

졸업 작품 계획서

시각 장애인을 위한 장애물 감지 스마트 지팡이

- 라즈베리파이를 이용한 장애인 편의 솔루션 -



건국대학교 컴퓨터공학부

김민재 이규진 이종찬

지도교수 : 유준범 교수님 (인)

< 목 차 >

1. 개요	2
1.1. 선정 배경	2
1.2. 목적	3
2. 팀원소개	4
3. 프로젝트 목표	4
4. 시장조사 및 분석	5
4.1. RFID 기반 전자지팡이	5
4.2. IIT Delhi 전자지팡이	5
5. 결과물 명세	7
5.1. 결과물 구성	7
5.1.1. 하드웨어 구성	7
5.2. 결과물 사양	7
5.2.1. 하드웨어 사양	7
5.2.2. 소프트웨어 사양	8
6. 개발 상세	9
6.1. 기술적 요구사항	9
6.1.1. 라즈베리파이 (Raspberry Pi)	9
6.1.2. 초음파센서 (Ultrasonic Sen	10
6.1.3. 블루투스 (Bluetooth)	11
6.2. 작동원리	11
6.2.1. 초음파	11
6.2.2. 진동 모듈	13
6.3. 개발 방법	13
6.3.1. Data Flow Diagram	14
6.3.2. Structure Chart	14
6.4. 장애요인과 해결방안	15
6.4.1. 프로젝트 진행	15
6.4.2. 하드웨어	15
6.4.3. 개발 진행 과정	16
6.5. 용어 설명	16
6.5.1. GPIO	16
6.5.2. 커널 패닉	16
6.5.3. 페어링	16
7. 개발 계획	17
8. 참고문헌	18

0. 프로젝트 이름

시각 장애인을 위한 장애물 감지 스마트 지팡이

1. 개요

1.1. 선정 배경

IT 기술의 발전과 여러 스마트 기기의 개발은 우리의 삶을 더 편리하고 윤택하게 하는데 도움을 주고 있다. 그에 따라 우리의 삶이 많이 바뀐 것은 사실이지만 우리 주위엔 아직 변화가 필요한 분야가 많이 남아있다. 그 중 한 분야로 우리는 장애인을 위한 스마트 기기 분야를 선정하였다. IT 기술의 혜택을 받음으로써 편리함의 극대화를 느낄 수 있는 사람들이야 말로 바로 장애인들이기 때문이다. 그리고 그 중에서도 우리는 시각장애인에 주목하였다. 2013년 보건복지부 통계에 따르면 전체 등록 장애인 약 250만명 중 시각장애인의 수는 약 10%인 25만명이 넘고 그 중 1~3급의 중증 시각장애인은 5만명에 달한다. 그런데 과연 그들은 IT 기술의 혜택을 얼마나 받고 있을까?

현재 삼성을 제외하고 모든 기업들이 시각장애인 안내견 사업에서 손을 이미 뗀 상태에다 삼성 마저 몇 년 전 그 규모를 대폭 축소하면서 안내견 공급에 차질이 생긴 상태이다. 안내견 마저 없다면 그들을 도울 수 있는 건 실질적으로 가까운 가족들이나 지인들 혹은 사회봉사자 같은 인력들뿐이다. 그 인력마저 없다면 단지 시각장애인용 흰 지팡이에 온 몸을 의지해야만 하는 신세가 된다. 그들은 지금 기술의 도움이 누구보다도 절실하게 필요한 상태다. 따라서 우리는 시각장애인들의 흰 지팡이에 IT 기술을 접목하여 새로운 가치를 이끌어내자는 의견을 모으게 되었다.



〈그림 2 시각장애인과 안내견〉

1.2. 목적

시각장애인들이 항상 입을 모아서 얘기하는 것이 앞이 보이지 않아 다칠 위험이 커서 밖을 나가기 겁이 난다는 것이다. 시각장애인을 지팡이는 무릎 아래에 있는 장애물에 대해서만 탐지가 가능하고, 무릎 위로는 어떠한 장애물이 오더라도 피할 수 없기 때문에 얼굴과 어깨 쪽을 다치는 일이 많다. 그래서 그들이 조금 더 편하게 다닐 수 있도록 도와주는 또 하나의 눈이 되어주고자 하였다.

따라서 우리는 시각장애인들이 항상 휴대하고 다니는 흰 지팡이에 초음파 센서를 장착한 라즈베리파이를 부착함으로써 전방의 장애물들의 정보를 실시간으로 이용자가 알 수 있도록 해주는 스마트 지팡이를 만들고자 한다. 또한 단지 전방의 장애물이 있는지 없는지의 여부뿐만 아니라 초음파 센서를 추가 장착하여 좌전방, 우전방, 상, 하 등 여러 정보를 받아와 그 결과를 가공하여 사용자에게 조금 더 유용한 정보를 전해주고자 한다.

