

로봇의 자율 주행을 위한 더듬이, IR 및 초음파 센서를 이용한 충돌 회피 방법

신승아[†], 노인호^{**}, 황태현^{***}, 신석훈^{****}, 심주보^{*****}, 오미선^{*****}, 고주영^{*****}, 심재창^{*****}

요 약

자율 주행 로봇은 스스로 운행할 능력이 있으므로 사람이 접근하기 어려운 위험한 장소 또는 좁은 장소 등에 갈 수 있고 센서를 이용하여 사람이나 프로그램이 지시하는 명령을 수행할 수도 있다. 그리고 센서를 이용해 얻은 데이터를 다시 전송해 줄 수 있다. 지시된 장소까지 주행하기 위해 장애물이나 다른 이웃 로봇에 충돌하지 않고 원하는 목적지까지 진행 하여야 한다. 본 연구에서는 로봇의 자율 주행을 위한 충돌 회피 방법을 설계하고 구현하였다. 충돌회피를 위해 더듬이, IR 및 초음파 센서를 사용하여 근거리 장애물과 원거리 장애물을 감지하여 회피 할 수 있게 하였다. 또한 임무 수행 후 데이터를 전송하기 위해 유, 무선 통신을 이용하였다.

A Method of Collision Avoidance for Autonomous Mobile Robot using the antenna, IR and ultrasonic

Shin Seung-a[†], No In-ho^{**}, Hwang taehyun^{***}, Shin seok hoon^{****}, Joobo Shim^{*****},
Mi Sun Oh^{*****}, Jooyoung Ko^{*****}, Jaechang Shim^{*****}

ABSTRACT

Autonomous mobile robot has ability to move itself so it can access to danger area or narrow place, and send acquired data by sensors at the same time. In order to drive to directed place, it should progress to the destination without any collision to other robot. In this study, we built and realized the collision avoidance system for autonomous mobile robot. By using antenna, IR and ultrasonic Sensors for collision avoidance, we made it possible to sense the attached and long-distance obstacle, and can avoid. Also, we used wired and wireless network to send the data after the mission.

Key words: Mobile Robot(이동 로봇), Collision Avoidance(충돌 회피), IR Sensor(적외서 센서), Ultra sound(초음파), Wireless Communications(무선 통신)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 심재창, 주소 : 경북 안동시 경동로 1375 (송천동) 국립안동대학교 컴퓨터공학과(760-749), 전화 : 054) 820-5645, FAX : 054) 820-6164, E-mail : jcshim@andong.ac.kr
접수일 : 2011년 12월 29일, 수정일 : 2012년 3월 10일
완료일 : 2012년 8월 29일

[†] 준회원, 경북과학고등학교재학 (E-mail : rose9275@nate.com)

^{**} 준회원, 경북과학고등학교재학 (E-mail : nosy0411@hanmail.net)

^{***} 준회원, 경북과학고등학교재학 (E-mail : hth06@naver.com)

^{****} 준회원, 경북과학고등학교재학 (E-mail : gkd14943@naver.com)

^{*****} 준회원, 경북과학고등학교재학 (E-mail : joobo95@naver.com)

^{*****} 정회원, 경북과학고등학교교사 (E-mail : flag2176@hanmail.net)

^{*****} 종신회원, 안동대학교 대학교육개발원 (E-mail : sonice@andong.ac.kr)

^{*****} 종신회원, 안동대학교 컴퓨터공학과 (E-mail : jcshim@andong.ac.kr)

※ 본 연구는 창의재단 R&E 과제 일환으로 수행하였음.

1. 서 론

최근 산업 현장에서는 제품이나 생산 현장을 일정한 온도 및 습도를 유지해야 하는 경우가 많다. 그리고 이러한 상태의 모니터링을 지속적으로 해야 하는 경우가 있다[1-2]. 산업 현장에서는 공장 내부와 같이 센서 등을 직접 설치할 수 있는 장소도 있지만, 화재·가스 누출 등 재난이 발생하였을 경우는 사람이 직접 접근하기 곤란하다. 이와 같이 작업자가 가기 어려운 곳이나 위험한 곳에 접근하기 위하여 자율 주행 로봇을 사용할 수 있다. 자율 주행 로봇은 스스로 목적지까지 주행 하는 로봇으로 자율 주행 및 목적지 까지 도착하기 위한 여러 가지 방법에 대한 기술이 연구되고 있다. 자율 주행 로봇은 목적지에 원활히 도착하기 위해 경로를 인식하여 목적지까지 주행하는 기술이 필요하다[3]. 이와 같은 연구는 주로 비전센서를 이용하는 영상처리 기술이 필요하다. 또한 로봇이 목적지까지 안전하게 도착하기 위해서는 주행 기술과 동시에 장애물에 대한 충돌을 회피하는 기술도 중요하다[4-5]. 이 방법은 센서들을 통해 얻어진 데이터를 기반으로 다양한 예측 방법을 사용한다. 로봇이 주행 할 때 다양한 장애물을 만나게 된다. 환경에 대한 정보가 있는 경우는 목적지와 경로를 가지고 주행 할 수 있다. 그러나 환경에 대한 정보가 부족한 경우는 변화에 빠르게 대응해야 한다. 환경에 빠르게 대응하기 위해서는 주로 센서들을 사용한다. 거리를 측정할 때는 주로 레이저 센서, 초음파 센서를 사용하고, 가까운 지점에 접촉할 때 반응하기 위해서 더듬이센서도 사용할 수 있다. 또한 빛에 반응하기 위해서는 포토센서 그리고 기울어지는 것에 대해서는 기울기 센서 등이 사용될 수 있다. 본 연구에서는 더듬이센서, IR 및 초음파 센서를 이용하여 로봇의 충돌회피 방법의 설계 및 구현을 하였다. 서로 다른 기능의 센서를 이용하여 근거리와 원거리의 장애물을 회피 할 수 있도록 하였다. 또한 로봇이 임무 수행 후 측정된 데이터는 무선으로 전송하고 관찰자는 웹과 스마트 폰을 이용하여 모니터 할 수 있게 유, 무선 통신을 통합하여 이용하였다.

