

# 지형 탐색 자율주행 알고리즘과 모니터링 애플리케이션 구현

## Implementation of autonomous driving algorithm and monitoring application for terrain navigation

강 종 원\*, 전 일 수\*, 김 명 식\*, 임 완 수\*★

Jongwon Kang\*, Il-Soo Jeon\*, Myung-Sik Kim\*, Wansu Lim\*★

### Abstract

In this paper, we propose an autonomous driving algorithm that allows a robot to explore various terrains, and implement an application that can monitor the robot's movement path during terrain search. The implemented application consists of a status unit that indicates the position, direction, speed, and motion of the mobile robot, a map unit that displays terrain information obtained through terrain search, and a control unit that controls the movement of the mobile robot. In order to control the movement of the robot, only the start and stop of the search/return is commanded by the application, and all driving for the search is performed autonomously. The basic algorithm for terrain search uses an infrared sensor to check for obstacles in the order of left, front, right, and rear, and if there is no obstacle and the path traveled is a dead end, it returns to the previous position and moves in the other direction to continue the search. Repeat the process to explore the terrain.

### 요 약

본 논문은 로봇이 다양한 지형 탐색이 가능한 자율 주행 알고리즘을 제안하고, 지형 탐색 중 로봇의 이동 경로를 모니터링 할 수 있는 애플리케이션을 구현한다. 구현한 애플리케이션은 이동 로봇의 위치, 방향, 속도, 동작을 나타내는 상태부와 지형 탐색을 통해 얻은 지형 정보를 나타내는 지도부, 이동 로봇의 동작을 제어하는 제어부로 구성된다. 로봇의 움직임 제어는 탐색/복귀의 시작과 정지만 애플리케이션으로 명령하고, 탐색을 위한 모든 주행은 자율로 하도록 하였다. 지형 탐색의 기본적인 알고리즘은 적외선 센서를 이용해 좌측, 전방, 우측, 후방 순으로 장애물을 확인하여 장애물이 없는 곳이 이동하고 이동한 경로가 막다른 길이면 이전 위치로 돌아와 다른 방향으로 이동하여 탐색을 계속하는 과정을 반복하여 지형을 탐색한다.

*Key words* : Android application, mobile robot, infrared sensor, terrain search, autonomous driving

\* Dept. of Aeronautics, Mechanical and Electronic Convergence Engineering, Kumoh National Institute of Technology

★ Corresponding author

E-mail : wansu.lim@kumoh.ac.kr, Tel : +82-54-478-7489

This research was supported by Kumoh National Institute of Technology (2019104155)

Manuscript received Aug. 30, 2021; revised Sep. 13, 2021; accepted Sep. 15, 2021.

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.

### 1. 서론

산업구조가 복잡해지고 대형화, 집중화됨에 따라 대규모 화재 혹은 지진과 테러 등과 같은 대형 재난은 대규모 인명 피해로 이어질 수 있으며 이로 인한 건물 붕괴 시 고립된 생존자의 신속한 구조는 사후 인명 피해를 최소화하기 위해 필수적이다. 또한, 붕괴 잔해물로 인해 구조대의 접근이 크게 제한될 뿐만 아니라 탐색 중 추가 붕괴로 인하여 구조 대원과 생존자에 대한 2차 피해가 일어날 수 있다.

이와 같은 어려움으로 인해 로봇을 이용한 생존자 탐색에 관한 연구 개발이 이뤄지고 있다[1, 2].

미국은 911테러에 의한 세계무역센터 붕괴 시 생존자 탐색 및 복구 과정에서 다양한 로봇들이 대규모로 사용하였다[3]. 로봇은 붕괴 장해물 내 희생자 탐사 및 생존 공간으로의 통로 탐사를 일차적으로 수행하였으며 복구 과정에서는 건물 구조물 진단, 유해 물질 감지 등을 목적으로 사용되었다. 인명 탐색 시에는 구조원과 수색견이 접근하지 못하는 지역에 대해서 로봇이 사용되었다. 지진 재난이 많은 일본은 지진 발생 시 인명 탐색을 위한 다양한 로봇들이 개발되고 있다[4]. 동일본 대지진 때 후쿠시마 원전사고를 수습하기 위하여 원자로 건물 내부에 로봇을 투입하였고, 원자로 건물 주변의 방사성 잔해를 처리하기 위해 무인 원격제어 중장비를 사용하였다[5].