그러나 시각장애인이라는 사용자의 특성상 디스플레이 같은 시각적 정보를 제공하는 것이 불가능하거나 제한적이므로 청각, 촉각을 이용하여 정보를 전달해야 한다. 따라서 진동 모터와 블루투스 이어폰을 통해서 사용자에게 시각에 대한 정보를 전달해 줄 것이다. 조작법 또한 쉽고 간편해야 함으로 최대한 버튼의 개수가 적고 어렵고 복잡한 조작을 필요로 하지 않아야 한다.

2. 팀원소개

팀장 : 이규진
학번 : 201011349
이메일 : jin602@naver.com
연락처 : 010-9078-7386
수행 업무 : 개발 주도 및 프로젝트 발표

팀원 : 김민재
학번 : 201011314
이메일 : thflatk2@naver.com
연락처 : 010-3158-7555
수행 업무 : 프로젝트 개발 및 환경구축

팀원 : 이종찬
학번 : 201011456
이메일 : chester777@securityfact.com
연락처 : 010-9253-9796
수행 업무 : 프로젝트 개발 및 환경구축

3. 프로젝트 목표

- a. 라즈베리파이와 초음파 센서를 이용하여 전방의 무릎 위 장애물을 인식
- b. 여러 개의 초음파 센서를 통해 받은 정보를 가공하여 알려주어 보행자의 상황 판단을 도움
- c. 탐지한 장애물의 거리, 방향, 높이 정보를 시각장애인이 구분할 수 있는 진동과 소리 정보로 제공
- d. 편리한 사용을 위한 블루투스 이어폰과의 연동 기능
- e. 시각장애인이 사용할 수 있는 쉬운 조작법
- f. 안전과 직결되므로 믿고 사용할 수 있는 높은 신뢰성
- e. 휴대용 기기임을 감안하여 휴대 가능한 가벼운 무게와 긴 전원 지속 시간

4. 시장조사 및 분석

4.1. RFID 기반 전자지팡이

IC칩과 무선으로 통신하여 정보를 미리 알려주게 된다. 보도, 점자블록에 전, 후, 좌, 우 방향 안내정보, 위험정보, 주변정보 등을 담은 정보 송신용 RFID카드를 탑재, 수신용 RFID 태그를 부착한 전자지팡이로 사용자에게 현재위치와 진행방향을 음성으로 안내한다.

4.2. IIT Delhi 전자지팡이



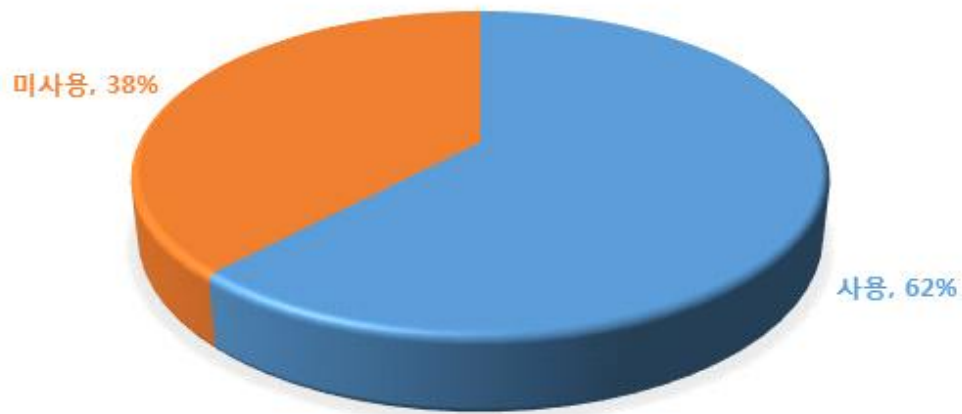
〈그림 3 IIT Delhi 전자지팡이〉

위에 보이는 두 곳의 초음파 탐지로 주위의 물체를 실시간으로 인식하여 위험한 상황이 발생하면 진동 벨을 울려 즉시 알려준다. 초음파 탐지의 원리는 시력이 안 좋은 박쥐가 동굴 속을 날아다닐 때 음파를 이용하는 원리와 유사한 개념이다.

