



초음파 센서 기능을 장착한 자율 속도 원격 탐사로봇의 구현

손성동 · 상영균 · 김동희*
강원대학교 IT대학 전기전자공학과

Implementation of Autonomous Speed Remote-control Robot adopting Ultrasonic Sensor

Seong-Dong Son · Young-Kyun Sang · Dong-Hoi Kim*

Department of Electronic Communication Engineering, Kangwon national University, Chuncheon, Korea

[요약]

대표적인 기존 탐사로봇으로는 초음파 센서 기반 자율 로봇과 영상 기반 원격 탐사로봇이 있다. 영상 기반 원격 탐사로봇에서 만약 카메라의 사각지대에 장애물이 있다면 기존 원격 탐사로봇은 어려움에 직면하게 된다. 이것이 원격 로봇의 탐사 작업에 큰 단점이 된다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 영상 기반 원격 탐사로봇에다가 초음파 센서 기반 자율 로봇의 장애물 감지 기능을 추가하는 원격 탐사로봇을 제안하고 구현한다. 제안한 원격로봇은 기본적으로는 영상 기반 원격 탐사로봇처럼 동작하다가 장애물을 만나는 경우에 원격 탐사로봇의 앞쪽에 구현된 초음파 센서로 장애물과의 거리를 파악하고 적절한 제동거리를 파악하여 사각지대에 장애물을 자율적으로 회피하는 탐사로봇을 제안한다. 제안한 방법의 성능 평가는 본 논문의 다양한 실험 결과로 부터 확인되었다.

[Abstract]

The existing representative exploration robots are ultrasonic sensor based autonomous robot and image based remote-control robot. In image based remote-control exploration robots, if there are obstacles in the camera's blind spot, the existing remote-control robot is in trouble. This will become a major weakness in the exploration work of remote-control robot. To solve this problem, this paper proposes and implements a image based remote-control exploration robot adding the obstacle sensing function of ultrasonic sensor based autonomous robot. The proposed robot is basically operated as the image based remote-control robot. But, when it meets the obstacle, it finds the distance from the obstacle and braking distance by the ultrasonic sensor implemented in the front part of the remote exploration robot. As a result, it efficiently avoids the obstacle. The performance evaluations of the proposed method were confirmed from the various experimental results.

색인어 : 원격 탐사로봇, 라즈베리 파이, MJPG 스트리머, 초음파

Key word : Remote-control exploration robot, Raspberry pie, MJPG-Streamer, Ultrasonic wave

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2019.20.1.181>



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.

Received 27 October 2018; Revised 10 November 2018

Accepted 20 January 2019

*Corresponding Author; Dong-Hoi Kim

Tel: +82-33-250-6349

E-mail: donghk@kangwon.ac.kr

I. 서 론

사람은 과거로부터 미지의 세계를 궁금해 해왔고 탐험하기를 좋아했다. 하지만 탐사하기에는 험난하고 어려움이 있는 환경에서 인간이 목숨을 담보로 작업을 해야 하는 곳이 많았기 때문에 위험부담이 따른다. 따라서 이 부분을 해결하고자 인간을 대신하여 탐험할 수 있는 탐사로봇이라는 분야에 관심을 가지게 되었고 탐사의 적합한 로봇을 개발 및 투자하기 시작하였다. 탐사로봇이란 인간이 작업하기 어려운 환경에서 인간 대신 탐사를 해주는 로봇이다. 예를 들면 우주공간, 심해, 화산 분화구 탐사, 재난현장 인명구조와 같이 인간이 접근하기 어려운 장소를 탐사 해주는데 사용되고 있다. 현재 꾸준하게 재난사고가 발생하고 있으며 세계 주요국들은 재난 안전 연구 개발의 투자 규모를 확대하고 있다. 또한 현재 수색, 휴대 운반, 인명 구조, 인명 탐색 등 여러 방면에서 탐사로봇이 활용되고 있다.

본 논문은 이러한 탐사로봇의 탐사 능력을 확대시키는 것을 목표로 삼았다. 기존의 탐사로봇은 초음파 센서만을 이용하여 자율적으로 제어하는 로봇과 영상으로 확인하여 수동으로 원격 제어를 하는 탐사로봇이 있다[1][2][3][4]. 하지만 수동으로 하는 원격 탐사로봇의 조종자는 카메라만 보고 탐사로봇을 제어하기 때문에 카메라의 사각지대에 있는 장애물이나 위험 요소를 파악하지 못하고 또한 파악하지 못한 상태에서 그대로 탐사로봇을 제어하게 되어 부딪히게 되면 탐사를 원활하게 하지 못하고 원격 탐사로봇 파손 등 그 대가는 상당히 크게 돌아온다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 초음파 센서 만을 이용한 자율로봇의 기술을 활용하여 센서를 통한 정확한 장애물 감지와 장애물 감지 시 조종자가 따로 신경 쓰지 않아도 원격 탐사로봇이 자율적으로 장애물을 감지하고 장애물의 거리에 따라 속도를 제어하여 장애물을 회피할 수 있도록 구현하는 것을 생각했다.