2. 관련 연구

자율 로봇은 스스로 운행할 수 있는 로봇을 말하

며 자율 로봇이 목적지까지 주행하기 위한 연구는 여러 가지 방법이 있다. 카메라를 이용하여 색상 이미지를 분석하여 이동 로봇의 이동 경로를 처리하는 연구가 있다[6]. 이 연구는 인도와 보도사이에서 도로변의 잔디 색상이 다른 점에 착안하여 색상 차이에 따른 영상처리를 하여 보도와 도로변을 추출하였다. 로봇은 영상처리를 통하여 추출된 보도를 이동 할 수 있게 하였다. 반면에 로봇에 도로는 따라서 갈 수 있으나 장애물을 피하기 어려운 단점이 있다. 그리고 이동경로를 차선을 인식하는 알고리즘을 이용하여 도로를 주행 할 수 있는 연구가 있다[7]. 차선을 검출하기 위해 차선경계, 시작위치, 방향 등 세 가지 특징을 이용하여 여러 개의 차선 경계 후보 중 통계 가중치에 따라 최적의 차선을 찾는 알고리즘을 제안하였다. 실험 차량이 차선을 따라 주행하도록 하였으나 장애물에 대한 연구는 부족한 특징이 있다. 그리고 로봇과 장애물과의 충돌을 방지하기 위한 연구로는 가속도 센서를 이용한 방법[8], 초음파 센서를 이용한 방법[4], 카메라를 이용한 방법[9]등이 있다. 가속도 센서를 이용하는 방법은 비 접촉 센서로 물고기 로봇의 충돌을 방지하기 위한 연구이다. 가속도 센서는 장애물에 부딪힌 후 반응 할 수 있는 방법이며, 속도의 변화가 뚜렷할 때 장애물 충돌을 정확히 감지하는 특징이 있으나 자율 로봇이 물체에 충돌하기 전에 감지하기 어려운 점이 있다. 초음파 센서를 이용한 연구는 큰 장애물 뿐 아니라 작은 장애물을 감지할 수 있도록 한 연구이다. 카메라를 이용한 연구는 디지털 카메라를 이용하여 영상을 통하여 그려진 라인을 찾아서 로봇이 이동하는 방향을 결정하도록 하였다. 주변의 색보다 밝은 픽셀을 검출하여 라인을 분류하는 방법을 사용하였다. 또한 한 가지 기술이 아니라 여러 가지 방법을 복합적으로 이용한 방법도 제안되고 있다[10]. 이와 같이 다양한 방법으로 로봇의 자율 주행을 도와주고 있지만 본 연구에서 제안하는 충돌 회피에 어려운 측면이 있다. 본 연구에서는 자율 로봇이 주행 중 장애물이 있을 경우 센서를 이용하여 장애물을 회피하여 원하는 목적지까지 주행하거나 임무를 수행하도록 하고자 한다. 기존의 연구 방법별 비교는 표 1과 같다. 또한 각 센서를 이용한 방법을 구현하고 로봇에게 명령을 내리거나 임무 중 얻은 데이터의 송수신을 위해 무선 통신 방식을 이용한다. 무선 통신 방식으로는 지그비 통신을 이용하였

표 1. 각 방법별 특징과 문제점

연구 방법	특 징	문 제 점
색상검출	도로변의 잔디 색상으로 영상처리 보도를 추출하고 정해진 길을 따라감	도로변을 따라감. 장애물 피하지 못함.
차선인식	차선경계, 시작위치, 방향 등 특징을 이용하여 차선을 검출하여 차선 따라 주행	정해진 길만 가므로 장애물 피하지 못함
카메라	카메라로 입력된 영상에서 라인을 찾아 로봇이 이동	장애물 있을 경우 감지 어려움
가속도 센서	장애물에 부딪힌 후에 이를 감지하고 반응	충돌 후 장애물 감지하고 충돌 전 감지 어려움
초음파 센서	크고 작은 장애물 감지	가까운 거리 감지하기 어려움

다. 이 장에서는 본 연구에서 사용하는 보봇 로봇과 센서들에 대해서 살펴보고 3장에서는 시스템의 구성에 대해서 기술하고 4장에서 실험 및 고찰 그리고 결론을 기술한다.

