

장애물 탐지를 이용한 시각장애인 보행 보조기기 개발

박성률, 정준보, 김성관
공주대학교 기계자동차공학부 기계공학전공
e-mail:kimsg@kongju.ac.kr

Development of Walk-Assistant Device Using Abstacle Detection for Visually Impaired

Seong-Ryul Park, Jun Bo Jung, Sung-Gaun Kim
Dept. of Mechanical & Automotive Eng., Kongju National University

요약

실명은 수많은 기술의 발전에도 불구하고 오늘날까지도 심각한 문제로 남아있다^[1]. 다양한 인프라나 장비들이 제대로 갖추어 있지 않아 시각장애인은 낯선 환경에서 길을 걷는 데 어려움이 있다고 한다^[4]. 이를 극복하기 위해 본 연구에서는 장애물 탐지를 이용한 시각장애인 보행 보조기기를 제작하였다. 본 제작물은 Raspberry Pi를 활용하여 레이저 센서를 통해 장애물을 탐지하고 진동모터를 이용해 진동으로 장애물을 알려주는 것과 Raspberry Pi 카메라 모듈과 Python, OpenCV 및 TensorFlow lite를 사용하여 장애물을 인식하고 사용자에게 스피커를 통해 장애물의 정보를 전달하는 두 가지가 있다. 그리고 하드웨어 내부 및 외부로 직접 설계하였으며 3D프린터를 이용하여 제작하였다. 결과적으로 목표였던 두 가지 기능을 구현하였고 이를 활용하면 시각장애인이 낯선 공간에 길을 찾아 갈 수 있는 기회를 제공할 수 있다.

1. 서론

실명은 사람이 견뎌야 하는 심각한 장애 유형 중 하나이며, 수많은 기술의 발전에도 불구하고, 오늘날까지도 심각한 문제로 남아있다^[1]. 흰지팡이 및 안내견과 같은 보행 보조기기는 여전히 주요한 도구로 사용되고 있으며^[2], 시각장애를 가진 사람은 전 세계적으로 2억 8400만 명에 달한다.^[3]

시각장애인들은 보통 독립적으로 익숙하지 않고 낯설거나 복잡한 장소를 걷는데 어려움을 겪는다.^[4] 그들은 대학교, 병원, 백화점 등 낯선 공간과 넓게 열린 공간, 복도 등의 공간에서 매우 힘든 경험과 부족한 자신감을 대부분 느낀다.

최근, 시각장애인용 보행 보조기기 관련 연구 사례들을 살펴보면 초음파 센서, 진동 모터 및 배터리를 포함하는 저전력 임베디드 시스템을 신발에 장착하여 'NavGuide'라는 전자장치를 만든 연구가 있었다.^[6] 다른 연구에서는 시각장애인들의 즉각적인 환경에서 물리적 경계뿐만 아닌 낮고 높게 매달린 장애물을 감지할 수 있게 해주는 비접촉식이며 직관적이고 손이 자유로운 웨어러블 장치인 ALVU(Lidars and Vibrotactile Units)를 제시하였다.^[7] 감지 센서를 벨트에 장착을 하고, 진동을 가슴아래 밴드에 부착하여 시각장애인에게 알리는 원리의 장치이다.

본 연구에서는 레이저 센서, 진동모터, 카메라 및 스피커를

Raspberry Pi로 구현시켜 장애물을 탐지하여 직관적인 진동 알림과 객체 인식 및 음성 안내의 기능이 탑재된 낯선 공간에서 길을 찾을 수 있는 시각장애인 보행 보조기기를 제작하려 한다.

2. 설계 및 제작

2.1 형상

본 제작품의 디자인은 Fig.2로 도시하였다.

구조는 Fig. 3에 도시된 것처럼 Part A, B, C와 고무밴드로 나뉘어 있으며, 안면 상단에 위치하여 주요 기능을 수행하는 Part A와 머리에 안정적으로 고정되게 도와주는 Part B, C, 고무밴드로 구성되어 있다. Part A에는 레이저 센서(VL53L1X), Pi Camera, Raspberry Pi 등이 위치하여 주요 부품들이 설치되는 베이스이자 보호하는 케이스 역할을 한다. 그리고 Part B와 C는 서로 맞물려 결합되며 고무밴드가 양옆 및 위에 연결되어 있어 착용시 장력을 이용해 머리에 기기를 고정하는 역할을하며 Fig.2를 통해 이해할 수 있다.