본 논문에서는 제안한 원격 탐사로봇은 기본적으로는 영상 기반 원격 탐사로봇처럼 동작하다가 장애물을 만나는 경우에 초음파 센서로 장애물과의 거리를 파악하고 적절한 제동거리를 파악하여 사각지대에 장애물을 자율적으로 회피하는 탐사로봇을 제안한다. 초음파 센서를 추가한 탐사로봇은 장애물과의 거리를 파악하고 적절한 제동거리를 파악 후 안전한 거리를 실험을 거쳐 데이터를 얻어 냈고, 이 데이터를 기반으로 속도를 점차적으로 감소시키는 알고리즘을 사용하였다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 토대로 장애물과의 거리에 따라 안정적으로 속도를 제어하고 탐사할 수 있으며 사각지대도 보완한다. 본 논문의 II장에서는 기존에 사용되는 탐사로봇을 설명하고, III장에서는 새롭게 제안하는 원격 탐사로봇을 소개하며, IV장에서는 본 논문에서 제안된 방식의 탐사로봇의 구현과 실험결과를 제시하고, 마지막 V장에서 결론을 맺는다.

II. 기존의 탐사로봇

기존의 원격 탐사로봇[1]은 조종자에 의해 수동으로 원격제어[2]를 하였다. 조종자는 카메라 시야를 통해서만 탐사지역 주변 환경을 볼 수 있기 때문에 카메라 사각지대에 장애물 감지에는 문제가 있었다. 탐사로봇은 사람이 닿지 못하는 곳을 원격으로 제어[3]하여 주변 환경을 탐사하고 확인하여 사용자에게 정보를 전달하는 로봇이다. 하지만 탐사지역에 장애물을 정확하게 감지하지 못한다면 탐사로봇 주행 중 장애물에 부딪혀 원활한 탐사를 할 수 없게 된다.

탐사로봇이 활용되는 곳은 재난지역이나 화성탐사, 동굴탐사, 군사지역 탐사와 같이 인간이 접근하기 어려운 지역을 탐사하는 곳에 사용되고 있다. 탐사지역에는 대부분 수많은 장애물과 다양한 지형형태를 가지고 있다. 이런 주변 환경에 장애물을 정확하게 감지하지 못한다면 탐사도중 탐사로봇이 확인되지 못한 장애물에 부딪히는 사고로 이어질 수 있다. 탐사로봇은 인간이 직접 가지 못하는 곳을 탐사하기 때문에 탐사로봇에 이상이 생기게 되면 직접 인간이 가서 수리하는데 문제가 발생한다. 그렇기 때문에 주변 환경을 정확하게 감지해야 탐사로봇이 원활하게 주행할 수 있고 사고로 이어지지 않을 수 있다. 기존의 탐사로봇은 주변 장애물에 정확하게 대처하기가 어렵다.

탐사로봇은 사용자가 직접 원격제어[5]를 통해서 로봇을 제어해야하기 때문에 로봇의 주변 환경에 대한 감지가 이루어져야한다. 하지만 기존의 탐사로봇은 탐사로봇 카메라를 통해 탐사지역을 확인하고 사용자에 의해 수동으로 제어하기 때문에 주변 환경에 대한 정확한 감지가 어려울 수 있다. 제안하는 탐사로봇은 기존의 원격탐사에 초음파센서를 추가해 사용자에 의한 수동 원격제어[6]와 동시에 초음파센서를 이용해 사용자가 미처 발견하지 못한 장애물에 대하여 자율적으로 장애물과의 거리를 파악하여 일정거리 안에서는 속도를 줄이고 장애물과 근접 하였을 경우 정지할 수 있도록 구현하였다. 제안하는 탐사로봇에 초음파센서 추가 장착을 통하여 기존의 탐사로봇이 장애물에 대한 정확한 감지가 어려웠던 점을 개선하여 센서를 통하여 주변 장애물을 정확하게 감지하고 속도를 제어하여 대처할 수 있도록 하였다[7][8].

III. 제안하는 초음파 센서를 장착한 원격 탐사로봇

3-1 제안하는 탐사로봇 전체 시스템 구성도

그림 1은 본 논문에서 다루는 탐사로봇의 전체 시스템 구성도이다. 원격으로 제어하기 위해 메인 제어 부분인 노트북이 명령어를 보내면 라즈베리파이3은 이 명령어를 수신하여 명령에 맞게 제어하게 된다[9]. 카메라 부분에서는 카메라 영상의 실시간 송수신 및 녹화 캡처 작업을 수행한다. 서보 모터는 부분에서는 두 가지 기능이 있다. 첫 번째 기능으로는 원격 탐사로봇의 방향 제어를 수행하고 두 번째 기능으로는 카메라의 상하 좌우 각도 제어를 수행한다. DC모터 부분에서는 원격 탐사로봇의 메인 동력을 담당한다. DC모터 컨트롤러를 사용하여 전진

과 후진을 구현한다. 마지막으로 초음파 센서 부분은 원격 탐사로봇의 앞부분에 장착되어 카메라의 사각 지대를 보완하는 역할을 한다. 따로 조종자가 제어할 필요 없이 자율적으로 알고리즘을 적용해 사각지대에 장애물과의 거리에 따라 속도가 제어되는 안전하게 탐사 할 수 있는 새로운 탐사로봇을 제안하고 구현하였다.