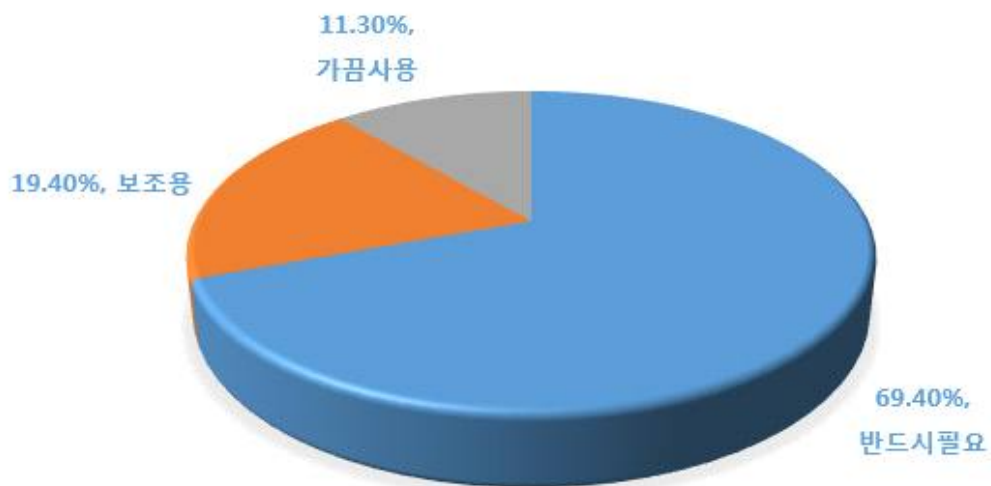
시장 조사를 통해 위와 같은 지팡이들을 조사하였으나, 여러 단점들을 찾을 수 있었다. RFID기반 전자지팡이 경우에는 우리가 걸어 다니는 인도의 모든 타일들에 RFID태그를 삽입해야 하는 어려움이 있다. 그러므로 당장의 상황으로는 구현하기에 한계가 있다. IIT Delhi 전자지팡이는 초음파로 전방에 있는 장애물을 탐지하여 시각장애인에게 진동으로 알려주는데 여기서 문제가 생긴다. 시각장애인들이 제일 편하게 생각하는 청각을 사용하지 않고 진동 센서를 사용하기 때문에 기본적인 사용법에 대한 교육이 필요하다.

시각장애인 100명을 대상으로 한 설문조사 원형차트이다.

음향신호기 사용 여부



음향신호기 필요성



현재 개발하는 지팡이에 어떤 점이 더 필요할지 ETRI의 시각장애인 보행편의를 위한 요구사항 분석 연구를 참고하였다. 이 설문 조사를 통하여 기존의 초음파 센서 전자지팡이에 음향시스템의 필요성을 알아보았다.

5. 결과물 명세


5.1. 결과물 구성

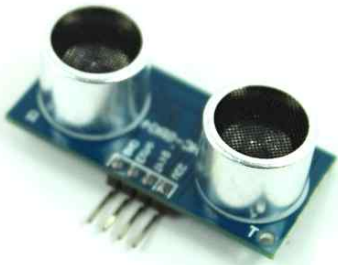
5.1.1. 하드웨어 구성

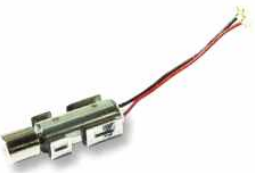
라즈베리파이2, 라즈베리파이 전용 I/O 키트, HC-SR94(초음파 센서), MB-0412V(진동모터), MicroSD카드 16GB, 5V 보조 충전 배터리, 지팡이 목업(mockup), Bluetooth CSR 4.0 Dongle, 블루투스 이어폰

5.2. 결과물 사양

5.2.1. 하드웨어 사양

	Raspberry Pi 2 B		
	Processor	Broadcom BCM-2836	
	Clock Speed	900 MHz	
	Register Width	32-bit	
	RAM	1GB	
	GPIO Pins	40	
	I/O Current MAX	5-10mA	
	POWER	5V 600mW	
	Operating System	Linux & Others	

	HC-SR04		
	Power Supply	5V DC	
	Quiescent Current	<2mA	
	Effectual Angle	<15°	
	Ranging Distance	20 ~ 5,000mm	
	Resolution	3 mm	
	Weight	15.00g	
	Size	2.0 * 4.3 * 1.5cm	

	MB-0412V		
	Rated Voltage	3V	DC
	Operating Voltage	2.2~3.6V	DC
	Rated Current	$\leq 70\text{mA}$	
	Rated Speed	$10000 \pm 2000\text{r/min}$	
	Stall Current	$\leq 105\text{mA}$	
	Starting Voltage	$\leq 1.7\text{V DC}$	
	Terminal Resistance	$35 \pm 20\%$	
	Connection Form	Wire type	

5.2.2. 소프트웨어 사양

5.2.2.1. 운영체제

Raspbian - Release date : 2015-05-05 (Kernel Version 3.18)

5.2.2.2. 언어

Python - 2.7x Version

5.2.2.3. GPIO 제어 API

WiringPi - 2.18 Version

5.2.2.4. 블루투스 제어 API

LightBlue - 0.4 Version

6. 개발 상세

6.1. 기술적 요구사항

6.1.1. 라즈베리파이 (Raspberry Pi)

라즈베리파이는 리눅스 커널 기반 운영체제를 사용한다. 라즈비안 (Raspbian) 이라는 라즈베리 파이에 최적화된 데비안 계열의 무료 운영체제가 제공되고 있다. 소형 컴퓨터인데도 불구하고 강력한 성능의 GPU를 기본적으로 내장하고 있으나 본 프로젝트에선 아웃풋으로 그래픽컬한 내용을 다루고 있지 않으므로 고려하지 않는다. 라즈베리파이에서는 라즈비안 이외에도 데비안, 우분투, FreeBSD 등의 운영체제가 제공되기도 한다.