또한, 재난 현장 지형에 따라 로봇 형태를 변경하여 장애물에 대한 제약을 줄이는 연구와 수상에서 재난 상황 감시를 위해 수상 로봇의 자율적인 장애물 회피와 목적지 자동회귀 연구도 되고 있다[6, 7]. 그 외에도 사람이나 소방차가 접근하기 힘든 실외화재 진압 및 인명구조 로봇을 목표 지향 설계 개념을 이용한 개발[8], IT 융합기술을 이용하여 화재 및 재난 현장에서 요구조자를 위한 휴대형이면서 투척형, 소모형 피난 유도 로봇 개발[9], 화재 감시 이동 로봇의 설계 및 구현[10], 등 여러 방면에서 연구가 진행 중이다.

위에서 언급한 로봇들은 공통으로 지형을 탐색하고 이를 토대로 얻은 지형 정보를 이용하여 각 로봇의 목표를 수행한다. 따라서 지형 탐색 기능은 필수적이라 할 수 있다. 지형 탐색 혹은 자율주행과 연동한 스마트폰 애플리케이션 개발은 다양한 분야에서 다음과 같이 진행되고 있다. [11]은 스마트폰 애플리케이션을 이용하여 외부에서 원격으로 집안의 로봇을 제어하는 연구를 수행하였다. 집안에 다양한 집기들로 인해 탐색 알고리즘을 탑재했으며 로봇에서 스마트폰으로 전송한 영상을 기반으로 사용자가 로봇을 조정하도록 구현하였다. [12]는 감시, 경찰에 사용하는 드론의 위치, 비행시간, 속도, 방향 등 다양한 드론 운행 정보를 공유하는 애플리케이션을 제안하였다. [13]은 다양한 전염병 예방을 위한 방역 로봇을 소개하고, 방역 로봇의 지형 탐색 알고리즘 시현을 하였다. 영상처리 기반

으로 다양한 물체를 인식하여 로봇이 투입된 지역의 지도를 작성하는 등 지형 탐색을 위한 다양한 기술을 소개하였다.

본 논문은 위에서 소개한 [11-13] 논문의 핵심 연구 키워드인 자율주행, 지형 탐색, 스마트폰 애플리케이션을 종합하여 구현하였다. 따라서, 사람이 수동으로 로봇을 제어하거나 고정된 경로로 로봇이 움직이는 것이 아니라 다양한 지형 탐색이 가능하도록 적외선 센서 기반 자율주행 알고리즘을 제안하고, 지형 탐색의 모든 과정이 스마트폰에서 모니터링되는 기능을 제공하는 애플리케이션을 구현하였다.

## II. 본론

### 1. 이동 로봇

그림 1은 센서 위치를 나타낸 이동 로봇의 단면도이다. 본 논문에서 사용하는 센서의 종류는 3가지이다. 장애물 인식을 위한 IR 센서, 속력과 방향 측정을 위한 가속도 센서, 방향 측정을 위한 지자기 센서를 사용한다. IR 센서는 전방에 3개 좌, 우, 후방에 각 1개씩 있다. 가속도 센서와 지자기 센서는 이동 로봇의 상단에 있다. 이동 로봇은 적외선 센서를 이용하여 지형 탐색 알고리즘에 따라 지형 탐색을 수행하게 된다. 로봇은 현재 방향과 위치를 기준으로 전, 후, 좌, 우 네 방향으로만 이동하도록 설정하였다.

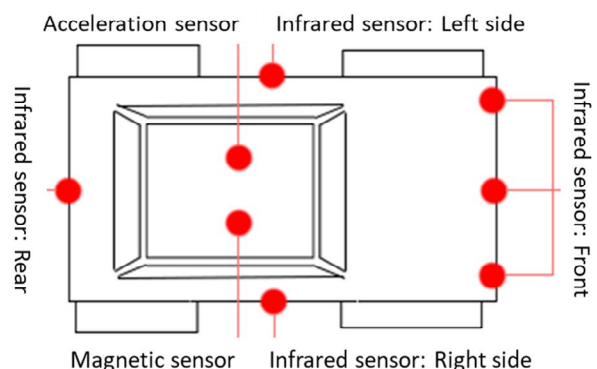


Fig. 1. Sectional view of mobile robot and location of sensor.  
그림 1. 이동 로봇의 단면도 및 센서 위치

### 2. 애플리케이션의 구성

애플리케이션의 초기 실행 화면은 그림 2와 같다. 애플리케이션은 크게 3가지 부분으로 나뉜다.

그림 2의 ㉑는 지형 탐색을 통해 얻은 지형 정보를 나타내는 지도부이며 그림 2의 ㉒는 이동 로봇의 위치, 방향, 속력, 동작을 나타내는 상태부이다. 그리고 그림 2의 ㉓는 이동 로봇의 동작을 제어하는 제어부이다.