2.1 보봇(Boe-Bot) 로봇

본 연구에서는 두 -개의 서보 모터로 작동되는 바퀴가 달린 소형 보봇 로봇[11]을 사용하였다. 보봇 로봇(BoeBot)은 Parallax 사[12]에서 판매하는 로봇 키트이다. 두 개의 바퀴가 있어서 움직일 수 있다. 상단에 센서들을 부착 할 수 있으며 브레드보드에 간단하게 회로를 구성하여 데이터를 얻을 수도 있다. Boe-Bot로봇은 패럴랙스사의 마이크로컨트롤러 BasicStamp 2와 Board of Education으로 제어한다. 표 2는 보봇 로봇의 특징을 나타낸다.

2.2 로봇에 사용되는 센서

본 연구에서는 Boe-Bot 로봇에 부착하여 사용하기 쉬운 패럴랙스[12] 사의 센서들을 살펴본다. 표

3은 보봇 로봇에 사용할 수 있는 센서들의 분류이다.

본 연구에서 충돌회피에 사용할 센서들은 표 4와 같다. 더듬이 센서는 직접 접촉하여 장애물을 감지한다. 가까이 있는 장애물을 감지하고 감지하는 즉시 반응하는 특징이 있다. IR 송수신기를 이용하면 먼 거리를 측정 할 수 있으나 각도에 따라 측정 범위가 달라지므로 가까운 거리의 장애물 감지에도 유용하게 사용할 수 있다. 그리고 초음파 센서는 검출 거리가 길기 때문에 먼 거리의 장애물을 감지하고자 한다.

2.4 로봇의 통신을 위한 네트워크 구성

본 연구에서는 로봇의 통신을 위하여 무선과 유선 네트워크를 이용하였다. 로봇에게 명령을 전달할 때 무선으로 전달하기 위해서 지그비를 사용하였다. 지그비는 저전력, 근거리, 저속 무선통신으로 IEEE 802.15.4 표준의 물리층(PHY) 계층과 매체접근제어(MAC)계층을 기반으로 상위 프로토콜(Protocol)과 응용을 규격화한 기술이다. 본 연구에서는 XBee Pro를 사용하여 일대일 또는 일대 다 통신이 가능하도록

표 2. Boe-Bot 로봇의 특징



구 분		특 성	
주요부품	BASIC Stamp 2		<ul style="list-style-type: none"> • Boe-Bot의 두뇌 역할 • 타이머, 키보드, 모터, 센서, 스위치, 릴레이, 조명 등을 제어 및 모니터링 • PBASIC 언어로 프로그래밍
	Servo Motor		<ul style="list-style-type: none"> • 로봇 및 기본 운동 프로젝트에 적합 • 0° ~ 180° 범위의 어떤 위치도 유지가능 • 어떤 마이크로컨트롤러와도 인터페이스 가능
특 징		<ul style="list-style-type: none"> • 브레드 보드에 회로를 만들 수 있고 BASIC Stamp의 프로그래밍이 자유로움 • 알루미늄 틀로 밀판이 구성됨 • 두 개의 바퀴로 이동가능 	

표 3. 로봇에 사용되는 센서의 분류

센서 종류	성능 및 용도
가속도/기울기 Acceleration/Tilt	응용 프로그램의 움직임과 가속 데이터를 얻거나 균형을 유지하기 위함
색상/빛 Color/Light	색상과 빛을 감지한다.
나침반/GPS Compass/GPS	방향과 GPS 감지
가스 Gas	화학적 성분을 감지하거나 머무는 공간의 안전한 수준에 대한 정보를 알려줌
객체 감지 Object Detection	감지 영역 안에 있는 물체 또는 움직이는 물체 감지/초음파, 근접 센서, 적외선 센서
압력/Flex/RPM Pressure/Flex/RPM	사람이 누르거나 자동으로 센서를 누르거나 구부리거나 함
온도/습도	디지털 온도를 특정하고, 온도의 변화를 측정한다. 온도와 함께 습도도 측정한다.

표 4. 장애물 회피에 사용하는 센서의 종류별 특징

센서 종류	장애물 인식 거리	인식 방법	특징
더듬이 센서	직접 접촉(거리 짧음)	장애물과 직접 접촉	짧은 거리만 감지 장애물 감지 반응 시간이 짧음
IR 송수신기	최대 8M 이상	적외선	검출거리가 김 방향에 영향을 받음
초음파 센서	최대 3M	초음파	검출거리가 김 응답 속도가 지연됨

하였다. 그림 1은 XBee Pro이다.

XBee Pro는 2.4GHz 주파수 대역에서 작동되며, 전송거리는 실내에서 최대 370m 까지 전송가능하고 실외에서는 최대 9.6km 까지 전송가능하다. 그러나 장애물 등이 있을 경우 최대 전송거리는 짧아 질 수 있다. 제품의 요약은 표 5와 같다.



그림 1. XBee Pro

표 5. XBee Pro의 제품요약

XBee Pro	성능
작동 주파수	ISM 2.4 GHz
실내/도시	최대 100 m
실외/시계거리	최대 1.6km
RF 데이터 전송률	9,600 bps
전송출력	63mW
전력	3.0~3.4 V
수신전류	45 mA
송신전류	265mA

3. 시스템 구성

본 연구에서는 로봇의 장애물 회피를 위해 세 가지 센서를 이용한다. 더듬이 센서, IR 송수신기, 초음파 센서를 이용한다. 또한 통신을 위해 무선 통신과

LAN을 이용한 유, 무선 통합 방식을 이용한다.