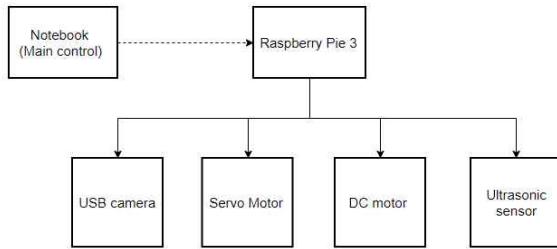


그림 1. 본 논문의 탐사로봇 전체 시스템 구성도

Fig. 1. Overall system configuration of the exploration robot in this paper

3-2 초음파 센서 기본 설명

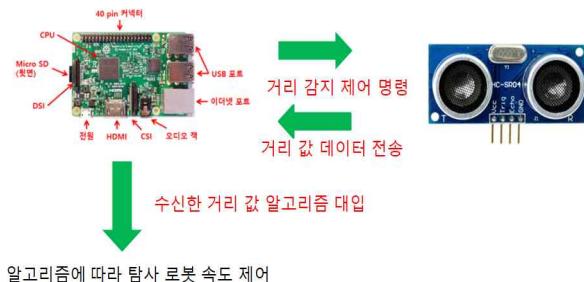


그림 2. 초음파 센서의 기본 구동 원리 설명

Fig. 2. Basic principle of ultrasonic sensor

거리를 감지하는 것은 초음파 센서가 담당하였고 거리값 데이터를 받아와 분석한 후 알고리즘에 따라 제어하는 부분은 라즈베리파이3 기반으로 작업을 추진하였다. 라즈베리파이3에 설치된 기본 OS는 리눅스 기반으로 되어있는 라즈비안을 사용하였고 코딩 작업 프로그램은 파이썬 2.7 버전을 사용하여 진행하였다. 또한 거리를 감지하는 부분인 초음파 센서는 라즈베리파이3과 연결되어 파이썬 기반으로 코딩 작업을 통해 거리 데이터 값을 받아올 수 있게끔 구현하였다.

그림 2를 자세히 설명하겠다. 먼저 원격탐사로봇이 작동이 시작되면 초음파 센서는 조종자가 따로 명령어를 줄 필요없이 자율적으로 거리 측정을 시작한다. 그 후 계속해서 거리 데이터 값을 라즈베리파이3이 받고 있는데 본 논문에서 구현한 알고리즘의 조건에 맞는 거리 데이터 값이 수신되면 라즈베리파이3이 파악 후 원격 탐사로봇의 메인동력 담당 부분인 DC모터 컨트

롤러에 명령을 주어 자율적으로 속도를 제어하게 된다.

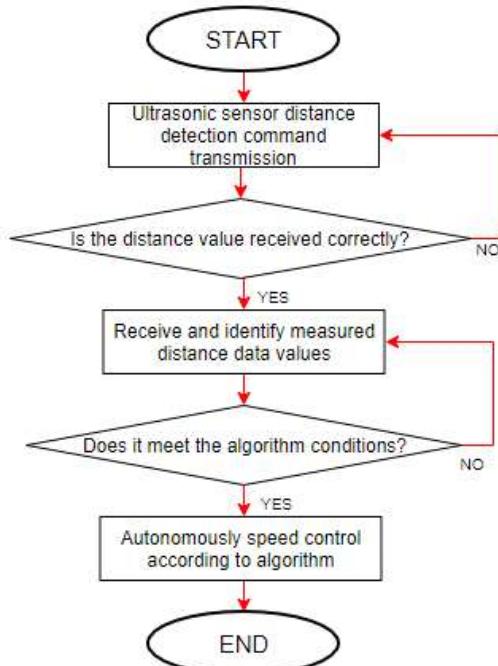


그림 3. 초음파 센서의 출력 순서도

Fig. 3. Output flowchart of ultrasonic sensor

본 논문에서 제안하는 원격탐사로봇은 초음파 센서를 이용하여 거리 데이터 값을 가져와 본 논문에서 구현한 알고리즘에 맞게 자율적으로 속도를 제어하는 기술을 구현하였다. 그림3을 설명하자면 처음에 라즈베리파이3이 초음파 센서에 거리 측정 명령을 하게 된다. 그 다음 거리 값이 알맞게 들어오는지 확인을 한다. 만약 유효하지 않은 값이 들어오게 되면 다시 처음으로 돌아가 거리를 다시 측정한다. 거리 데이터 값이 유효하게 들어오면 라즈베리파이3이 수신된 거리 데이터 값을 확인 및 파악 하는 작업을 수행한다. 그 후 파악한 거리 데이터 값이 알고리즘의 조건에 맞는지 확인하게 된다. 알고리즘 조건에 맞는 거리 데이터 값이 들어오지 않는다면 다시 알고리즘에 맞는 거리 데이터가 들어오는 확인 작업을 다시 수행한다. 알고리즘 조건에 맞는 거리 데이터 값이 들어오면 원격탐사로봇의 자율적인 속도제어 부분으로 넘어가고 종료하게 된다.