2.2 설계 시 고려사항

본 제작품의 편의성과 기능의 구현을 위해 다음과 같이 고려하였다.

1. 착용 시 제작품의 무게가 한쪽으로 기울여지는 것을 방지하기 위해 무게 비율을 고려하여 설계에 반영하였으며, Fig.4 자유물체도를 표시하였다. 각 Part들을 질점을 빨간 원으로 각각 나타냈으며, 각 Part의 질량에 관한 식은 다음과 같이 표현된다.

$$\square\square = \square\square + \text{부품} \quad (1)$$

식 (1)에서 부품은 각 Part에 해당하는 센서 및 회로들의 총 질량을 의미한다. ρ 는 1.05g/cm³로 계산한다. 다음은 각 Part의 무게이며 중력가속도를 곱하여 W로 나타낸다. 다음은 모멘트 평형식을 이용하였으며, 기준점은 Fig.4에서 초록색 점으로 나타냈다. 식으로 나타내면 다음과 같다.

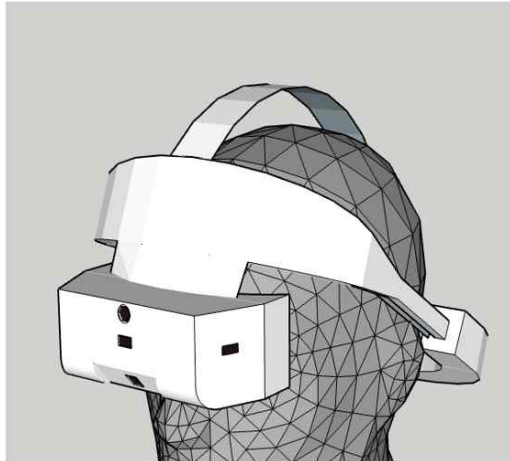


Fig.2 Conceptual design

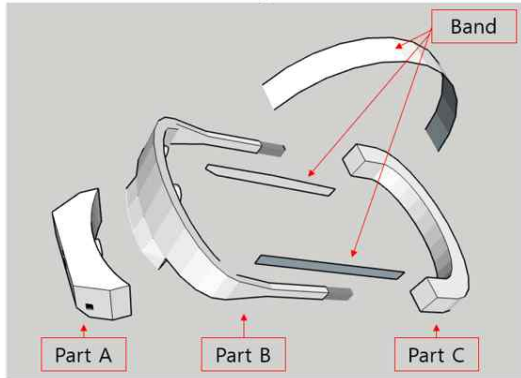


Fig. 3 Schematic of design

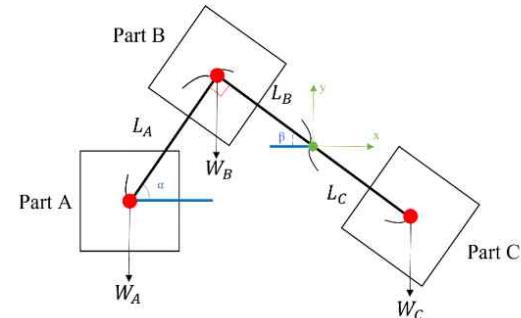


Fig.4 Freebody diagram

Table.1 Comparison of catalog and measurement

	Distance(cm)	Field Of View(FOV)
Catalog	360	15-27°
Measurement	400	15°

$$\Sigma M_0 = 0 : W_A(\sqrt{L_A^2 + L_B^2}) \cos(\alpha - \beta) + W_B L_B \cos\beta - W_C L_C \cos\beta = 0 \quad (2)$$

식 (2)을 β 에 대한 식으로 계산을 하면 다음과 같이 계산된다.

$$\beta = \sin^{-1} \left(\frac{m_C L_C - m_B L_B}{2m_A(\sqrt{L_A^2 + L_B^2})} \right) \quad (3)$$

식 (3)에서 구한 β 을 이용하여, $\alpha + \beta = 90^\circ$ 이므로 α 의 값을 계산한다. 그리고 α 와 β 값을 이용하여, Part A, B와 C의 설계에 반영한다.