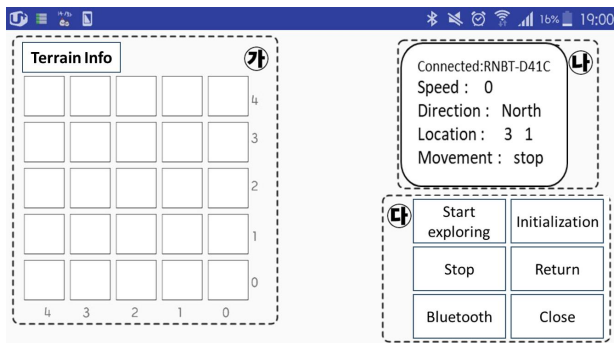


Fig. 2. Screen of application.  
그림 2. 애플리케이션 실행 화면

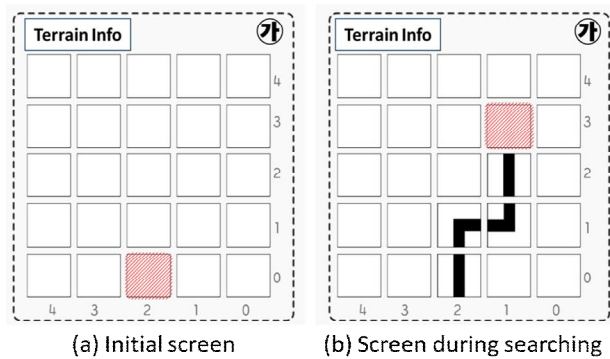


Fig. 3. Map portion of application.  
그림 3. 애플리케이션의 지도부

가. 지도부

그림 2의 ㉑에 나타난 애플리케이션의 지도부는 지형 탐색을 통해 얻은 탐색지의 지형 결과를 표시 하였으며, 지형물의 위치 정보를 정확하게 표시하기 위하여 가로축과 세로축을 이용하여 좌표화 하였다. 그림 3의 (a)는 지도부의 초기화면으로 빨간색으로 표시한 부분은 이동 로봇의 시작점이다. 그림 3의 (b)는 지형 탐색이 진행 중인 상태의 지도부를 나타낸 것이다. 이동 로봇의 탐색 결과는 해당 위치에 맞는 지형패턴을 갱신하는 것으로 표시하며, 지형패턴을 나누는 기준은 이 향의 뒷부분에서 자세하게 서술하였다. 빨간색으로 표시한 부분은 이동 로봇의 위치를 나타낸다.

모바일 기기의 해상도에 따라 애플리케이션 화면

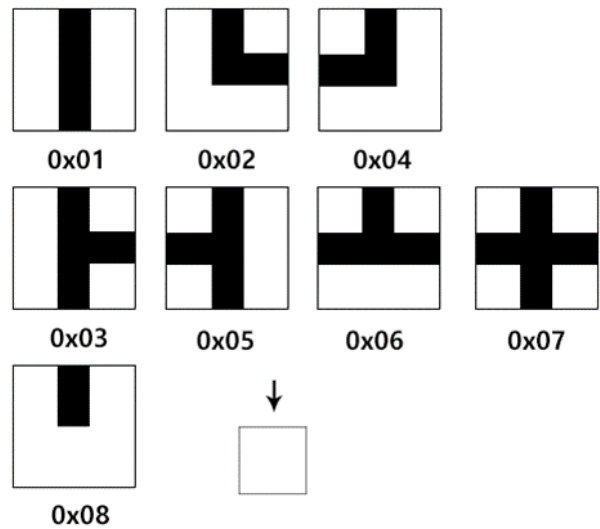


Fig. 4. Terrain pattern in case entering direction of mobile robot is upside.

그림 4. 이릉로봇의 진입방향이 위쪽인 경우 지형 패턴

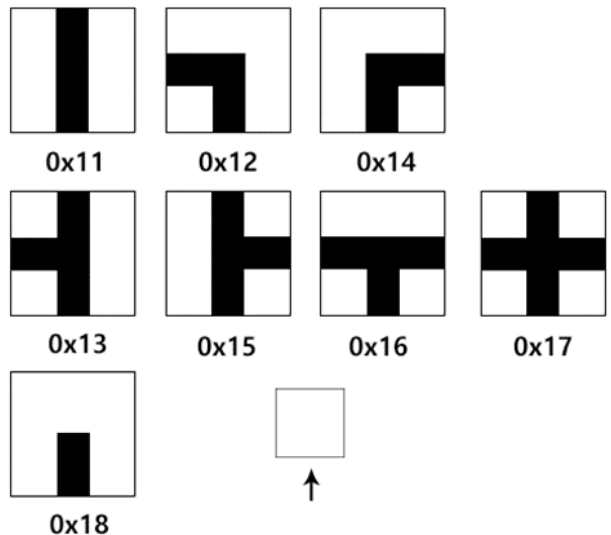


Fig. 5. Terrain pattern in case entering direction of mobile robot is down.