3.1 더듬이 센서(Whisker Wire)

더듬이 센서는 촉각 스위치의 한 종류이다. 촉각 스위치(Tactile Switch)를 이용하는 예를 들어 보면 로봇 팔을 생각 할 수 있다. 공장의 생산라인에서 물건을 감지하고 작업을 할 때 사용 적용할 수 있다. 본 연구에서는 보트의 더듬이 센서를 고찰해 본다. 더듬이 센서는 안테나처럼 길게 생겼으며 더듬이 센서의 회로도도 그림 2와 같다.

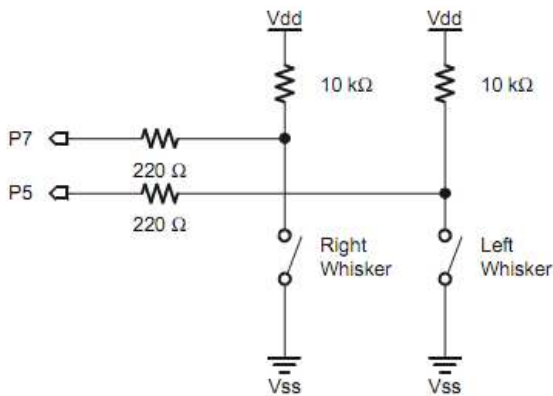


그림 2. 더듬이 센서의 회로도

BASIC Stamp[10]를 이용하여 더듬이가 눌러질 때 감지하는 프로그램을 만들어 장애물에 접촉되는 것을 감지한다. I/O핀들은 각각 10kΩ 저항에 전압을 연결시켜 놓는다. 더듬이 센서가 작동하고 있지 않을 때는 I/O 핀으로 5V전압이 연결되지만 접촉해서 센서가 작동할 때는 Vss로 접지되어 I/O 선에는 0V 전압이 연결된다. 그러므로 I/O 핀이 눌러지면 전압은 0V가 되어 입력 값은 0이 되며, 작동하지 않을 때는 5V가 흘러서 입력 값은 1이 저장된다. 값은 터미널에서 확인 할 수 있다. 더듬이 센서는 직접 닿을 때 작동하므로 근접한 장애물을 감지하는데 적합하며 거리가 먼 경우 다른 센서와 함께 사용하는 것이 유리하다.

3.2 IR 송수신기

IR 센서는 그림 3과 같이 로봇의 이동경로에서 적외선을 사용하여 물체에 반사되어 돌아오는 빛을 감지하는 센서이다.

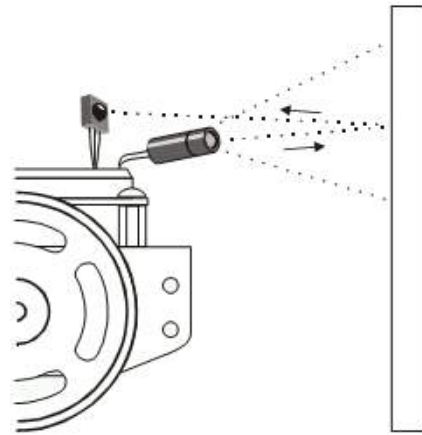


그림 3. IR 센서를 이용한 장애물 탐지

적외선은 가시광선의 붉은색보다 긴 전자파로 우리 눈에는 보이지 않는다. 본 연구에서 이용하는 IR LED는 908nm 파장을 사용하고 근적외선을 사용한다. IR 센서는 광학필터가 있어 980nm의 적외선을 제외한 빛을 걸러낸다. 적외선 탐지기는 38.5kHz의 신호만 통과할 수 있는 전자 필터가 있다. 그러므로 햇빛과 조명장치와 같은 일반적인 광원들의 간섭을 피할 수 있다. IR 센서 회로도도 그림 4와 같다.

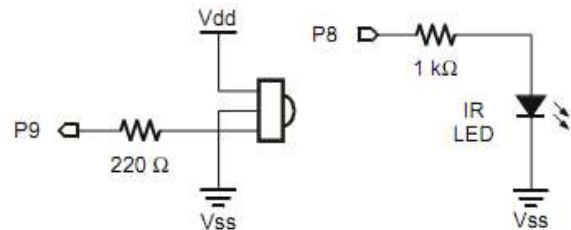


그림 4. IR 센서의 회로도

3.3 초음파 센서

초음파 센서는 초음파를 발생하여 보내고 장애물에 부딪힌 후 다시 돌아오는 파장을 감지하여 시간차를 계산하여 거리를 측정한다. 예를 들어 자동차 후진할 때 나오는 경보음도 초음파 센서를 이용한 것이다. Ping))) 센서의 제품요약은 표 6과 같다.