2. 레이저 센서는 전방, 하단, 좌측, 우측 4개의 영역에서 장애물을 탐지하며 레이저 센서의 탐지 각도 및 거리를 고려하여 Part A의 설계에 반영하였다. 센서의 카탈로그의 탐지각이 정확한지 측정 탐지각과의 비교를 Table.1로 표현하였다.

Table.1의 측정된 탐지각과 시각장애인의 걷는 속도를 고려하여 전방과 하단, 좌측 및 우측의 탐지영역을 특정 지었다. 그리고 이를 바탕으로 Part A의 설계에 반영하였다.

2.3 설계

위 형상 및 고려사항들을 고려하여 본 기기의 구조 및 부품 위치를 Fig.5로 표시하였다. 먼저, Part A의 전면에는 전방, 하단, 좌측, 우측 레이저 센서 4개와 Pi Camera가 위치해 있고, 후면에는 하단 레이저 센서의 진동 모터가 위치해 있다. Part A의 상단 부분에는 사용자와 기기 간의 안면 간격을 조절할 수 있는 사이즈 조절부가 설계되어 있다. 그리고 Part B에는 전방, 좌측, 우측용 진동 모터 3개가 위치하고 있다.

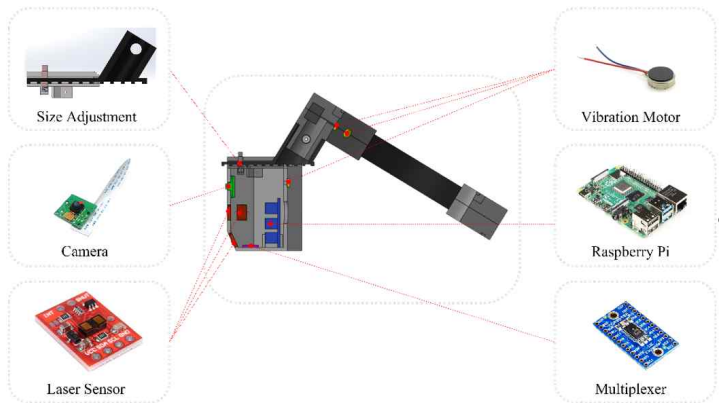


Fig.5 Structure of device

2.4 제작

상세 설계된 각 Part들을 Zortrax 사의 Zortrax M200 3D프린터를 사용하여 출력하였다. 출력된 각 Part들은 Fig.5와 같이 센서 및 부품들을 부착하여 조립을 하였으며 조립한 모습은 Fig.6로 표시하였다. Fig. 6는 완성된 제품의 정면 모습이며 Pi Camera, 레이저 센서들이 부착되어 있는 것을 볼 수 있다. 그 뒷면은 사용자의 피부와 닿는 것을 고려해 완충재 역할을 할 PE폼을 부착하였으며, 진동모터가 각 방향에 맞게 위치해 있다.

3. 시스템

3.1 기능

본 제작품의 기능은 총 두가지로 구성하였다. 첫번째는 Part A에 좌측, 우측, 전방, 하단 총 4개의 위치에 부착된 레이저 센서가 장애물을 탐지하고, Part A 및 Part B에 부착된 진동 모터의 진동을 통해 위치 감지를 해주는 장애물 탐지 및 진동 기능이다. 장애물 탐지거리가 짧은 경우, 진동의 세기는 강하고 반대로, 탐지 장애물 탐지 거리가 긴 경우, 진동의 세기는 약하게 하였다.

두번째 기능은 Part A 전방 레이저 센서 위 부착된 카메라가 장애물을 인식한 후 장애물의 정보를 스피커를 통해 음성을 안내해주는 객체 인식 및 음성 안내 기능이며 두가지의 기능의 흐름도는 Fig.7에 표시하였다.



Fig.6 Final production of device. (a) Front view.