본 프로젝트에서는 라즈베리파이에 특화된 운영체제인 라즈비안을 사용하여 안정적인 환경을 제공하며, 개발적인 측면에서는 프로젝트 개발 팀원들이 평소에 주로 사용하는 우분투(Ubuntu)와 같은 데비안 계열의 리눅스이므로 라즈비안을 선택하였다.



<그림 3 라즈베리파이>

6.1.2. 초음파센서 (Ultrasonic Sensor)

가까운 거리에 있는 물체 혹은 사람의 유/무, 거리측정, 속도 측정 등에 사용된다. 초음파 소자는 고유 진동에 전압이 가해지면 압전 효과에 의해 초음파를 발생시키게 된다. 초음파의 파장은 전파 속도를 주파수로 할당한 값과 같다. 전파의 속도는 $3 \times 10^8 \text{m/s}$ 이자만 공기 중에 전파되는 순간 음속을 바뀌게 되어 344m/s 의 속도를 가지게 된다. 이때 파장이 짧으므로 거리 방향과 정밀도가 높다.

초음파 센서 모듈을 포함하여 다른 모듈을 사용하기 위해서는 GPIO 보드를 사용해야하는데 그 보드를 제어하려면 기본적으로 커널 레벨에서 이루어져

야 하지만 모든 센서를 커널에서 제어하게 되면 개발 미숙으로 인해 지연 문제와 실제 동작 중 예상치 못한 예외로 커널 패닉(Kernel Panic)이 발생할 수 있다. 이런 관점에서 본다면 유저 레벨에서 GPIO를 제어 할 수 있는 라이브러리가 필요한데 이때 제공되는 라이브러리가 WiringPI 이다. 이 라이브러리는 현재 Python에도 제공되고 있으며 GPIO를 제어하는 라이브러리 중 가장 강력하다고 알려져 있어서 많은 사람들이 사용하고 있다. 이에 따라 관련 자료도 많아서 개발 시에 시간을 단축할 것으로 예상된다.



〈그림 4 초음파 센서〉

6.1.3. 진동모듈 (Vibrate Module)

진동모터는 전자기적 힘의 발생원리를 이용, 전기적 에너지를 기계적 진동으로 변환한 것이다. 즉 회전자의 무게 중심을 일방향으로 편심되게 구성해 회전시키면 회전 불균형인 진동이 발생하는 원리를 이용한 것으로 그 형태에 따라 바(bar)형과 편평형으로 분류된다. 최근에는 단순히 진동을 내는 기능 외에 스피커와 결합하는 등 기능상 변화를 주거나, 음악·게임·동영상 등에 요구되는 진동의 세기를 조절하는 기능을 부가하기도 하고, 스프링에 매달린 추가 상하 왕복운동에 의해 진동을 발생시키는 새로운 진동모터가 개발되기도 했다. 이때 특히 라즈베리파이 등 소형 컴퓨터에서 부착해서 사용할 수 있게 개발된 부품을 진동 모듈이라고 하고, 원리는 진동 모터와 같다.

진동 모듈도 GPIO 보드에 달리게 되는데 역시 마찬가지로 WiringPI로 제어할 수 있다. 초음파 센서와는 다르게 앞에서 밝혔듯이 이 장치는 출력장치이므로 값을 세팅하는 형식으로 제어해야 한다.

6.1.4. 블루투스 (Bluetooth)

모바일 기기에서 흔히 사용되는 근거리 무선 통신(PAN) 기술이다. 일종의 무선 USB같은 용도로 많이 사용된다. 2.45GHz 주파수 대역을 사용한다. 블루투스는 다양한 기기들이 안전하고 저렴한 비용으로 전 세계적으로 이용할 수 있는 무선 주파수를 이용해 서로 통신할 수 있게 한다. 블루투스는 유선 USB를 대체하는 개념이며, 와이파이(Wi-Fi)는 이더넷(Ethernet)을 대체하는 개념이다. 암호화에는 SAFER+를 사용한다. 장치끼리 믿음직한 연결을 성립하려면 키워드를 이용한 페어링(pairing)이 이루어지는데, 이 과정이 없는 경우도 있다.

블루투스 통신은 소켓 프로그래밍과 많이 닮아 있다. 특히 Python에서 라이브러리 형태로 제공되는 LightBlue를 사용한다면 Java에서 사용하던 소켓 프로그래밍 API 만큼 쉽게 통신을 사용 할 수 있다.