3-3 제안하는 속도제어 알고리즘

표 1은 본 논문에서 제안하는 거리에 따른 속도제어 알고리즘 조건표를 보기 쉽게 정리해 놓은 것이다. 순서도는 그림 3과 같으며 그림 3에서 설명하는 알고리즘을 자세히 설명한 것은 표 1이다. 먼저 거리 데이터 값을 설명하자면 120cm 초과할 경우에 원격 탐사로봇의 속도는 최대 속도 값인 100으로 고정되어 제어된다. 하지만 초음파 센서에서 측정하는 거리 데이터 값

이 120cm미만으로 들어오게 되면 이제 알고리즘대로 동작하게 된다. 여러 실험을 거쳐 안정적인 구간을 도출해 내었고 각 구간을 순서대로 설명하겠다.

표 1. 제안하는 거리에 따른 속도제어 알고리즘 조건표

Table 1. Proposed distance control algorithm based on distance table

Distance value (cm)	Speed value(Max:100)
120 Excess	100
120~90	80
89~60	50
59~30	30
30 Below	Stop

거리 데이터 값이 120~90cm의 구간으로 들어오게 되면 원격 탐사로봇의 속도는 80으로 고정 제어된다. 장애물이 점점 더 근접하여 89~60cm 사이 구간으로 오게 되면 원격 탐사로봇의 속도 값은 80보다 30정도 낮아진 50으로 제어된다. 그 후 59~30cm구간으로 오게 되면 20정도 낮아진 30으로 제어되며 마지막으로 장애물과의 거리가 30cm이하가 된다면 제동 거리를 고려하여 정지하도록 알고리즘을 구현하였다.

IV. 제안하는 탐사로봇 구현결과 및 실험

4-1 하드웨어 구현



그림 4. 제안하는 탐사로봇 하드웨어

Fig. 4. Proposed exploration robot hardware

그림 4는 제안하는 탐사로봇의 구현된 하드웨어이다. 앞부분에 USB 카메라가 자동차 차체에는 라즈베리파이가 설치되어 있다. 카메라는 상하좌우로 모터를 통하여 움직임이 가능하여 전 방향으로 영상을 담을 수 있다. 라즈베리파이는 충전기를 사용하여 무선으로 동작할 수 있게 되어있고 자동차 바퀴는 앞 바퀴를 통하여 좌회전 우회전이 가능하고 뒤 바퀴에 모터를 이용하여 주행이 가능하도록 설계하였다. 그림에서 보는바와 같이 탐사로봇 전면부에 초음파센서를 설치하였다. 초음파 센서를 활용하여 장애물과 거리 120cm이하로 들어오게 되면 감속

하고 30cm이하의 거리가 되면 정지하도록 구현하였다. 사용자가 쉽게 탐사로봇을 동작시키기 위하여 인터페이스를 구현하여 버튼을 클릭하면 로봇이 움직일 수 있고 속도조절 스크롤바를 이용하여 수동으로 속도조절 할 수 있도록 구현하였다.

4-2 탐사로봇 원격제어



그림 5. 모터 동작 인터페이스 구현

Fig. 5. Implementation of motor operation interface

그림 5는 모터 동작 인터페이스를 구현한 것이다. 사용자에 의해 PC에서 탐사로봇에 원격조종이 이루어지고 사용자는 인터페이스를 통해 그림에 좌측상단에 있는 버튼을 통하여 탐사로봇을 주행할 수 있도록 우측 상단에 있는 버튼을 통하여 카메라 각도를 제어할 수 있도록 좌측 하단에 있는 스크롤바를 통하여 속도를 제어할 수 있도록 구현하였다.

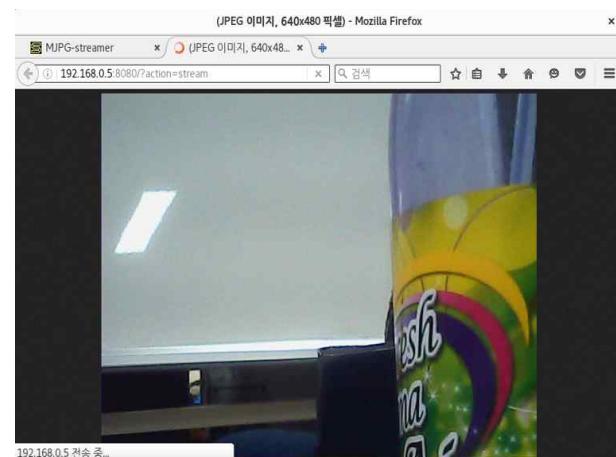


그림 6. 탐사로봇 영상송출

Fig. 6. Exploration robot video transmission

그림 6은 구현된 탐사로봇의 영상을 송출하는 모습이다. 응용 프로그램인 MJPG-STREAMER를 이용하여 탐사로봇 카메라로 영상을 가져와 탐사로봇에 시야에서 실시간으로 탐사지역에 영상을 가져올 수 있게 구현하였다. 영상은 웹 브라우저를 통하여 확인이 가능하며 동영상 파일을 저장하고 영상을 캡처하여 확인할 수 있도록 하였다.