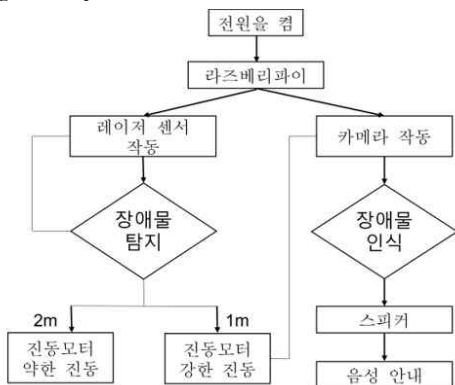


Fig.7 Flowchart of device

3.2 제어

첫번째 기능에서 사용되는 레이저 센서, Raspberry Pi 및 진동 모터들은 Python 언어를 이용하여 제어를 하였다. 진동모터는 PWM제어를 이용하여 진동의 세기를 30, 70 총 두가지로 조절하여 제어하였으며, 레이저 센서가 탐지하는 장애물의 거리가 1m지점인 경우 진동의 세기를 70으로 강하게 주었고, 2m지점인 경우 30으로 설정하였으며 Fig.8로 표시하였다. 두번째 기능인 객체 인식 및 음성 안내에서 사물 인식을 위해 Raspberry Pi에 흔히 볼 수 있는 사물들의 사진을 학습시킨 후 OpenCV와 TensorFlow Lite 라이브러리를 활용하였고 음성 안내는 GTTS(Google Text to Speech)를 활용하여 구현하였다. Fig.9은 객체 인식을 구현하였을 때 나타나는 Raspberry Pi의 화면이다. 화면을 보면 사람이 인식되는 빨간 네모 박스로 객체가 인식이 되며, 현재 화면상에서는 'Person'으로 찍히고 옆 검은색 터미널 창에서는 ('Person' :1)이 출력되고 있는 것을 볼 수 있으며, 객체의 개수를 인식하고 음성 출력도 가능하다.

4. 실험 결과

본 연구에서 장애물 탐지를 이용한 시각장애인 보행 보조기기를 제작하였으며, 각 기능의 성능을 평가하였다

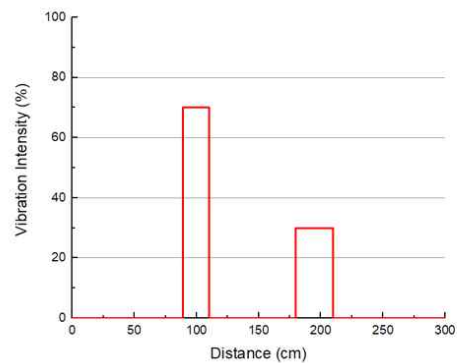


Fig.8 The vibration intensity per distance

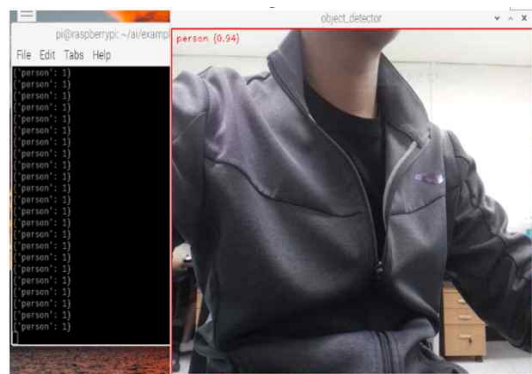


Fig.9 Screen of object detection

Table.2 The precision of object

Distance(cm)	50	100	150
Object	Precision (%)		
Person	93	74	59
Umbrella	80	71	60
Chair	79	66	56
Cellphone	40	29	-
Scissors	60	39	-

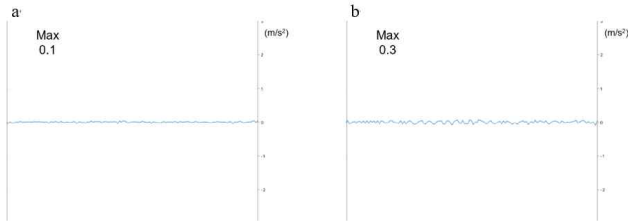


Fig.10 The intensity of vibration in different cases. (a) 2m. (b) 1m

첫번째 기능인 장애물 탐지 및 진동에서 1m, 2m일 때의 울리는 실제 진동의 세기를 PGA(Peak Ground Acceleration)와 수정 메르칼리 진도 계급(MMI)을 이용하여 측정 후 Fig.10로 표시하였다. (a)는 거리가 2m지점일 때 설정한 PWM 30의 그래프이다. 최대값은 0.1m/s²이며 진도 계급에서 진도 계급은 2(II)이며 매우 약하다. (b)는 거리가 1m지점일 때 설정한 PWM 70의 그래프이다. 최대값은 0.3m/s²이며 진도표에서 진도 계급은 3(III)이며 약하다. 따라서 실제 진동의 세기를 측정하여 거리와의 비고를 통해 사용자의 직관성을 높이고자 하였다.

