

시각장애인의 보행 보조를 위한 지팡이 메커니즘 설계

Design of Cane Mechanism for Walking Aid of Visually Impaired Person

김 병 호[†]

Byoung-Ho Kim[†]

Abstract This paper presents a sensor-based cane mechanism for walking aid of the visually impaired person. We also describe an approach to decide properly the length of the specified cane mechanism. The cane mechanism has some sensors to identify the possibility of a collision between the cane user and an object and/or a person, and a signal processing unit that enables the user to recognize such a collision is attached in the mechanism. Thus, the walker using this cane can recognize in advance the possibility of such a collision in his walking process. Consequently, it is helpful for the visually impaired person to walk on a pedestrian road safely. The feature of the proposed cane mechanism and its availability have been shown through experimental works in a typical walking environment.

Keywords Cane mechanism, Sensors for collision recognition, Sound and vibrating interfaces, Visually impaired person

1. 서 론

인간에게 있어서 눈의 기능은 사물을 보고 크기나 모양새, 놓여 있는 위치와의 거리 등을 판단하는데 있어서 매우 중요하다. Fig. 1은 인간의 일상생활과 밀접한 예로서 일반 보행자 도로 및 건널목, 공원 출입구 등 다양한 실내외 환경을 나타낸다. 일반적으로 시각 기능을 포함한 감각 기능과 보행 기능에 있어서 정상적인 사람은 이러한 환경에서 주의만 잘 한다면, 안전하게 보행하는데 별 문제가 없다. 하지만, 시각장애를 갖고 있는 사람은 보행 과정에서 보행 도로에 설치된 시설물 및 가로등이나 공원 등의 공공 장소의 출입구에 설치된 방지턱 등 다양한 물체와 충돌할 가능성이 정상인에 비해 훨씬 크다. 특히, 지하철을 타거나 기차 건널목을 횡단해야

하는 경우에는 비록 안내선이 설치되어 있다고 하더라도 시각장애로 인하여 안전하게 보행하는 것이 쉽지 않으며, 큰 사고로 이어질 수도 있다. 실제로, 대부분의 시각장애인은 이러한 상황을 극복하기 위하여 안내자를 동반하기도 하고, 도우미 개나 흰 지팡이를 사용하여 보행하는 것으로 알려져 있다^[1-5].

따라서 시각장애인들이 보다 안전하게 보행할 수 있도록 도와주기 위한 사회환경적 및 기술적인 노력은 복지사회 구현에 있어서 큰 이슈(issue)가 되고 있다^[6,7]. 특히, 시각장애인의 보행 보조를 위한 지팡이 메커니즘과 관련하여 기존의 국외 연구를 분석해 보면, Guide Cane^[1]은 지팡이 끝 부분에 바퀴가 달린 이동 메커니즘이 부착



Fig. 1. Typical walking environments including obstacles

Received : Feb. 12. 2016; Revised : Mar. 22. 2016; Accepted : Apr. 12. 2016

※This research was supported by KyungSung University Research Grants in 2016.

[†]Corresponding author: Biomimetics, Robotics and Wellness Lab., Dept. of Mechatronics Eng., KyungSung University (kimbh@ks.ac.kr)

되어 있고, 여기에 장착된 초음파 센서와 자이로스코프 (gyroscope) 데이터를 이용하여 주변 장애물 및 방향 정보를 획득하여 사용자에게 전달하는 형태를 갖추고 있다. 따라서 평지에서는 주변 장애물을 효과적으로 회피할 수 있으나, 계단 등을 올라가야 하는 환경에서는 시스템이 비교적 무겁고, 이동성에 제약이 따를 수 있다. K-Sonar^[2]는 이어폰을 사용하여 소리의 크기에 따라 물체와의 거리를 감지할 수 있도록 되어 있으며, 가격은 약 \$700 정도이다. 이 외에도 레이저 등을 사용한 지팡이 연구가 진행되었으나, \$3000에 이르는 것도 있는 등 비교적 가격이 높은 편이다^[4].