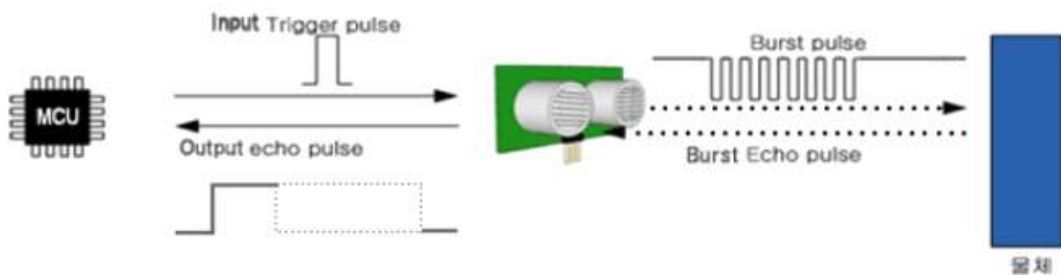


<그림 5 블루투스>

6.2. 작동원리

6.2.1. 초음파

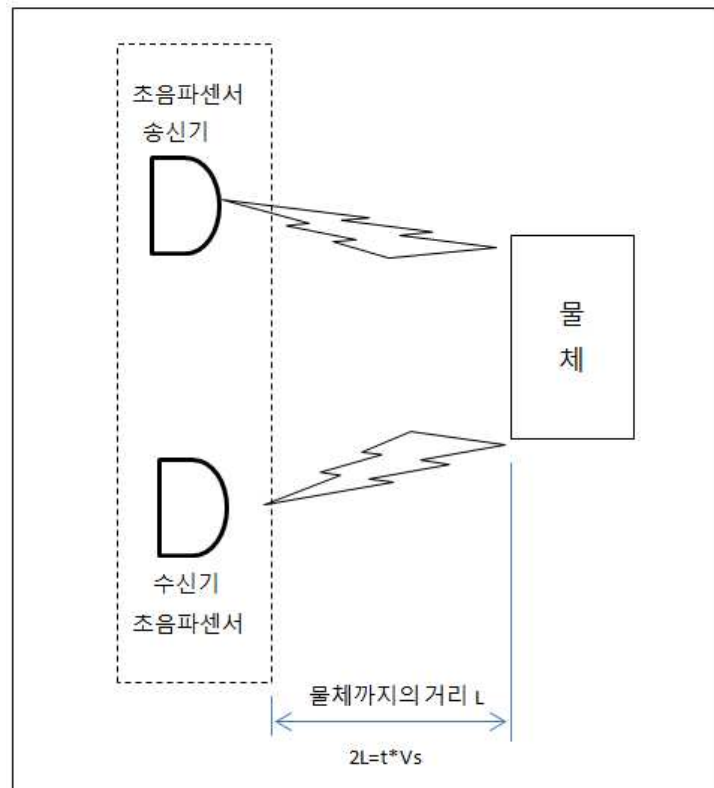
초음파 센서는 2개의 압전 소자로 되어 있는 것을 바이물, 1개의 압전 소자로 되어 있으면 유니물이라고 부른다. 이 압전 소자를 통해서 초음파를 발생 시키게 된다. 물체에서 반사된 음파가 센서로 다시 돌아오고, 그 음파가 입력 센서를 진동시켜 반사되어 돌아 왔다는 것을 표시하게 된다.



〈그림 6 초음파 센서 작동 원리 1〉

6.2.1.1. 송신용 초음파 센서 : 초음파를 출력한다는 것은 송신 소자에 공진 주파수와 동시에 주파수의 발진 전력을 공급하여야 하는데 공급하는 신호는 구형파 펄스이고 전압 진폭은 1~20V 정도입니다. 단 직류 성분이 없어야 하므로 콘덴서를 사용하여 직류성분을 제거하여 공급한다. 전압이 높으면 음압이 높게 되므로 멀리까지 보낼 수 있지만 약 10V에서 포화되어 10V이상 전압을 높여도 큰 효과는 없다.

6.2.1.2. 수신용 초음파 센서 : 초음파를 수신하면 그 출력 단자에 전압을 출력합니다. 수신 감도는 센서의 공진 주파수 근처가 송신기와 마찬가지로 40khz가 가장 좋으며 출력에 부하 저항을 연결하면 그 양단에 초음파의 강약에 따라서 40khz의 정현파가 나타나게 됩니다. 출력 전압은 거리에 따라 몇mV~수백mV정도가 되기 때문에 이것을 증폭해서 비교기 등에서 고감도로 검출해서 디지털 신호로 변환하여 사용한다.



