알려지지 않은 SLAM기술의 안정성이 크게 향상됨에 따라 라즈베리파이를 이용해 특별한 재난 구조로봇을 제작해본다.

### 1.3 적용 기술

SLAM(Simultaneous Localization And Mapping)은 로봇 이미지의 환경을 탐색하면서 로봇에 장착된 센서만으로 로봇 스스로 자신의 위치를 추정함과 동시에 미지 환경의 지도를 작성하는 것을 의미한다.

위치 추정에 사용되는 센서로는 대표적으로 엔코더와 관성센서가 있다. Mappingbot에는 엔코더 없이 관성센서만으로 위치를 추정했다. 이러한 위치 추정은 지도를 작성할 때 사용되는 거리 센서 및 카메라를 통해 얻은 주변 환경의 정보를 기반으로 다시 한

번 위치보정을 하도록 한다. 적용시킨 이론은 <그림 2>에 나온 칼만 필터를 이용한 위치추정이 있다.



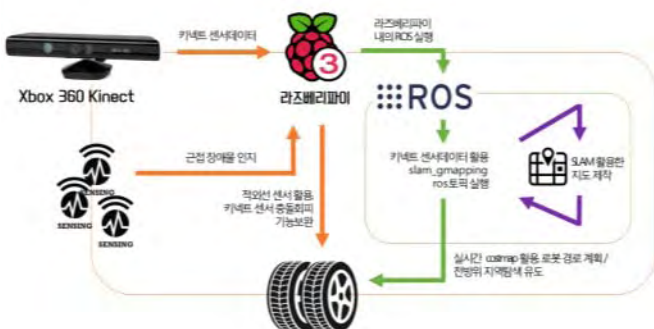
<그림 2. 칼만 필터>

해당 필터는 기본적으로 Bayesian probability을 기반으로 한다. 먼저, 모델을 상정하고 이용하여 이전 상태에서부터 현재 시점의 상태를 예측한다. 다음으로, 앞 단계의 예측 값과 외부 계측기로 얻은 실제 측정 값 간의 오차를 이용하여 더 정확한 상태 값을 추정하는 보정 단계를 거치게 된다.

지도 작성에 사용되는 센서로는 거리 센서의 결과물에 준하는 거리 값을 추출하는 Depth camera(Kinect)를 사용하였다. 그 결과로 얻은 데이터를 실제 slam에 사용되는 레이저스캔 데이터로 변환 후 지도를 작성하게 된다.

## 2. 작품 내용

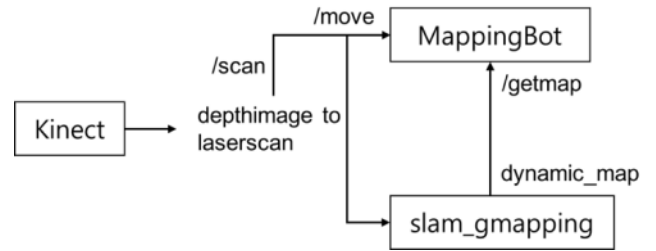
### 2.1 시스템 구조도



<그림 3. 시스템 구조도>

작품의 시스템 구조도는 <그림3>과 같다. 먼저, 라즈베리 파이에 부착된 kinect와 적외선 센서로부터 센서 데이터를 받아온다. 동시에 파이에 설치된 ROS에서 slam\_gmapping노드가 실행되어 미지의 환경에 대한 실시간 지도를 제작한다. 제작된 지도

데이터 중 일부는 로봇이 탐사되지 않은 지역에 관한 전방위 탐사를 하는 데 사용된다.