4-3 초음파 센서를 이용한 속도제어

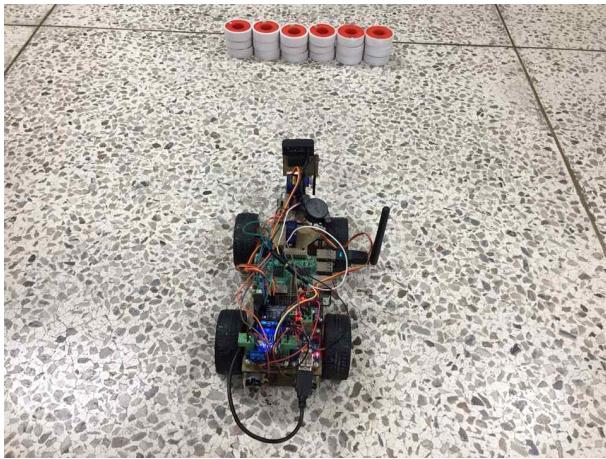


그림 7. 초음파센서를 이용한 장애물 감지

Fig. 7. Obstacle detection using ultrasonic sensor

그림 7은 제안하는 원격 탐사로봇에서 초음파 센서를 이용한 장애물 감지 모습을 보여주고 있다. 사용자에 의하여 탐사로봇[10]을 수동제어가 가능하고 초음파센서를 활용하여 탐사로봇이 장애물을 인지하고 속도 제어하는 모습이다. 장애물과의 거리에 따라 속도조절이 가능하게 하기 위하여 거리에 따른 탐사로봇 속도를 설정하였는데 장애물과의 거리가 120cm 이상일 경우 기존의 속도인 100으로 설정하였고 장애물과의 거리가 90cm~120cm 일 경우 속도를 80, 장애물과의 거리가 60cm~90cm 일 경우 속도를 50, 장애물과의 거리가 30cm~60cm 일 경우 속도를 30, 장애물과의 거리가 30cm 이하일 경우 정지를 하도록 설정하였다.

따라서 장애물과의 거리가 줄어들수록 초음파 센서를 통하여 장애물을 인지하고 탐사로봇의 속도를 줄이면서 장애물에 근접하였을 경우 원격 탐사로봇이 자율적으로 정지를 하도록 구현하였다. 사용자는 수동으로 탐사로봇을 제어하지만 센서를 통하여 장애물을 인지하게 되면 탐사로봇에서 자율적으로 제어하여 사용자가 수동으로 탐사로봇을 조정하지만 장애물에 부딪치지 않게 사용자가 전진제어를 할 수 없게 설계하였다. 후진을 하거나 장애물이 제거되었을 경우 센서를 통하여 이를 확인하고 다시 사용자가 제어할 수 있게 구현하였다. 탐사로봇의 속도는 PWM값을 이용하여 최저속도 24, 최고속도 100으로 임의로 설정하였다.

그림 8은 제안하는 원격 탐사로봇에서 원격제어로 장애물을 감지하고 충돌횟수를 확인하는 실험모습이다. 기존의 원격제어로 탐사로봇을 제어하였을 경우에는 장애물 충돌횟수와 제안하는 센서를 통한 원격제어를 하였을 경우 장애물 충돌횟수를 비교하였다. 실험결과 기존의 원격제어 방식[11]보다 센서를 활용한 제안하는 원격제어를 하였을 경우 충돌횟수가 확연히 줄어든 것을 확인할 수 있었다. 따라서 제안하는 방식처럼 센서를 활용하여 장애물을 감지하게 되면 기존의 원격제어보다 카메라 사각지대에 장애물을 정확하게 감지하는 것을 확인

할 수 있었다.