그림 5. 이릉로봇의 진입방향이 아래쪽인 경우 지형 패턴

상 표시 가능한 블록의 개수는 차이를 보이며, 각 블록의 크기는 블루투스 통신 가능 거리를 고려하여 실제 지형에서 30×30(cm<sup>2</sup>)으로 설정하였다. 예를 들어 11×11개의 블록이 있다면 최대 550×550(cm<sup>2</sup>) 범위의 지형을 탐색할 수 있다.

이동 로봇의 진입 방향에 따라 지도 패턴을 그림 4, 5, 6, 7과 같이 나누고 각 지형에 대해 번호를 설정하였다. 번호는 2 비트의 16진수로 설정하였으며 상위비트는 해당 위치로 이동 로봇의 진입 방향, 하위비트는 지형의 형태를 나타낸다. 이동 로봇은

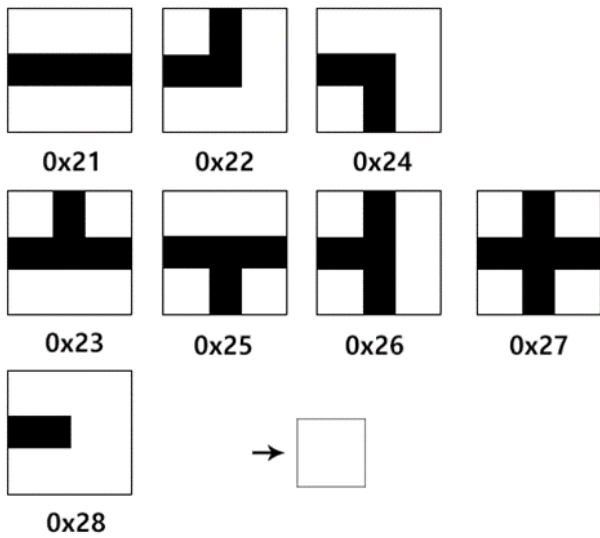


Fig. 6. Terrain pattern in case entering direction of mobile robot is left.

그림 6. 이릉로봇의 진입방향이 왼쪽인 경우 지형 패턴

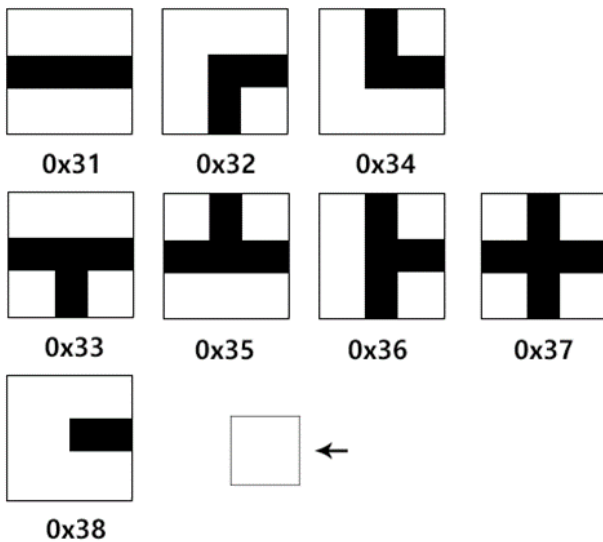


Fig. 7. Terrain pattern in case entering direction of mobile robot is right.

그림 7. 이릉로봇의 진입방향이 오른쪽인 경우 지형 패턴

전, 후, 좌, 우 네 방향으로만 이동함을 전제로 지도 패턴을 나누었다. 이동 로봇의 방향과 이동을 토대로 지나간 경로의 지형을 판단하고 그에 해당하는 번호를 좌표화 된 위치를 번호와 매칭시키고 이를 이용하여 애플리케이션의 지도부에서 지형 정보를 출력한다.

지도의 패턴은 갈림길이 없는 경우, 갈림길이 있는 경우, 막다른 길로 나뉜다. 갈림길이 있는 패턴의 경우 갈림길이 없는 패턴을 조합하여 만들어진 것이다. 이를 이용하여 첫 진입 시 좌측으로 이동하여 막다른 길을 만나 돌아온 후에 전방으로 이동한 경

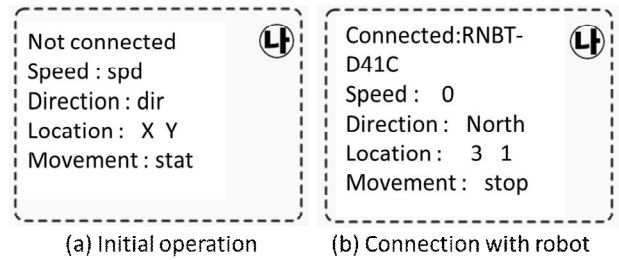


Fig. 8. State portion of application.