<그림 4. 노드와 토픽 간 관계도>

<그림4>는 로봇에 사용되는 필수 노드와 토픽 간의 관계도를 보여준다. 패키지 MappingBot은 /getmap, /move 두 개의 노드를 실행한다. 먼저, ① /getmap노드는 slam\_gmapping노드에서 제공하는 /dynamic\_map 서비스를 호출한다. 이는 주행 제어를 위한 점유 격자 지도(Occupancy Grid Map) 데이터를 얻기 위함이다. 점유 격자 지도는 각 셀의 점유 상태(occupancy state)를 점유 확률(occupancy probability)을 이용해 나타낸 지도이다. 이는 로봇이 이동 가능한 흰색 자유 영역(free area), 이동 불가능한 검은색 점유 영역(occupied area), 확인되지 않은 회색 미지 영역(unknown area)로 표현한다. 각 영역은 0에서 255까지의 그레이 스케일(gray scale)값으로 표현된다. 다음으로, ②얻어진 데이터는 MappingBot의 /move노드에서 받아온다. 이를 통해 주행되지 않은 지역에 가중치를 두어 로봇이 미지 영역 위주의 전방위 탐사를 하도록 유도한다. 라즈베리 파이에 부착된 kinect 센서는 깊이 영상 데이터를 제공한다. 이때, ③깊이영상 데이터는 Laser scan 데이터로 변환되어 /scan토픽을 발행한다. 마지막으로, ④발행된 토픽은 slam\_gmapping노드와 MappingBot에서 받아와 지도 제작 및 전방위 장애물 인식에 활용된다.

### 2.2 코드 설계

작품의 주요 코드 설계를 보여주는 의사 코드는 <그림5>와 같다. 프로그램 MappingBot은 주행을 위한 move와 실시간 지도 데이터를 얻기 위한 getmap 노드를 갖는다. 로봇이 주행을 시작하면 먼저, kinect 센서와 적외선 센서를 이용해 전방 1m내에 장애물이 있는지 확인한다. 장애물이 없을 경우 Check\_visited() 함수를 이용해 80% 이

하로 탐색된 지역을 우선하여 찾아 0.5m씩 전진 탐색한다. 전방 1m 내에 장애물이 있을 경우, 장애물이 없는 지역을 찾을 때까지 회전한다.

```
PROGRAM Mappingbot:
  robot.addNode("move")
  robot.addNode("getmap")

  map_srv = robot.getmap.wait_for_service("dynamic_map")

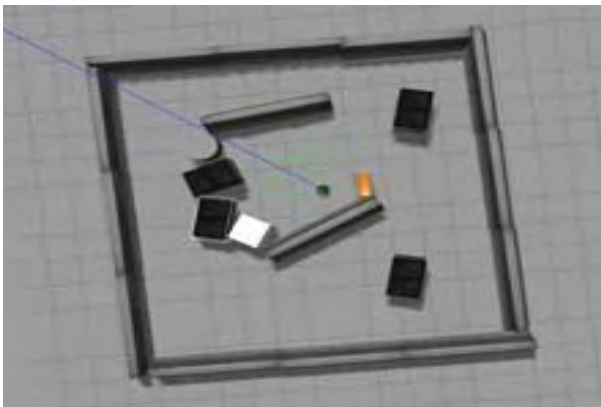
  WHILE (robot.is_not_shutdown()):

    IF (Obstacle_range(robot) == true)
      WHILE (Check_visited(map_srv.map) == true)
        IF (sum >= 2*PI)
          robot.move = turn("1*PI")
          sum = 0
          break
          robot.move = turn("0.3") # turn 0.3 radians
          sum += 0.3
          robot.move = move_forward("0.5") # move 0.5 meter
        ENDIF
      ELSE
        WHILE (Obstacle_range(robot) == false)
          robot.move = turn("0.3") # turn 0.3 radians
          sum += 0.3
        ENDIF
      ENDIF
    ENDIF
```

<그림 5. 설계된 의사 코드>

장애물이 없는 지역에 대해서는 반복하여 탐색된 지역인지를 확인한다. 해당 지역이 이미 모두 탐색된 지역이며(회전수의 합이  $360^\circ$  이상, 즉 변수 sum의 값이  $2\pi$  보다 크거나 같음) 다른 방향에 대해서는 1m 내에 장애물이 존재하는 전진 불가능 지역일 경우, 로봇은 180도를 회전해 원래 왔던 방향으로 0.5m 돌아온다.