그림 8. 제안하는 원격제어 장애물 충돌실험

Fig. 8. Proposed remote control collision experiment

4-4 제안하는 원격 탐사로봇에서 속도제어 실험 결과

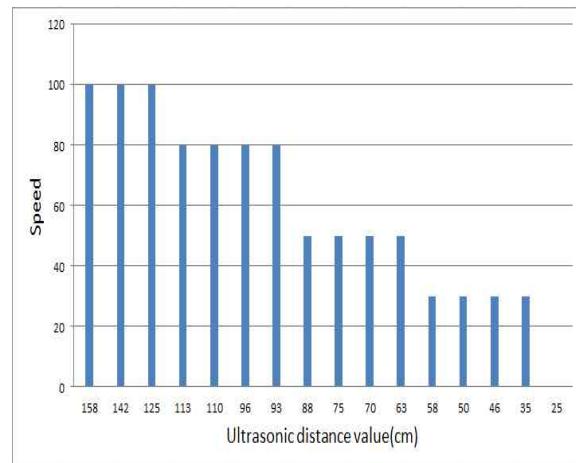


그림 9. 초음파 센서 측정 거리에 따른 속도

Fig. 9. Velocity graph according to measurement distance of ultrasonic sensor

그림 9는 초음파 거리 데이터에 따른 속도 비교 그래프이다. 가로축 거리 값에서 보이듯이 랜덤하게 측정 한 거리 값에 따라 알고리즘에 설정한 속도로 자율적으로 제어가 되는 그래프 모습이다. 그림에서 나타나듯이 초음파 센서 측정 거리 값이 클수록 속도 값은 최대가 되며 점점 초음파 센서 측정 거리 값이 작아질수록 속도 값이 점점 감소되는 모습을 설명한 그래프이다. 탐사 속도의 최고속도는 100으로 설정 하였다.

표 2. 랜덤한 초음파 측정 거리에 따른 속도 변화 표**Table 2.** Velocity change table according to random ultrasonic distance

Category	Ultrasonic distance value (cm)	Speed
Case 1	145	100
Case 2	55	30
Case 3	92	80
Case 4	32	30
Case 5	55	30
Case 6	68	50
Case 7	33	30
Case 8	88	50
Case 9	110	80
Case 10	135	100
Case 11	23	0
Case 12	45	30
Case 13	66	50
Case 14	55	30
Case 15	102	80
Case 16	35	30

표 2는 랜덤하게 초음파 측정 거리가 입력되었을 때 속도 변화 실험 결과를 보여 준다. 초음파 측정은 초음파 센서로 거리 측정을 하며 그 값은 라즈베리파이3으로 수신되어 속도가 자율적으로 제어된다. 총 15번의 랜덤 값 실험을 진행하였고 실험 결과는 표에서 보는 바와 같이 알고리즘을 적용한대로 속도가 자율적으로 제어되었으며 초음파 측정 거리가 가까워질수록 속도가 감소하는 모습을 확인할 수 있다.

그림 10은 각 초음파 측정 거리 값의 표본에 따른 속도 변화 그래프이다. 총 16번의 표본을 실험하여 측정하였다. 실험 결과로써 설정한 알고리즘인 120cm초과일 때 원격 탐사로봇의 최대 속도 100, 120~90cm 일 때 속도 80, 89~60cm 일 때 속도 50, 59~30cm 일 때 속도 30, 30이하 일 때 정지인 이 구간을 준수하여 잘 지켜지고 있음을 확인할 수 있다. 위 그래프에서 점선으로 되어있는 초음파 센서 측정 거리 값과 그래프에서 빨간색으로 되어있는 속도 값이 비슷한 모양새로 따라가고 있어 알맞게 알고리즘에 따라 동작하는 것을 확인할 수 있다.

표 3은 장애물과의 최적의 거리를 찾기 위한 정지거리 실험으로 20cm에서 30cm까지 5cm간격의 초음파 센서의 거리 값에 따른 충돌 실험 결과 값을 보여주고 있다. 실험을 위하여 속도는 정의한 최대속도인 100을 사용하였으며 초음파 센서 거리 값에 따라 장애물과의 충돌 여부를 파악한 것이다. 장애물과의 거리가 30cm이하에서 정지할 수 있도록 실험한 결과 장애물과의 충돌이 없었고 25cm이하에서 정지 할 수 있도록 설정한 결

과 역시 장애물과의 충돌이 없었다. 마지막으로 20cm이하에서 정지할 수 있도록 설정한 결과 장애물과에 충돌이 발생 하였다. 실험결과로 20cm이하로 설정하면 충돌이 발생하고 30cm 이하에서는 여유거리가 발생해 25cm로 설정하는 것이 적합하다는 결론을 내릴 수 있었다.

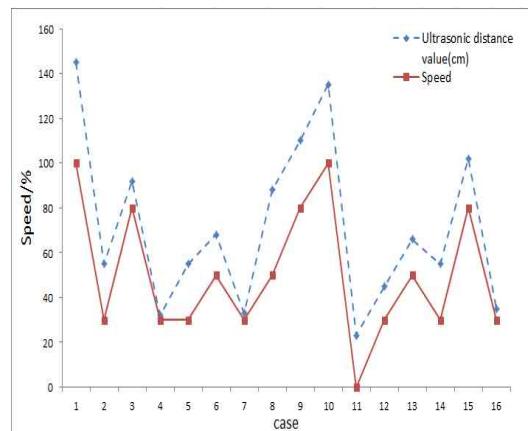


그림 10. 각기 다른 거리 데이터 표본에 따른 속도 변화
Fig. 10. Graph of velocity change with different distance data samples