초음파 센서는 주파수가 높고 파장이 짧기 때문에 높은 분해력으로 계측할 수 있다. 검출거리가 길고 검출대상물에 제약이 따른다. 바람과 온도의 영향을 받기 쉬우며 거리가 멀수록 응답속도가 지연된다. 약 1-2m 사이에서는 오차가 거의 없고 그 이상의 거리에서는 약 1cm 정도의 오차가 난다. 그림 5는 초음파

표 6. PING))) 센서의 제품요약

PING))) 센서	성능
범위	2cm~3m
입력 트리거	positive TTL pulse 최소 : 2 μ s min 표준 : 5 μ s.
반사 파동	positive TTL pulse 최소 : 115 μ s 최대 : 18.5 ms
공급 전압	+5VDC
공급 전류	표준 : 30 mA 최대 : 35 mA
통신	positive TTL pulse
작동 온도	0 $^{\circ}$ C ~70 $^{\circ}$ C
크기	22mm×46mm×16mm
무게	9g

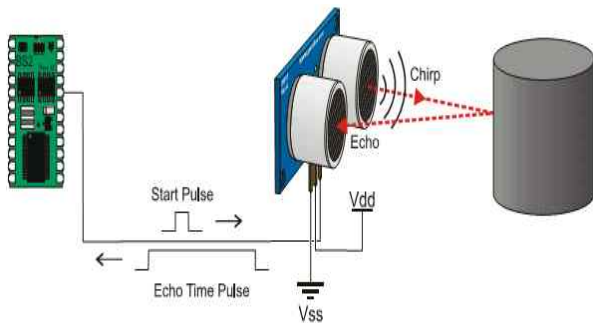


그림 5. 초음파 센서를 이용한 장애물 탐지

센서의 장애물 탐지 과정을 나타낸다. 초음파 센서가 초음파를 발생 시킨 다음 장애물에 부딪힌 후 반사되어 돌아오는 초음파를 측정하여 거리를 계산한다.

3.4 유무선 통합 네트워크

자율 로봇의 데이터를 서버 컴퓨터에 보내기 위해서 무선과 유선 네트워크를 통합하여 이용하였다. 먼저 자율 로봇이 수행한 작업에 대한 데이터들은 지그비를 이용하여 무선으로 서버 컴퓨터에 전송한다. 그리고 클라이언트 컴퓨터에 데이터를 전송하기 위해 LAN을 이용함으로써 거리가 먼 경우에도 중계기를 사용하지 않고 데이터를 전송할 수 있다. 또한 클라이언트에서 로봇이 전송한 데이터를 받기 위해 클라이언트 컴퓨터뿐만 아니라 스마트폰을 이용함으로써 장소에 관계없이 데이터를 받거나 명령을 보낼 수 있다. 통신의 구성요소는 그림 6과 같다.

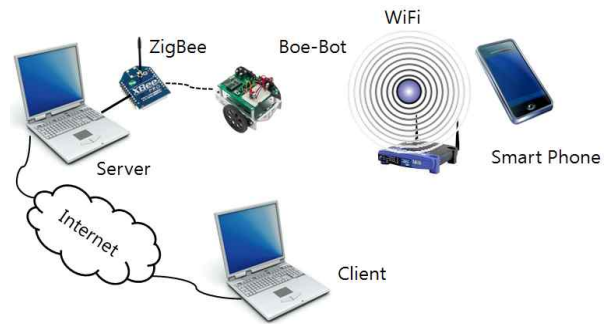


그림 6. 통신의 구성요소

4. 실험 및 고찰

본 연구에서는 자율 주행 로봇의 장애물 회피를 위하여 세 가지 센서를 이용한다. 장애물을 접촉하지 않고 감지하기 위해서 IR 송수신기와 초음파 센서를 이용한다. 그리고 로봇이 직접 접촉하는 센서인 더듬이 센서를 이용하여 장애물에 닿았을 경우 회피하도록 하였다.

4.1 더듬이 센서를 부착한 자율로봇

더듬이 센서는 장애물이 닿았을 경우 명령된 대로 주행하는지 실험해 보았다. 더듬이 센서는 속도가 빠른 경우 장애물에 대한 인식도가 낮을 수 있다. 더듬이 센서에 장애물이 닿았을 경우 로봇의 속도에 따라서 로봇이 얼마만큼 빨리 반응하는가를 측정하였다. 프로그램 상 로봇이 전진하기 위한 최대속도는 850 (반대편:650, 정지:750) 이고, 속도를 30씩 감소시키며 장애물에 부딪히고 반응하는 동안의 시간을 측정하여 표 7과 같은 결과를 얻었다. 실험 결과 최대 속도일 때 반응 속도가 상대적으로 빠르므로 최대 속도 850/650 을 사용하였다.

표 7. 더듬이 센서 반응 시간 결과 단위(Second)

로봇의 속도	실험 1	실험 2	실험 3	평균
850 / 650	0.45	0.44	0.44	0.44
820 / 680	0.54	0.55	0.57	0.55
790 / 710	0.85	0.81	0.83	0.83

4.2 IR 송수신기

IR송수신기에 걸리는 저항 값을 달리하여 최대 탐지 거리를 측정하였다. 송신기와 수신기의 각도는 수

표 8. IR 송수신기의 저항 값에 따른 측정 거리 실험 결과

단위(cm)

저항(Ω)	실험 1	실험 2	실험 3	실험 4	실험 5	평균
4700	37	40	41	42	41	40.2
2000	44	45	43	45	43	44.0
1000	46	48	49	50	50	48.6
470	50	51	52	48	50	50.2
220	54	52	49	50	51	51.2

직을 유지하였다. 일반적으로 IR 송수신기는 8미터 정도 측정 가능하다고 알려져 있으나 각도에 영향을 받는다. 본 연구에서는 표 8과 같은 결과를 얻었다. 실험 결과 저항이 220Ω인 경우 평균적으로 가장 먼 거리를 측정하며 일반적인 저항인 220Ω을 적용하였다. 저항을 220Ω을 사용했을 때 평균 측정 거리는 51.2 cm이다.