두번째 기능인 객체 인식의 성능은 Table.2로 표현하였다. 제품에 사용되는 Pi Camera를 각 거리 50, 100, 150cm지점에서 인식되는 객체의 정확도를 측정하여 Table.2에 표시하였다. 객체는 사람, 우산, 의자, 가위로 선정하였고, 정확도는 사람의 경우 93%(50cm)이며 거리가 멀어질수록 정확도가 떨어졌다. 상대적으로 크기가 작은 물체인 휴대폰과 가위의 경우 거리가 150cm일 때 측정되지 않는 것을 볼 수 있다. 따라서 객체 인식의 정확도를 알 수 있었으며 거리가 150cm보다는 50cm일 때 더 정확한 것을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 낮선 환경에서 어려움이 있는 시각장애인에 게 극복할 수 있는 보행 보조기기를 목표로 하여 내부 및 외부를 직접 설계 및 제작하였으며, 두가지 기능을 구현하였다. 첫번째 기능은 장애물 탐지&진동이며 진동모터를 레이저 센서와 직관적으로 위치하여 시각장애인이 장애물의 위치를 정확히 알 수 있게 하였다. 그리고 실제 진동의 세기를 알기 위

해 MMI와 PGS를 이용하여 측정하였다. 두 번째 기능은 객체 인식&음성이며 객체 인식의 정확도를 50, 100, 150cm에서 각각의 객체들에 대한 성능을 측정하였다. 측정 결과 인식 거리가 멀리 있을수록 정확도는 떨어지고, 사물의 크기 또한 작아지면 떨어진다 것을 알 수 있었다. 마지막으로, 위 두가지 기능을 활용한 본 제작물을 시각장애인이 착용 후 낮선 환경을 다닐 시 발생하는 장애물의 위치를 직관적으로 알 수 있고, 장애물의 정보를 음성 안내 기능을 이용하여 전달받을 수 있어 더 나은 길을 찾아갈 수 있는 기회를 제공할 수 있다.

참고문헌

- [1] Mounir Bousbia-Salah, Maamar Bettayeb and Allal Larbi, 2011, "A Navigation Aid for Blind People", Journal of Intelligent and Robotics Systems, Vol. 64, pp 387-400.
- [2] F. Gaunet, 2006, "Verbal guidance rules for a localized wayfinding aid intended for blind-pedestrians in urban areas," Universal Access in the Information Society, Vol. 4, No. 4, pp. 338-353
- [3] World Health Organization. 2011. Visual impairment and blindness. Fact sheet n°282 <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en/>
- [4] Jinqiang Bai, Shiguo Lian, Member, IEEE, Zhaoxiang Liu, Kai Wang, and Dijun Liu, 2018, "Virtual-Blind-Road Following-Based Wearable Navigation Device for Blind People", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 64, No. 1, pp.136-143
- [5] W.Jeamwattanachai, M.Wald and G.Wills, 2019, "Indoor Navigation by blind people:Behaviors and challenges in unfamiliar spaces and buildings", British Journal of Visual Impairment, Vol. 37, No. 2, pp. 140-153
- [6] K.Patil, Qaidjohar Jawadwala and Felix Che Shu, 2018, "Design and Construction of Electronic Aid for Visually Impaired People", IEEE Transactions on Human-Machine Systems, Vol. 48, No. 2, pp. 172-182
- [7] Robert K. Katzschmann, Brandon Araki and Daniela Rus, 2018, "Safe Local Navigation for Visually Impaired Users With a Time-of-Flight and Haptic Feedback Device', IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, Vol. 26, No. 3, pp. 583-593