그림 8. 애플리케이션의 상태부

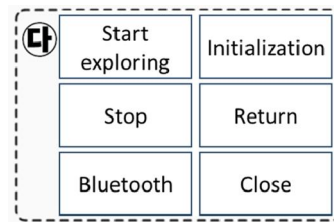


Fig. 9. Control portion of application.

그림 9. 애플리케이션의 제어부

우 좌측 이동에 해당하는 번호 1과 전방 이동에 해당하는 2를 더하여 3에 해당하는 갈림길을 얻을 수 있다. 이렇게 지나간 길에 대해 번호를 더하며 지형 패턴을 갱신하게 된다.

나. 상태부

애플리케이션의 상태부는 이동 로봇의 실시간 상태를 제공한다. 그림 8의 (a)는 이동 로봇에 블루투스 연결 전 초기 상태, 그림 8의 (b)는 연결 후 초기 상태를 나타내며, 블루투스 연결 여부, 속도, 방향, 위치, 동작 순으로 이동 로봇의 상태를 나타낸다. 이동 로봇의 속력은 가속도 센서에 의해 측정되며 방향은 가속도 센서와 마그네틱 센서에 의해 측정된다. 위치는 그림 3의 지도부에서 설정한 축을 바탕으로 표시한다. 동작은 이동 로봇의 현재 동작을 나타내며 탐색, 정지, 복귀, 일시 정지 4가지 상태로 나누며, 각각 지형 탐색, 이동 로봇의 정지, 출발 지점으로 복귀, 탐색 혹은 복귀의 일시 정지를 의미한다.

다. 제어부

애플리케이션 제어부는 그림 9와 같이 6개의 버튼으로 구성된다. 이동 로봇의 이동은 자율주행에 이뤄지므로 이동에 관련된 제어는 탐색과 복귀의 시작과 정지만 가능하다. 각각 버튼의 기능은 다음과 같다. 탐색 시작은 지형 탐색을 시작하는 버튼

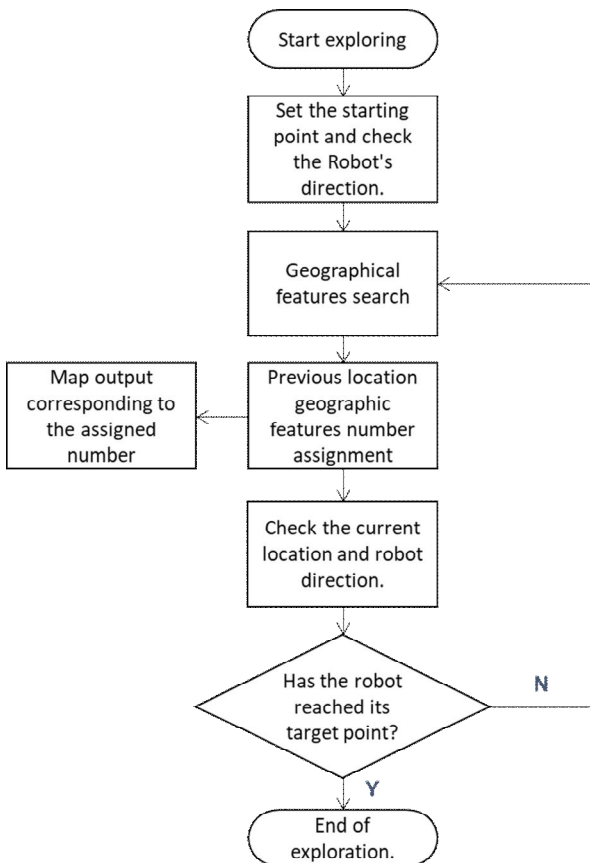


Fig. 10. Entire algorithm of application.  
그림 10. 애플리케이션 전체 알고리즘

으로 상태부의 동작이 정지 상태일 때 버튼을 누르면 현재 위치를 기준으로 설정하고 탐색을 시작한다. 일시 정지 상태면 탐색 혹은 복귀를 이어서 진행한다. 정지 버튼은 현재 동작을 멈추고 상태를 일시 정지로 변경하는 버튼이다. 추가로 정지 버튼을 누르는 경우 일시 정지 이전 동작을 이어서 진행한다. 초기화 버튼 현재 동작을 멈추고 상태를 정지로 변경하는 버튼이다. 복귀는 탐색을 중단하고 출발지로 돌아오는 버튼이다. 탐색을 통해 알아낸 최단 경로로 출발지점으로 복귀 한다. 블루투스 는 이동 로봇과 모바일 기기 간의 블루투스 연결을 하는 버튼이다. 연결의 유무는 상태부에서 알 수 있다. 종료는 애플리케이션을 종료하는 버튼이다.