4.3 초음파 센서

초음파 센서는 초음파를 발생 시킨 후 장애물에 부딪히고 돌아온 신호를 감지하여 장애물과의 거리를 측정한다. 초음파 센서가 장애물을 감지하는 거리는 3미터가 넘는다. 그리고 감지할 수 있는 각도는 정지하였을 때 중심을 기준으로 약 30°정도였다. 그러므로 장애물 감지 범위는 60°가 된다. 좀 더 넓은 범위를 감지하기 위해서 서보 모터를 이용하여 초음파 센서가 회전하면서 장애물을 감지하게 하였다. 초음파 센서가 왼쪽 90°, 오른쪽 90°를 회전할 수 있으므로 약 240°의 범위에서 장애물을 감지하게 된다. 결과는 표 9와 같다.

표 9. 초음파 센서의 최대 감지 거리와 각도 비교표

정지상태일 때		180 ° 회전할 때	
최대 감지 거리	최대 감지 각도	최대 감지 거리	최대 감지 각도
372cm	60°	372cm	240°

4.4 시스템의 장애물 감지 과정

본 연구에서는 IR 송수신기와 초음파 센서를 부착하여 자율 주행 할 수 있는 로봇을 만들고 장애물을 감지할 수 있게 하였다. IR 송수신기와 초음파 센서를 이용하여 50cm 내의 가까운 거리는 IR 송수신기가 감지하고 그 이상 먼 거리는 초음파 센서가 장애

물을 감지한다. 본 연구의 장애물 회피를 위한 자율로봇이 장애물을 감지하는 범위는 그림 7과 같다.

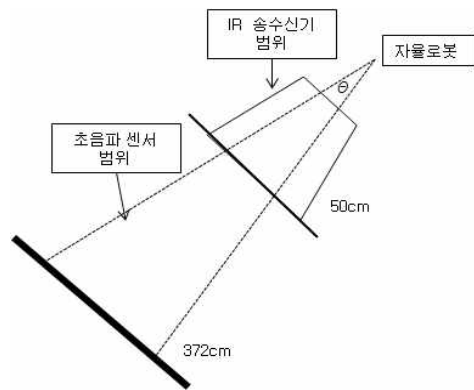


그림 7. 시스템의 장애물 감지 범위

IR 송수신기는 약 50cm 초음파 센서는 약 370cm 정도까지 장애물을 감지 할 수 있고, IR 센서는 중심에서 부터 42°정도 장애물을 감지하고 초음파 센서는 중심으로 부터 약 30°정도 감지하였다. 제안된 시스템이 장애물을 감지하는 과정은 그림 8과 같다.

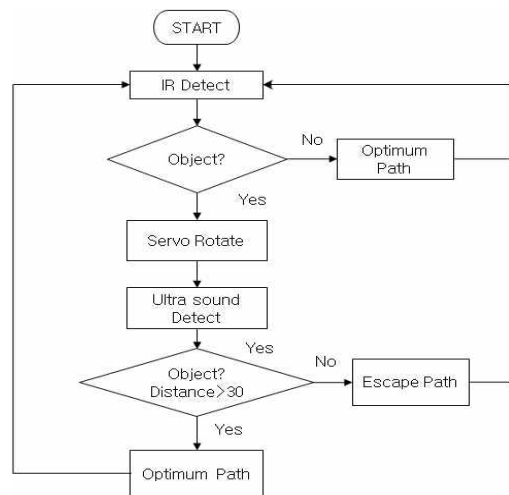


그림 8. 장애물 감지과정

먼저 가까운 거리의 장애물을 감지하기 위해 IR 송수신기가 물체를 감지한다. IR 수신기에 장애물에 반사되어 오는 주파수가 있으면 장애물이 있는 것으로 판단한다. 장애물이 없으면 전진하고 서보 모터를 장착한 초음파 센서의 방향을 바꾸면서 초음파를 발생시킨다. 장애물이 측정된 거리가 30cm 보다 더 가까우면 다른 경로를 찾고 아니면 원래 찾은 길을 가도록 하였다.

4.5 서버 및 클라이언트 프로그램

제안된 시스템에 무선 통신을 하기 위하여 지그비 모듈을 설치하였다. 사용된 모듈은 XBee Pro이고 XBee Pro는 빠른 일대 일 또는 일대 다 통신을 할 수 있다. 그림 9는 지그비센서를 연결한 시스템이다. 그림 10은 서버 컴퓨터의 수신부에 지그비가 설치된 모습이다.