### 2.3 가상 테스트 및 Gazebo 시뮬레이션



<그림 6. Gazebo 가상공간>

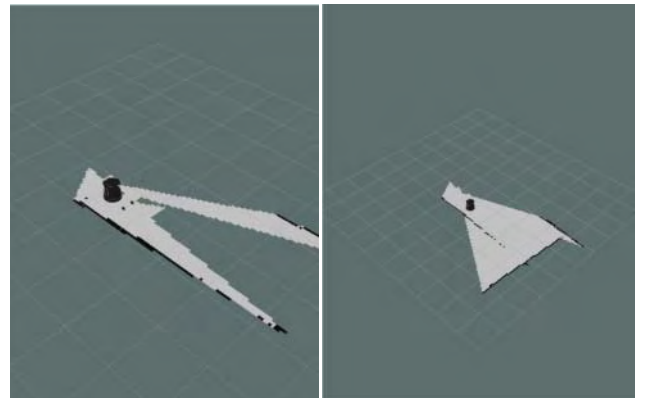
MappingBot이 지도를 만드는 과정을 확인하고, 설계된 주행 코드의 효율성 및 정확성을 테스트하기 위해 Gazebo에서 가상공간을 설계하였다. 시뮬레이션은 Gazebo시뮬레이터와 kinect 센서가 부착된 터틀봇 로봇을 사용하였다. <그림6>은 Gazebo를 이용하여 설계한 가상공간을 보여준다. 해당 공

간에 Turtlebot을 호출하여 설계한 코드의 시뮬레이션을 진행하게 된다.



<그림 7. 가상공간에서의 주행>

<그림7>은 Turtlebot이 가상공간에서 설계된 코드에 의해 주행 및 Mapping을 하는 과정을 나타낸다.



<그림 8. 실시간 지도생성>

이 과정에서 받아온 laserscan 데이터는 tf변환을 통하여 지도생성을 위한 데이터로 변환된다. slam\_gmapping 노드를 실행시켜 지도가 생성되는 과정은 <그림8>에서 확인할 수 있다. 이 과정을 통하여 우리가 얻고자 하는 2D costmap이 pgm파일로 만들어 지게 된다.

Mappingbot이 실제로 사용될 곳은 <그림6>에서 구축한 가상공간보다 복잡할 것이다. 따라서 2.2에서 다른 코드를 구체화시킬 필요가 있다. 탐색하지 않은 공간에 가중치를 두어 탐색할 가능성을 높이고 이미 탐색한 공간은 가중치를 낮추어 중복된 지역의 주행을 줄임으로써 효율성을 높여야 한다. 또한 탐색할 지역의 구석까지 탐색하기 위해서 시뮬레이션을 통하여 설계한 코드의 효율성과 정확성을 반복하여 검토할 필요가 있다.

### 3. 작품의 기대 효과 및 활용분야

#### 3.1 작품의 기대 효과

##### 3.1.1 위험성 감소

Mappingbot은 자율주행기반의 로봇이다. 원활한 자율주행기능을 구현하기 위해 적외선센서와 초음파 센서 등을 장착하였고, 이를 통해 주행 중에 로봇 스스로 장애물을 인식하고 피해갈 수 있기 때문에 사람을 대신하여 위험지역을 탐사할 수 있다. 특히, 붕괴위험이 있는 장소나 사람이 접근하기 힘든 위험지역에 대한 작업을 수행하기 전에 우선적으로 현장에 투입되어 내부 환경을 조사하고 이에 대한 지형 및 내부 상황에 대한 정보를 실시간으로 출력하도록 설계하였다. Mappingbot을 통해 얻은 정보들을 활용하여 내부 상황을 고려하여 작업을 계획할 수 있기 때문에 위험지역에서 작업함에 있어 인명피해를 최소화 할 수 있을 것으로 보인다.