〈그림 7 초음파 센서 작동 원리 2〉

6.2.1.3. 거리 측정 : 초음파센서의 송신측에서 짧은 시간동안 펄스를 출력하면 신호가 물체에 도달하여 반사되어 되돌아온 신호를 수신기의 초음파 센서에서 검출한다.

$$t = \frac{2 \times L(\text{물체와의 거리m})}{V_s(\text{음속m/s})}$$

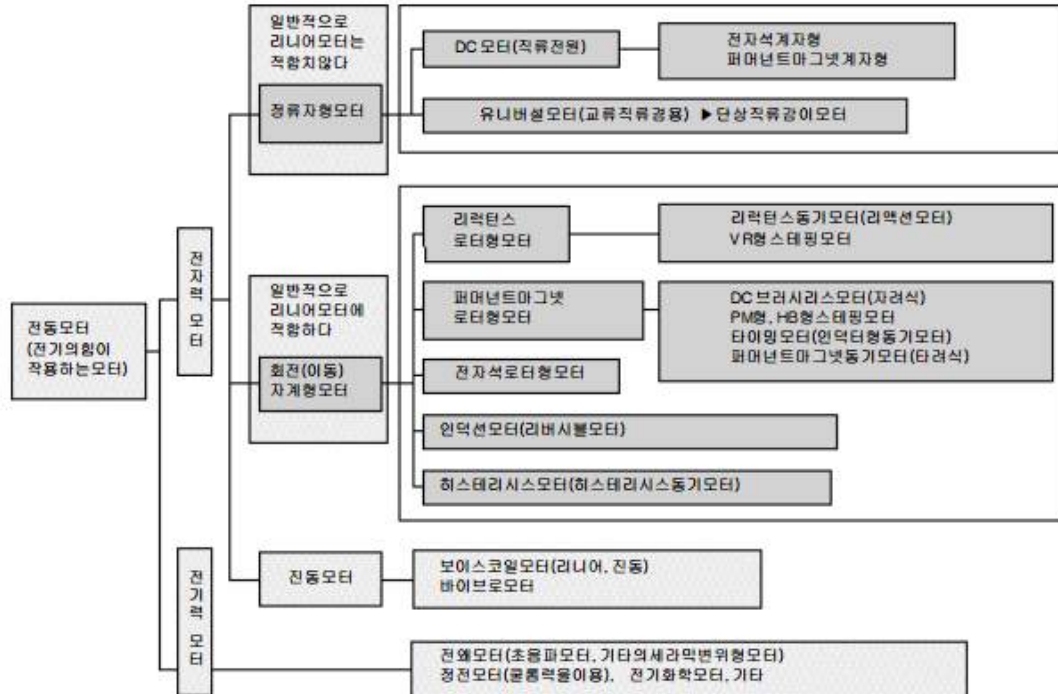
t: 신호가 되돌아 올때까지 걸리는 시간(s)

〈그림 8 초음파 센서 작동 원리 3〉

여기서 음속 $V_s = 331.5 + 0.6T$, T = 온도(℃)이며, 실내 온도를 25℃라고 하면 음속 $V_s = 340\text{m/s}$ 라고 하면 음이 1cm의 거리를 왕복하는데 걸리는 시간은 $t_c = 2 \times 0.01 / 340 = 58.824 \times 10^{-6}$ 이 된다.

6.2.2. 진동 모듈과 스피커(이어폰)

모터의 종류는 다음과 같이 알 수 있다. 진동 모터의 경우 전자력 모터로 분류된다.



<그림 9 모터의 종류>

위에서 밝힌바와 같이 진동은 소리를 제외하고 시각 장애인에게 제공 될 수 있는 가장 뚜렷하고 명확한 출력 방법이다. 즉, 가장 중요한 출력장치이므로 여러 가지 방법으로 사용자에게 신호를 주어야 한다. 예를 들어, 이용자 정면의 초음파 센서를 통해 감지되는 물체에 대해서 진동의 세기와 주기에 따라 사용자에게 정보를 제공한다. 세기가 작을수록 물체는 멀리 떨어져 있고, 크기가 클수록 물체가 가까이 있는 등의 정보를 제공한다. 또 블루투스로 연결된 이어폰을 통해 소리를 출력하는데, 사용자 좌전방, 우전방을 감지하는 초음파 센서로 통해 입력되는 물체의 정보에 대한 방향성을 제공한다. 예를 들어 왼쪽 아래에 물체가 있을 경우 왼쪽 이어폰에 낮은 음의 소리를 출력하고, 오른쪽 상단에 물체가 감지 될 경우 높은음의 소리를 오른쪽 이어폰에만 출력하는 그런 방식이다.