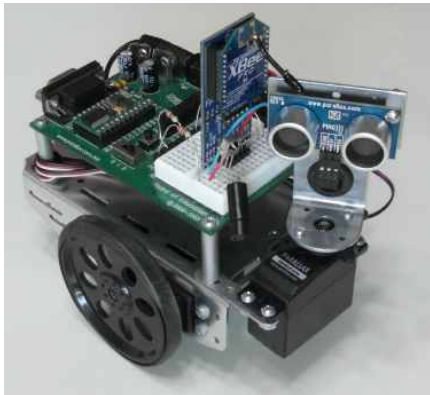


그림 9. 무선통신이 가능한 시스템



그림 10. 수신부

서버 프로그램과 클라이언트 프로그램은 프로세싱[13] 언어를 이용하여 작성하였다. 프로세싱언어는 무료공개 언어로 다양한 라이브러리가 제공되어 간단하게 프로그램을 할 수 있는 장점이 있다. 그림

11은 서버를 위한 프로그램이고 그림 12는 클라이언트를 위한 프로그램이다.

```
import processing.net.*;
Server s;
Client c;
String input;
void setup()
{
    size(450, 255);
    background(204);
    frameRate(5); // Slow it down a little
    s = new Server(this, 12345);
    // Start a simple server on a port
}
void draw()
{
    if (newTemHum == true) {
        //Read data and transmit
    }
}
```

그림 11. 서버 프로그램

```
import processing.net.*;
Server s;
Client c;
String input;
PFont myFont;
void setup()
{
    size(450, 255);
    background(204);
    fill(0);
    frameRate(5); // Slow it down a little
    // Connect to the server's IP address and port
    c = new Client(this, "220.69.***.***", 12345);
    // Replace with your server's IP and port
    myFont = createFont("굴림", 64);
    textFont(myFont);
}
void draw()
{
    // Receive data from server
    if (c.available() > 0) {
        input = c.readString();
        text(input, 10, 80); //글자를 창에 표시함
    }
}
```

그림 12. 클라이언트 프로그램

지그비를 이용하여 로봇에 명령을 주기 위해서는 Boe-Bot 로봇에 사용하는 PBASIC을 이용하였다. 표 10은 로봇에 명령하기 위한 명령어의 예이다. 그림 14는 PBASIC으로 작성한 프로그램의 일부이다.

표 10. 로봇에 명령하는 명령어의 예

명령어	내 용
g	왼쪽으로 회전
j	오른쪽으로 회전
y	앞으로 가기
h	뒤로 가기

```

PAUSE 500
SEROUT Tx, Baud, [CLS,"Program Running...",
CR]

PAUSE 2000      ' Pause before counting

DO
  SERIN Rx, Baud, [Counter]
DEBUG Counter
IF( counter = "g" ) THEN
  GOSUB Turn_Left
ELSEIF ( counter = "j" ) THEN
  GOSUB Turn_Right
ELSEIF ( counter = "y" ) THEN
  GOSUB Forward_Pulse
ELSEIF ( counter = "h" ) THEN
  GOSUB Back_Up
ENDIF
LOOP
    
```

그림 13. 로봇에 명령하기 위한 프로그램

표 11에서 본 연구에서 구현한 시스템과 기존의 시스템과의 성능을 비교하였다. 기존의 시스템에서는 자율주행이 가능하고 시스템에 따라 차선을 인식

하여 정해진 길을 따라가는 특징이 있다. 본 연구에서는 차선을 따라가는 것을 제외하고 자율주행, 충돌 전 장애물 감지, 충돌 회피 및 근거리와 원거리의 장애물을 감지할 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 자율로봇의 충돌 회피에 필요한 센서의 종류 및 특징을 조사하고 그 중 3가지를 선택하여 직접 구현하였다. 기존 연구에서 색상 검출 또는 차선을 인식하는 방법은 정해진 길을 주행하는데 비하여 본 연구는 장애물의 종류에 관계없이 충돌을 회피할 수 있는 장점이 있다. 또한 카메라를 이용하여 지정된 경로를 주행하는 방법에 비하여 본 연구는 장애물이 없는 경우 항상 주행이 가능한 장점이 있다. 실험한 센서 중 더듬이 센서는 접촉식으로 가까이 있는 장애물은 정확하게 인식할 수 있으나 먼 거리에 있는 장애물의 인식에는 어려움이 따른다. 따라서 다른 센서와 함께 이용하는 것이 유리하다. 또한 속도에 따른 반응 속도는 로봇의 최대속도 850/650 일 때 가장 빠르게 나타났다. IR 송수신기는 측정 거리가 길어 멀리 있는 장애물 측정이 매우 용이하며 저항의 크기가 클수록 최대 측정 거리가 짧아지므로 저항의 크기를 변화시킴으로써 최대 측정 거리의 조절이 가능하다. 실험 결과 저항 값이 220Ω일 때 가장 먼 거리를 측정하는 결과가 나타났다. 초음파 센서는 주파수가 높고 파장이 짧기 때문에 높은 분해력을 가져 측정하고자 하는 거리의 정확성을 높일 수 있고 검출거리가 긴 특징이 있다. 초음파 센서는 로봇으로부터 약 50cm 부터 370cm 까지 거리를 측정 할 수 있었다. 이 세 가지의 센서들에 이용하여 근거리와 원거리 또는 장애물과 접촉했을 때 장애물을 인식하고 회피할 수 있게 하였다. 본 연구에서는 이러한 센

표 11. 각 방법별 성능 비교

장애물 \ 방법	색상검출	차선인식	카메라이용	가속도센서	초음파센서	본연구
자율주행	○	○	○	○	○	○
차선 인식	×	○	○	×	×	×
충돌전	×	×	×	×	○	○
충돌후	×	×	×	○	×	○
근거리	×	×	×	×	○	○
원거리	×	×	×	×	○	○