표 3. 20cm에서 30cm까지 5cm간격의 초음파 센서 거리값에 따른 충돌 실험**Table 3.** Collision test according to ultrasonic distance value of 5cm from 20cm to 30cm

Category	Ultrasonic distance value (cm)	collision(o,x)				
		x	x	x	x	x
Case 1	30	x	x	x	x	x
Case 2	25	x	x	x	x	x
Case 3	20	x	o	x	o	o

표 4. 20cm에서 25cm까지 1cm간격의 초음파 센서 거리값에 따른 충돌 실험**Table 4.** Collision test according to ultrasonic distance value of 1cm from 20cm to 25cm

Category	Ultrasonic distance value (cm)	collision				
		x	x	x	x	x
Case 1	25	x	x	x	x	x
Case 2	24	x	x	x	x	x
Case 3	23	x	x	x	x	x
Case 4	22	x	x	x	x	x
Case 5	21	o	o	x	o	x

표 4는 20cm에서 25cm까지 1cm간격의 초음파 센서의 거리값에 따른 충돌 실험 결과 값을 보여주고 있다. 표 3에서 찾은 최적의 거리로 25cm가 나왔고 20cm에서는 충돌이 발생하는 것을 확인하였다. 여기서 더 정확한 최적의 거리를 찾기 위하여

실험을 진행하였고 25cm에서 21cm 사이에서 장애물과의 충돌이 발생하지 않으며 최적의 거리 상태를 찾기 위하여 실험하였다. 실험은 거리 설정 후 5번의 충돌실험을 하였고 결과적으로 21cm에서는 충돌이 발생하였고 22cm이후로 장애물과의 충돌이 발생하지 않은 것을 확인할 수 있었다.

표 5. 제안한 탐사로봇 속도에 따른 장애물까지의 거리

Table 5. Distance to obstacles according to the proposed remote-control robot

Category	Speed	Distance to obstacles(cm)
Case 1	30	17
Case 2	50	13
Case 3	70	9
Case 4	90	6
Case 5	100	3

표 5는 앞서 구한 최적의 거리에 따라 속도를 비교한 실험 그래프이다. Case 5의 경우는 최대 속도 이지만 정지시 장애물과의 거리가 가까워 카메라로 시야를 확보할 수가 없기 때문에 적절한 속도가 되지 못한다. Case 1의 경우는 정지시 장애물과의 거리가 너무 멀어 적절한 속도가 되지 못한다. 따라서 안정적인 장애물과의 거리와 시야확보를 하는 Case 3이 가장 알맞은 속도 값이라는 결과를 도출했다.

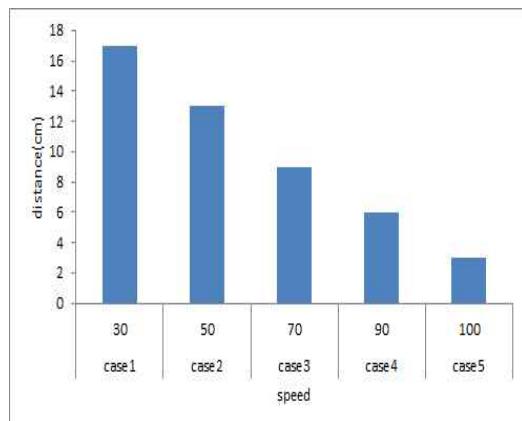


그림 11. 속도에 따른 거리 비교 그래프

Fig. 11. Distance comparison graph according to speed

그림 11은 앞서 구한 속도 실험 표를 쉽게 인식할 수 있게끔 그래프로 표현한 것이다. 속도가 증가 할수록 장애물과의 거리는 점점 가까워지는 것을 확인할 수 있는데 속도가 너무 빠르면 장애물과의 거리가 가까워 충돌위험이 있고 너무 느리면 기동성이 떨어진다. 따라서 알맞은 데이터 값인 Case 3을 구했고 적정 속도인 70을 도출해 냈다.