**3. 자율주행 알고리즘**

**가. 전체 알고리즘**

그림 10은 애플리케이션의 전체 알고리즘을 나타낸다. 알고리즘의 시작인 탐색 시작은 그림 9의 제어부에서 탐색 시작 버튼을 누르는 것으로 시작한다. 다음 과정인 출발 지점 설정 및 로봇확인 은 현

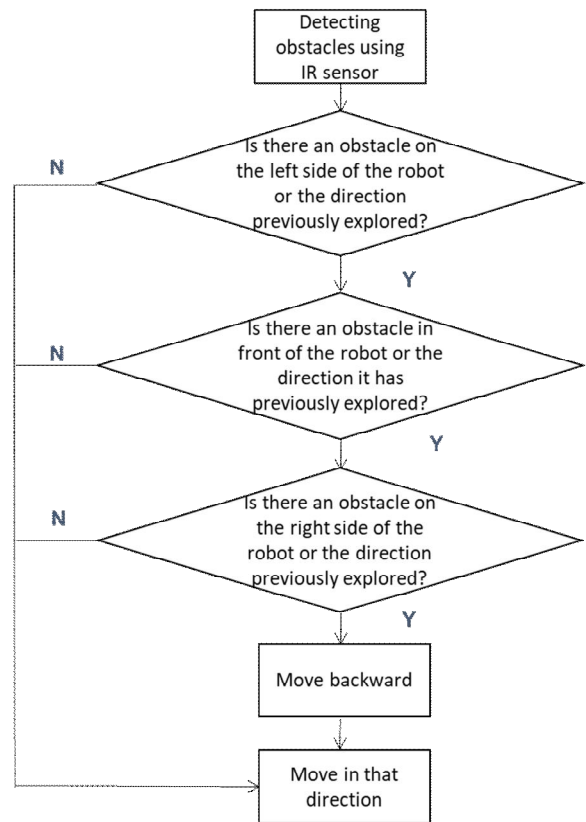


Fig. 11. Algorithm of terrain search.  
그림 11. 지형 탐색 알고리즘

재 이동 로봇의 위치를 시작 지점으로 저장하고 로봇의 방향을 확인한다. 다음 과정인 지형 탐색은 그림 11의 알고리즘에 따라 수행하게 된다. 지형 탐색 알고리즘은 세부적인 내용은 다음 항에서 서술한다. 지형 탐색 과정을 마치면 이동 로봇은 장애물이 없는 다음 위치로 이동하게 된다. 그리고 이전 위치에 대한 지형 번호를 할당하고 그에 해당하는 지형 패턴을 그림 3의 지도부에 출력한다. 번호의 할당은 이전 위치에서의 로봇의 방향과 현재 위치로 이동한 방향을 고려하여 그림 4, 5, 6, 7과 같이 동작한다. 번호 할당 및 지형패턴 출력이 끝나면 이동 로봇의 현재 위치와 방향을 확인하고 저장한다. 이때 이동 로봇이 목표지점에 도달하였으면 탐색을 종료한다. 위치가 목표지점이 아닌 경우 해당 위치에서 지형 탐색 알고리즘으로 돌아가 위 과정을 반복한다.

**나. 지형 탐색 알고리즘**

그림 11은 지형 탐색 알고리즘을 나타낸다. 이 알고리즘은 그림 10의 지형 탐색에 대한 알고리즘이다. 알고리즘의 시작은 지형을 탐색하고자 하는 위