서들을 사용하여 로봇이 주변 환경의 변화에 즉시 대응할 수 있도록 하였다. 따라서 로봇의 주행 경로 상에 어떤 장애물이 있더라도 스스로 판단하여 피해 갈 수 있으며 충돌 없이 안전하게 목적지까지 도달할 수 있게 된다. 향후 연구에서는 센서와 카메라를 이용하여 가변적이 장애물의 특징을 스스로 판단할 수 있도록 성능을 향상시킬 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] I. J. Yick, B. Mukherjee, D. Ghosal, Wireless Sensor Network Survey, *Computer Network* 52, pp. 2292-2330, 2008.
- [2] 정상준, 정연기, “무선 센서 네트워크를 이용한 작업환경 모니터링 시스템,” 멀티미디어학회논문지, 제12권, 제10호, pp. 1478-1485, 2009.
- [3] Li, W., Lu, G., and Wang, Y. “Recognizing White Line Markings for Vision-guided Vehicle Navigation by Fuzzy Reasoning,” *Proc. of Pattern Recognition Letters*. pp. 771- 780. 1997,
- [4] 김갑순, “초음파센서를 이용한 로봇의 소형장애물 감지 및 회피방법연구,” 센서학회지, 제14권, 제2호, pp. 101-108, 2005.
- [5] 신석훈, 황태현, 신승아, 노인호, 심주보, 오미선, 고주영, 심재창, “로봇의 소셜 네트워크 서비스를 위한 프로토콜 및 충돌회피 방법,” 멀티미디어학회논문지, 제15권, 제7호, pp. 931-940, 2012.
- [6] Ohno, K., Tsubouchi, T., Maeyama, and S., Yuta, S., “A Mobile Robot Campus Walkway Following with Daylight-change-proof walkway Color Image Segmentation,” *Proc. of the IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, Hawaii*, Vol. 1, pp. 77-83, 2001.
- [7] Young Uk Yim and Se-Young Oh, “Three Feature Based Automatic Lane Detection Algorithm(TFALDA) for Autonomous Driving,” *IEEE Transactions on ITS*, Vol. 4, No. 4, pp. 219-225, 2003.
- [8] 신재정, 민소희, 나승유, “가속도 센서에 의한 물고기 로봇의 충돌 감지 및 충돌 후 회피 알고리즘 개발,” 전자통신기술논문지, 제7권, 제1호, pp. 46-11. 2004.
- [9] Bacha Andrew Reed, “Line Detection and Lane Following for an Autonomous Mobile Robot”, Master’s thesis, *Virginia Polytechnic Institute and State University*, 2005.
- [10] 이승환, 이현철, 이범희, “실외 자율 로봇 주행을 위한 센서 퓨전 시스템 구현,” 센서학회지, 제19권, 제3호, pp. 246-257, 2010.
- [11] Parallax Press, *Robotics with the Boe-bot Student Guide*, Version 2.2, Parallax Inc., Rocklin California, <http://parallax.com/>, 2102.
- [12] Parallax Inc. <http://www.parallax.com/>, 2004.
- [13] 이영학, 이영호, 정옥진, 고주영, 이광호, 심재창 재미삼아 프로세싱, 한티미디어, 서울, 2011.



신 승 아

2012년 경북과학고등학교 재학
관심분야 : IT, 안드로이드 스마트폰, 인공 지능 로봇



오 미 선

1993년 전남대학교 전산통계학과 졸업 (학사)
1994년~현재 경상북도교육청 경북과학 고등학교 교사



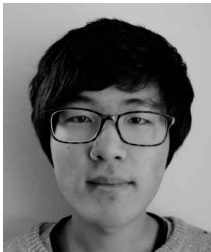
노 인 호

2012년 경북과학고등학교 재학
관심분야 : 무선 로봇, 센서네트워크, 자율주행 로봇



고 주 영

1994년 호성여자대학교 의류학과 석사
2002년 국립안동대학교 멀티미디어공학전공 석사
2010년 국립안동대학교 멀티미디어공학전공 박사



황 태 연

2012년 경북과학고등학교 재학
관심분야 : 인공지능, 시뮬레이션, 무선통신, O/S개발

2000~현재 국립안동대학교 대학교육개발원 강사
관심분야 : 멀티미디어응용, 이러닝, 멀티미디어 콘텐츠



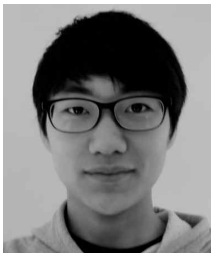
신 석 훈

2012년 경북과학고등학교 재학
관심분야 : 인공지능, 시뮬레이션, 무선통신, O/S개발



심 재 창

1987년 2월, 1990년 2월, 1993년 8월 : 경북대학교 전자공학과 공학사, 석사, 박사
1994년~현재 국립안동대 컴퓨터공학과 교수
1997년~1999년 IBM T. J. Watson 연구소 연구원
2005년~2006년 미국 프린스턴대학교 Visiting Fellow Professor
관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터비전, 임베디드 시스템, 무선 로봇



심 주 보

2012년 경북과학고등학교 재학
관심분야 : 가상현실, 유비쿼터스, 바이오 컴퓨터