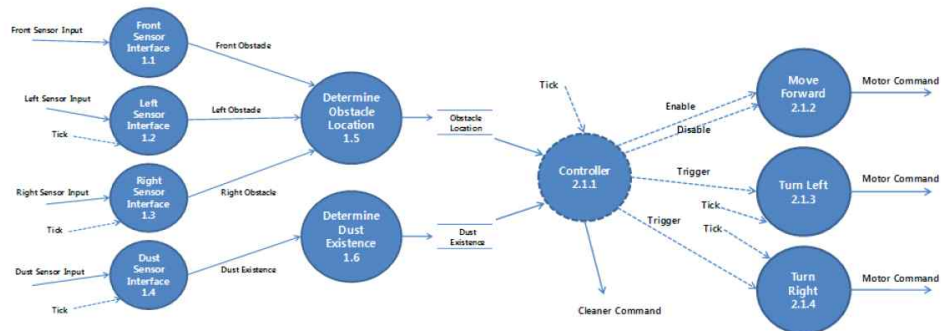
이때 진동 센서와 이어폰을 모두 사용하는 특별한 출력이 있는데, 앞이 완전한 벽이라 나갈 수 없는 경우엔 특별한 경고음을 출력하여 사용자가 벽이라는 것을 쉽게 인지하도록 하고, 방의 출구를 잘 찾을 수 없는 경우에는 출구의 방향을 알려주는 등의 정보를 제공 할 예정이다.

6.3. 개발 방법

본 프로젝트는 프로그램의 크기가 작고 데이터의 흐름이 중요한 부분을 차지하므로 절차적 개발 방법인 SASD(Structured Analysis and Structured Design)을 사용하여 개발한다. DFD(Data Flow Diagram)을 통해서 데이터의 전체적 흐름을 파악하고 Structure Chart를 통해 전체적인 프로그램의 구조를 알 수 있다. Divide and Conquer를 기반으로 시스템을 잘게 쪼개어 Top-Down 방식으로 프로그램을 구성한다. 최종적으로 프로그램의 질을 높이고 시스템의 위험을 줄이는 것이 목표이다. 무엇보다도 SASD는 프로그램의 Input과 Output이 명료하게 표현되므로 임베디드 시스템에 적합하므로 본 프로그램에 알맞은 방법론이라고 생각하였다.

6.3.1. Data Flow Diagram

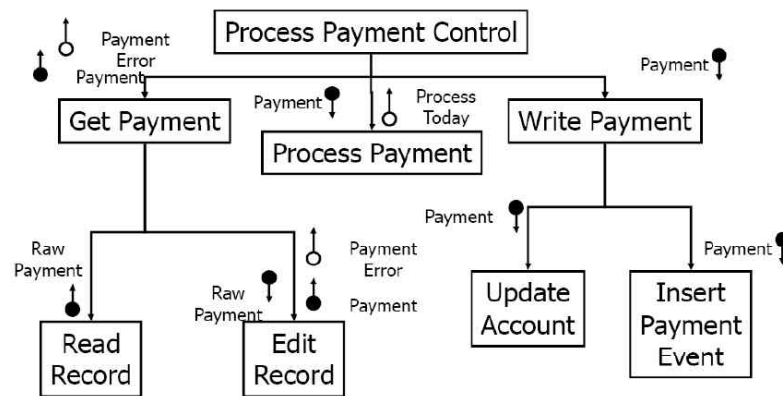
시스템의 자료 흐름을 나타내기 위해 사용한다. 자료가 입력되어서 출력되기까지의 과정을 한 눈에 알 수 있도록 해준다.



<그림 10 Data Flow Diagram>

6.3.2. Structure Chart

프로그램의 전체적인 구조를 알기 위해 Data Flow Diagram 작성 후 Structured Design 과정에서 수행한다.



<그림 11 Structure Chart>

6.4. 장애요인과 해결방안

주어진 기간 안에서 완벽한 프로젝트의 결과물을 만들기 위해서는 체계적인 스케줄을 따라가는 것뿐만 아니라 위험요소를 미리 판단하는 일이 필요하다. 가능성과 영향력을 1에서 5로 1이 가장 낮은 단계, 5가 가장 높은 단계로 표현하였다. 이에 따라 예상되는 장애요인을 찾아 보며 해결방안 계획을 만들어 보았다.

6.4.1. 프로젝트 진행

예상되는 장애요인	가능성	영향	해결방안
프로젝트에서 사용되는 하드웨어 장비들의 고장 발생 경우	4	5	대체품을 미리 확보하며 확보하지 못한 경우를 대비하여 간단한 수리 방법을 인지한다.
라즈베리파이 초음파 센서의 장애물 인식률 문제	3	4	장애물을 인식하기 쉬운 각도나 위치를 찾아 초음파 센서를 설치한다.
라즈베리파이 초음파 센서간의 인식 혼선 상황 출현	2	2	초음파 센서간 탐지 범위가 겹치지 않도록 각을 조절한다.
라즈베리파이와 블루투스 이어폰 간의 통신 문제 발생	1	3	라즈베리파이와 블루투스 이어폰간의 호환성을 미리 인지하여 제대로 된 제품을 준비한다.