##### 3.1.2 효과적인 Mapping 능력

로봇이 미지의 공간에서 위치정보에 기반 하여 작업을 수행하기 위해서는 센서 정보가 필요하다. 로봇에 장착된 Kinect 센서는 RGB 영상뿐만 아니라 특정한 적외선 점 패턴을 물체에 투영하여 반사된 레이저 빔 포인트로 각 픽셀간 거리를 측정하여 지형, 물체 등을 인식할 수 있다. 또한, 물체에서 반사되어 돌아오는 적외선 패턴을 수광 센서로 검출하여 깊이 영상을 실시간으로 획득하는 것이 가능하며, 소리로 음성의 위치를 파악하고 주변 소음을 분리해 낼 수 있는 마이크로폰이 내장되어 있어 소리를 이용한 탐사도 가능하다. 따라서 이를 이용하면 센서로부터 수집한 정보로 지도를 작성하는 동시에, 실시간으로 자신의 위치를 추정하여 탐사할 수 있어 고도의 임무 수행이 가능할 것이라고 생각한다.

##### 3.1.3 비용절감의 효과

Mappingbot의 가장 큰 장점은 자율주행을 기반으로 한 로봇이라는 것이다. 그렇기 때문에 위험지역 탐사에 요구되는 인건비등을 줄일 수 있다. 또한, 위험지역 내부의 상황을 분석한 후에 작업을 수행하면 효과적인 탐사가 가능하게 되어 탐사에 요구되는 절대비용을 절감할 수 있을 것이라 기대된다. 또한, Kinect 센서는 가격이 저렴하여 카메라와 IR 센서 Microphone 등이 융합된 센서로 성능이 우수하기 때문에 각광 받고 있으며, 많은 연구가 이루어지고

있다. 따라서 향후 기술 개발에 따라 Mappingbot의 경쟁력은 더욱 강화될 것이라고 생각한다.

#### 3.2 작품의 활용분야

##### 3.2.1 재난지역 및 위험지역

지진, 화재와 같은 대형 재해에서 인간이 접근할 수 있는 지역은 크게 제한된다. 이 작품은 자율주행기능을 기반으로 인간이 접근할 수 없는 위험지역을 자율 탐사하여 해당지역의 영상정보를 받아 지도를 제작한다. 이를 활용하면 재난상황에서 추가적 손실을 막을 수 있을 것이라고 본다.

##### 3.2.2 외계행성 자율 주행 시스템 설계

외계 공간에서는 GPS와 같은 위치를 인식할 수 없어 정해진 임무를 수행하기란 매우 어려운 일이다. 본 작품은 SLAM 기술을 사용하여 3차원 지도를 생성하고, 이를 기반으로 실시간으로 영상을 인식하여 위치를 파악한 후 외계 공간에서 로봇을 사용하여 자율 주행이 가능한 시스템에 대한 설계가 가능할 것으로 기대된다.

### 4. 향후 연구 및 과제

본 논문은 위험지역을 탐사할 수 있는 로봇을 만들기 위해 새로운 환경에서 자신의 위치를 인식해야 하는 환경 적응성에 대한 위치추정 기술과 거리 측정 센서를 이용한 맵 생성 기술을 융합한 SLAM 기술을 이용하였다. Mappingbot의 실용화를 위해서는 크게 주행기능과 맵핑 기능을 나누어 보완하여 작업의 효율성과 정확성을 높일 필요가 있다.

주행적인 부분에서의 불안요소는 주행환경의 불확실성이다. 실제 붕괴현장, 화재 현장 등의 위험지역의 내부 상황은 예측이 불가능하고 위험요소가 매우 많다. 주행 중에 로봇이 뒤집힐 수도, 구덩이에 빠져서 나오지 못할 수도 있다. 따라서 이러한 모든 위험상황에 대처할 수 있는 추가적인 기능에 대한 연구가 필요하다.

지도생성 측면에서 가장 중요한 것은 로봇이 수집한 데이터를 통해 생성한 지도의 정확성이다. 하지만 자율주행 로봇이 위치한 환경을 모두 이동하면서 맵을 생성하는 일반적인 방법은 센서들의 오차나 중첩된 벽들에 의해 정확한 맵을 생성하기 어렵다. 따라서 이 부분을 보완하여 정확한 지도 생성을 위한 지속적인 연구가 필요할 것이다.