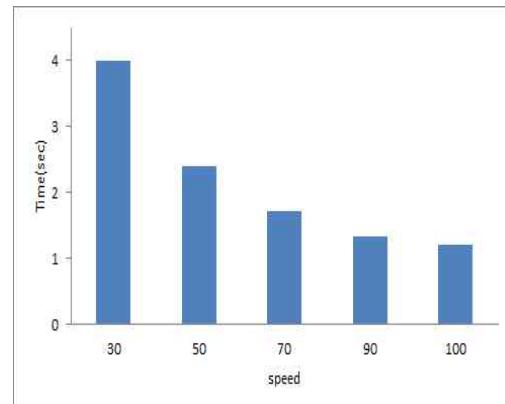


그림 12. 속도에 따른 시간 비교 그래프

Fig. 12. Time comparison graph according to speed

그림 12는 설정속도에 따른 시간 비교 그래프이다. 초음파센서는 장애물과의 거리가 120cm이하일 때 동작하므로 모든 Case에서 동일하게 거리를 120cm로 가정하였다. 이 그래프로부터 속도가 증가할수록 시간은 단축된다는 것을 확인할 수 있는데 90이상의 속도에서는 장애물과의 거리가 너무 근접하여 카메라 영상을 통해서 장애물을 인식하고 주변 환경을 확인하는데 불편함이 있어 최적의 속도를 70으로 도출해 내었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 구현된 초음파센서를 이용한 원격탐사로봇에서는 촬영된 영상을 통해 무선으로 데이터를 받아 오고 실시간으로 노트북을 이용하여 화면을 보며 직접 원격제어 및 실시간으로 보는 화면을 녹화 및 캡처 기능을 재현해 보았다. 또한 기존 탐사로봇에서는 생각하지 않았던 카메라의 사각지대를 고려하여 초음파 센서를 이용하여 사각지대에 있는 장애물을 감지하여 단점을 보완 했고, 초음파 센서의 거리 데이터를 이용하여 탐사로봇의 속도가 자율적으로 제어하도록 하는 방법을 제시 및 구현하였다. 제안된 방법을 통하여 초음파 센서 기반 자율로봇만 사용할 때 목적지까지 도착하는데 오래 걸리는 단점을 보완하였고, 영상기반 원격로봇제어만 사용할 때 카메라 사각지대에 장애물을 정확하게 감지 할 수 없다는 단점을 보완하였다. 본 논문에서 구현한 탐사로봇은 라즈베리파이3 주변에 항상 통신이 가능한 와이파이 통신 환경이 제공되어야 하는 제약이 있어 향후에는 다양한 통신 환경하에서 동작하는 원격 탐사로봇에 대한 연구를 진행할 예정이다.

참고문헌

- [1] Young-Kyun Sang, Seong-Dong Son, Jung-Moon Lee and Dong-Hoi Kim, "Implementation of Autonomous Speed-controlled Exploration Robot using Weather Information." *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 19, No. 5, pp.

1011-1019, May. 2018

- [2] Il-han Bae and Jeong-hye Han, "Analysis on Teacher's Height and Authority in Robot-assisted Learning." *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 18, No 8, pp.1501-1507, 2017.
- [3] Byung-chul Kim. (2015). A Internet of Things(IoT) based exploration robot design for remote control and monitoring. *Journal of Digital Convergence*, 13(1), 185-190. Sejin Lee, 2017.
- [4] Yeong-Hun Kong and Won-Chang Lee, "Remote Control System for a Mobile Robot with a Robotic Arm," *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol. 14, No. 7, pp. 21~28, 2016.
- [5] Seong-Sik Jang and Tae-Young Byun, "Design and Implementation of Personal Communicator based on Embedded Single Board Computer for Controlling of Remote Devices," *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, Vol. 16, No. 2, pp. 99~109, 2011.
- [6] Kwang-seok Lee, Byeong-ro Lee and Yeon-gyu Choo, "The Design and Implementation of the Explorer Robot Adaptive Pipe Magnitude Width and Curve," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 13, No. 3, pp. 602~607, 2009.
- [7] Hyeogjin-Gwon, Jisu-Sin, Jinnyeong-Heo, Eunhyeong-Jo, da-eun-I, Eunjin-Hwang and Jeongchang-Gim, "Development of GPS based obstacle detection and location guidance system for the visually impaired", *Proceedings of the Robotics Society of Korea*, Vol. 1, No. 1, pp. 177-178, pp. 512-513, July 1984.
- [8] Kim, Jong Man, Weiliang Xu, Song Byung Sup and Do Yong Tae, "PSD Array Based Front Obstacle Detection System," *Proceedings of the Korean Society for Control, Robotics and Systems Conference*, pp948-952, 2007.
- [9] Song, Tae - ryong, Song, Da - hoon, Lee, Jung - bum, and Kyung -"Exploration Robot," *KISA Annual Conference*, 2016, pp. 365 to 365.
- [10] Jayoung Kim and Jihong Lee, "Study on Estimation of Soil Parameters to make Maximum Wheel Traction of Exploration Rovers based on Terramechanics,", Conference on the Institute of Electronics Engineers of Korea , pp. 1220~1224, 2016.
- [11] Senog Joon Park and Hee Yong Youn, "Inspection Robot System using Remote Sensing Images of Fire Scene," *Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference* , Vol. 23, No. 1, pp. 171~173, 2015.



손성동(Seong-Dong Son)

2012년 ~ 현재: 강원대학교 IT대학 전기전자공학과 재학

※관심분야 : 사물인터넷(IoT) 및 탐사로봇 등



상영균(Young-Kyun Sang)

2012년 ~ 현재: 강원대학교 IT대학 전기전자공학과 재학

※관심분야 : 사물인터넷(IoT) 및 탐사로봇 등



김동희(Dong-Hoi Kim)

2005년 : 고려대학교 전파공학과
(공학박사)

1989년 1월 ~ 1997년 1월 : 삼성전자 전임연구원
2000년 8월 ~ 2005년 8월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
2006년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 IT대학 전기전자공학과 교수
※관심분야 : 무선 네트워크 및 사물인터넷(IoT) 등