6.4.2. 하드웨어

예상되는 장애요인	가능성	영향	해결방안
팀원간의 의사소통 오해로 인한 시간 소비 문제	3	3	체계적인 진행 계획을 세우고 주기적인 회의를 통해 서로의 의견을 확인한다.
프로젝트 보고서 제출 지연에 따른 일정 차질 문제	2	5	미리 세워둔 진행 계획에 따라서 진행하며 가능한 시간에 미리 해결한다.
학기 중 프로젝트 진행에 대한 업무 분담 문제	3	2	프로젝트 진행만큼 학기 중에 업무도 중요한 만큼 미리 계획을 세워서 시간에 쫓기는 일이 없도록 한다.

6.4.3. 개발 진행 과정

예상되는 장애요인	가능성	영향	해결방안
wiringPI 관련 API사용 숙달 문제	4	5	관련 API를 찾아보고 팀원간의 활발한 공유가 필요하다.
Python 개발 경험 미숙으로 인한 프로젝트 개발 시에 시간 지연	2	3	사전에 개발에 필요한 Python 개발 지식을 갖도록 공부 모임을 갖는다.
하드웨어 회로 설계 경험 미숙으로 인한 프로젝트 개발 시에 시간 지연	5	5	사전에 개발에 필요한 하드웨어 회로 설계 개발 지식을 갖도록 공부 모임을 갖는다.

6.5. 용어 설명

6.5.1. GPIO(General Purpose Input/Output)

일반적인 입력, 출력이 가능한 IO. 하나의 하드웨어 핀이 입력 혹은 출력을 수행한다. 하나의 핀이 Register를 통해서 Input으로 쓸지 Output으로 쓸지 결정되는 것이다. Input, Output 외에 High impedance(하이임피던스) 상태로 두어서 상대방의 출력을 그대로 받아들이는 상태로 설정할 수 있다.

6.5.2. 커널 패닉(Kernal Panic)

운영 체제가 치명적인 내부 오류를 감지하여 안전하게 복구가 불가능할 때 취하는 동작이다. 유닉스 계열 운영 체제에서 널리 쓰인다.

6.5.3. 페어링(Pairing)

블루투스를 사용하는 둘 이상의 기기에 대해서 서로를 등록하여 연결하는 작업. 최초 1회 페어링 후에는 자동으로 연결된다.

7. 개발 계획

[illegible]

8. 참고문헌

시각장애인 보행편의를 위한 요구사항 분석 연구

www.kbufac.or.kr/DataTech/DownLoad/59?preFix=file&pos=1

Software Modeling & Analysis (SASD)

<http://dslab.konkuk.ac.kr/Class/2010/10SMA/Team%20Project/5/OOAD%20vs%20SASD.pdf>

Introduction to SASD

<http://dslab.konkuk.ac.kr/Class/2014/14SE/Lecture%20Note/Introduction%20to%20SASD.pdf>

GPIO

http://forum.falinux.com/zbxe/index.php?document_srl=438015&mid=hardware

커널 패닉

https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%BB%A4%EB%84%90_%ED%8C%A8%EB%8B%89

라즈비언 릴리즈 노트

http://downloads.raspberrypi.org/raspbian/release_notes.txt

WiringPI 릴리즈 노트

<https://git.drogon.net/?p=wiringPi;a=summary>

LightBlue 릴리즈 노트

<http://lightblue.sourceforge.net/>

라즈베리파이 설명

https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%9D%BC%EC%A6%88%EB%B2%A0%EB%A6%AC_%ED%8C%8C%EC%9D%B4

초음파 센서의 원리

<http://juke.tistory.com/m/post/194>

진동 모터의 원리

<http://www.newswire.co.kr/newsRead.php?no=288509>

블루투스의 용어 설명

<https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%B8%94%EB%A3%A8%ED%88%AC%EC%8A%A4>

'RFID 기반 전자지팡이', 신기술 인증 획득

<http://www.cowalknews.co.kr/news/articleView.html?idxno=13542>

스마트케인 전자지팡이

<http://www.iitd.ac.in/content/%E2%80%9Csmart-cane%E2%80%9D-research-gets-major-funding-welcome-trust-courtesy-m-balakrishnan-pvm-rao>

라즈베리파이2 사양

<http://blog.naver.com/roboholic84/220363056151>

hc-sr04 사양

<http://deviceall.blog.me/220378824117>

MB-0412V 사양

<http://www.11st.co.kr/product/SellerProductDetail.tmall?method=getSellerProductDetail&prdNo=1085346644>

모터의 종류

https://www.google.co.kr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=15&cad=rja&uact=8&ved=0CDYQFjAEOAo&url=http%3A%2F%2Ffile10.uf.tistory.com%2Fattach%2F273295465242AFCC26A25E&ei=g9OOVdvIEda68gWS hZ34Cw&usg=AFQjCNHv2psVKgSKI042e0DseEe_QyCl0g&sig2=4GcfvDKZWA B5d-NXx8FUgQ