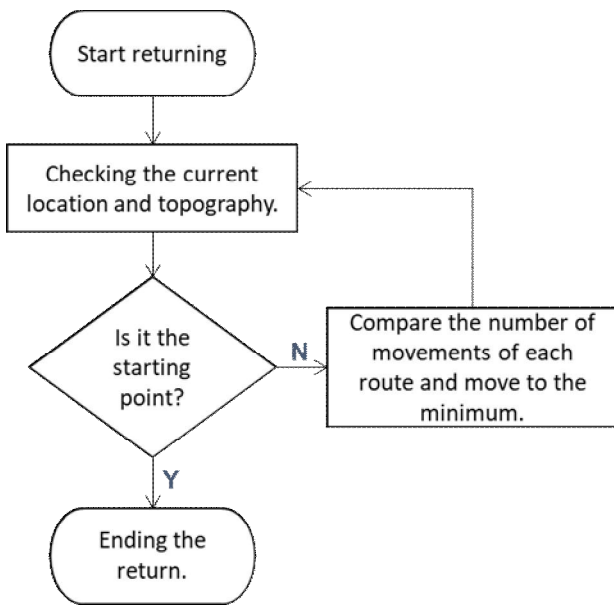


Fig. 12. Algorithm of return.  
그림 12. 복귀 알고리즘

치에서 로봇을 기준으로 좌 → 전 → 우 → 후 순으로 장애물 유무와 해당 경로에 대한 탐색 여부를 판단한다. 좌측에 장애물이 없고, 이전에 탐색하지 않았다면 다음 과정을 건너뛰고 좌측으로 이동하게 된다. 장애물이 존재하거나 이전에 탐색한 방향이라면 전방에 대해 같은 과정을 거치게 되며, 우측에 대해서도 같은 과정을 거치게 된다. 장애물의 유무는 IR 센서를 이용하여 판단하며, 탐색 여부는 해당 위치에 대한 이동 횟수를 통해 판단한다. 막다른 길에 도달한 경우에도 그림 11의 알고리즘을 적용하면 이전 갈림길로 이동하게 된다. 그 다음은 그림 10의 알고리즘에 따라 다시 지형 탐색 과정으로 돌아와 해당 위치의 지형을 다시 판단하게 된다.

#### 다. 복귀 알고리즘

이동 로봇의 복귀는 애플리케이션 사용자가 제어부를 통해 명령을 내리거나 이동 로봇이 목표지점에 도달한 경우 수행하게 된다. 그림 12는 복귀 알고리즘을 나타낸다. 복귀는 이동 로봇이 복귀 명령이 내려지는 위치에서 출발 지점으로 되돌아가는 명령으로 그사이의 지형은 탐색이 완료되어 이를 기반으로 이뤄지기 때문에 비교적 간단한 알고리즘을 가지고 있다. 알고리즘의 시작은 이동 로봇의 현재 위치와 해당 위치의 지형을 확인하는 것이다. 해당 위치가 출발 지점이면 복귀는 완료되었으므로 복귀는 종료된다. 아닌 경우 해당 위치에서 이

동할 수 있는 각 경로의 이동 횟수를 비교하여 최소인 곳으로 이동하고 위 과정을 다시 반복하는 것이 복귀 알고리즘이다.

### III. 성능평가

본 논문에서 사용한 이동 로봇은 세운사에서 개발한 알티노이며, 차륜 구동 방식으로 동작한다 [14]. Atmega 128, Atmega 88 Dual Processor를 기반으로 최대 0.5 (m/s)의 속도로 주행 가능하며 6개의 적외선 센서와 3축 가속도 센서, 3축 자기 센서, 온도 센서, 조도 센서, 조향 제어 센서가 각 1개씩 있다. 무선 통신은 블루투스를 지원한다.

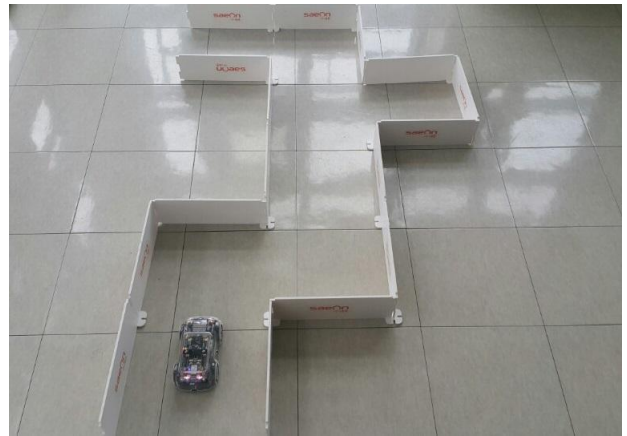


Fig. 13. Terrain of experiment.  
그림 13. 실험 지형



Fig. 14. Behavior of mobile robot and application.  
그림 14. 이동로봇과 애플리케이션의 동작 모습

애플리케이션의 성능평가는 그림 13과 같은 지형을 실내에 구현하고 이 지형을 탐색하는 실험을 통해 이뤄졌다. 실험을 2가지로 나누어 진행하였다.

첫 번째 실험은 시작지점에서 출발한 이동 로봇이 설정한 도착지점까지 지형 탐색을 진행하고 이를 애플리케이션에서 확인 후 도착지점에 도달 후 복귀 명령을 통해 출발지점으로 복귀를 하는 가를 보는 실험이다. 두 번째 실험은 탐색 도중에 정지 명령을 통해 이동 로봇을 정지시키고 복귀 명령을 통해 출발지점으로 복귀시키는 실험이다.

#### IV. 결론

본 논문은 이동 로봇을 이용하여 지형을 탐색하고 이를 기반으로 지형 정보를 제공하는 애플리케이션을 제안하였다. 지형 탐색은 적외선 센서로 장애물 감지하고 가속도 센서와 마그네틱 센서를 통해 알아낸 이동 로봇 방향을 이용해 수행한다. 실험을 통해 지형 탐색과 동시에 지형 정보를 제공할 수 있음을 보였으나 실험을 진행한 실내가 아닌 실외 환경에서 사용되기에는 제약이 따른다. 실외 환경과 같은 비정형 환경에 대한 탐색을 위해서는 이동 로봇의 주행 구동력의 유지와 함께 알고리즘의 보안을 위한 연구가 요구된다.

#### References

- [1] S.-Y. Lee etc., "Implementation of BLE Multi-Link for Group Communication between Unmanned Vehicles," *Journal of the KICS*, vol.45, no.2, pp. 311-320, 2020. DOI: 10.7840/kics.2020.45.2.311
- [2] J. Seo etc., "Development of UWB-Based Indoor Positioning System for Robot Tracking," *Journal of the KICS*, vol.44, no.4, pp.701-708, 2019. DOI: 10.7840/kics.2019.44.4.701
- [3] J. Casper and R. Murphy, "Human-robot interaction during the robot-assisted urban search and rescue response at the world trade center," *IEEE trans. SMC*, vol.33, no.3, pp.367-385, 2003. DOI: 10.1109/TSMCB.2003.811794
- [4] S. Tadokoro, "Development of advanced robots and information systems for disaster response," *JST workshop on Robotics Projects and Future Funding Strategy*, pp.64-74, 2004. DOI: 10.1109/ARSO.2005.1511621
- [5] Jae Wan Jo, Gyung Min Jung, "Investigation of the Emergency Response Robots Used for Mitigation of Severe Accident of the Fukushima Nuclear Power Plant," *Journal of control, automation and systems engineering*, pp.1-8, 2011.
- [6] Choi, Keun-Ha etc., "Obstacle Negotiation for the Rescue Robot with Variable Single-Track Mechanism," *Journal of control, automation and systems engineering*, vol.13, no.12, pp.1222-1229, 2007. DOI: 10.1109/AIM.2007.4412417
- [7] Hah Min Jung etc., "Study on Path planning for Surveillance USV Based on Potential Functions," *Proc. of Korean society of Hazard Mitigation*, 2015.
- [8] Moon June Kim etc., "Development of Eire-lighting and Rescue Robot for Outdoor Environment using Target Oriented Design Methodology," *Journal of control, automation and systems engineering*, vol.13, no.2, pp.86-92, 2007. DOI: 10.5302/J.ICROS.2007.13.2.086
- [9] Y.-D. Kim etc., "Design and Implementation of Evacuation Guidance Robot Systems for Victims in Fire or Disaster Site," *Proc. of The institute of Electronics Engineers of Korea*, 2008. DOI: 10.1109/IROS.2009.5353970
- [10] K. Ko etc., "Building Fire Prediction Model Study Using AI," *Journal of the KICS*, vol.45, no.7, pp.1210-1218, 2020.
- [11] J.-H. Yu etc., "Mobile Robot Control using Smart Phone for internet of Things," *Journal of Korean institute of intelligent systems*, vol.26, no.5, pp.396-401, 2016. DOI: 10.5391/JKIIS.2016.26.5.396
- [12] D. K. Kim etc, "LoRa Communication and Smartphone Technology to Share Locations of Drones," *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. A*, vol.43, no.12, pp.903-909, 2019. DOI: 10.3795/KSME-A.2019.43.12.903
- [13] K. Kim etc., "AIDBOT Development," *Korea Robotics Society Review*, vol.18, no.2, pp.3-10, 2021.
- [14] <http://www.saeon.co.kr/>

---

**BIOGRAPHY**

---

**Jongwon Kang** (Member)

2017 : BS degree in Electronic Engineering, Kumoh  
National Institute of Technology

**Il-Soo Jeon** (Member)

1995 : PhD degree in Electrical Engineering, Kyungpook  
National University.  
2004~Present : Professor, Kumoh National Institute of  
Technology

**Myung-Sik Kim** (Member)

1992 : PhD degree in Electrical Engineering, KAIST.  
1992~Present : Professor, Kumoh National Institute of  
Technology

**Wansu Lim** (Member)

2010 : PhD degree in Electrical Engineering, GIST.  
2014~Present : Professor, Kumoh National Institute of  
Technology