국내에서도 초음파 센서를 이용한 연구^[8]가 진행된 바 있는데, 여기서 제시된 지팡이는 롤러(roller)를 부착한 형태를 갖추고 있고, 전방의 물체를 인식하기 위하여 초음파 센서를 사용하였다. GPS (Global Positioning System) 나 네비게이션시스템(navigation system)을 기반으로 한 연구^[9,10]의 경우에는 시각장애인의 현재 위치를 파악하여 보행에 활용할 수 있는 장점이 있으나, 관련 인프라(infra)를 구축하는데 드는 비용과 오차범위, 서비스 이용 요금 등으로 인하여 시각장애인들의 사용이 어려운 실정이다. 또한 초음파 센서와 가속도 센서를 시각장애인용 보행 보조 장치에 활용한 예도 있다^[11]. 여기서는 가속도 센서에 의해 진행 방향의 장애물만을 탐지하기 위한 초음파 센서의 탐지 범위의 조정이 가능하도록 한 것과 물체의 색상과 주변 밝기를 사용자에게 제공하도록 한 것이 특징으로 파악된다.

한편, 시각장애인도 정상적인 사람처럼 보행과정에서 적어도 물체와 사람을 구분하여 인식할 필요가 있다고 하는 기본적인고도 인간적인 인식에서 보면, 시각장애인이 보행을 하면서 물체와 사람을 구분할 수 있도록 도와주는 것은 매우 중요한 의미를 지닌다. 그러나 대부분의 기존 연구에서는 사람과 사물에 대한 구분은 다루지 않았기 때문에 시각장애인이 이러한 지팡이 메커니즘을 이용하여 보행할 때, 근처에 있는 것이 물체인지, 또는 사람인지에 대한 구체적인 판별이 어렵다. 따라서 시각장애인의 보행 보조를 위한 지팡이 메커니즘 연구에 있어서 사람에 대한 인식 기능을 추가적으로 고려할 필요가 있다.

본 논문에서는 이러한 관점에서 시각장애인의 보행 보조를 위한 비교적 단순한 센서 기반 지팡이 메커니즘을 제시하고자 한다. 특히, 지팡이의 길이를 사람의 옆구리 높이를 기반으로 결정하는 방법을 다룬다. 또한 제안된 지팡이 메커니즘을 위하여 물체 및 사람과의 충돌 가능성 탐지 센서와 사용자에게 효과적으로 충돌 경고 신호를 제공하기 위한 신호처리장치를 고려하며, 일반적인 보행환경에서의 실험을 통하여 제안된 지팡이 메커니즘의 특성과 효용성을 보인다. 결과적으로, 이러한 지팡이는 시각기능에 장애를 갖고 있는 사람의 보행을 보다 안전하게 유도하는데 있어서 활용될 수 있음을 보인다.

2. 지팡이 메커니즘 설계

본 장에서는 시각장애인을 위한 센서 기반 지팡이 메커니즘의 기본 구상과 설계 내용을 기술한다. 기존 연구^[7]에서 살펴 볼 수 있듯이, 시각장애인의 보행 보조를 위해서는 보행 상황에서 주변에 위치해 있는 물체와의 충돌 가능성을 효과적으로 인식하는 문제와 실시간으로 이동하는 사람과의 접촉 가능성을 인식하는 등의 다양한 기능이 요구됨을 알 수 있고, 사용자의 편의성을 극대화하기 위해서는 가능한 단순하게 시스템을 구성할 필요가 있다.

본 논문에서는 시각장애인이 보행 상황에서 만나게 되는 장애물(물체 또는 사람)과의 충돌 가능성을 효과적으로 탐지하는 기능을 갖춘 복잡하지 않으면서 적절한 크기의 지팡이 메커니즘을 설계하는데 중점을 두었다. Fig. 2는 이러한 목적을 달성하기 위하여 구상한 지팡이 메커니즘의 개념도를 나타낸다. 즉, 물체나 사람을 인식하도록 하기 위하여 지팡이의 끝부분에 두 가지 센서를 배치하고, 사용자에게 효과적으로 충돌 경고 신호를 제공하기 위한 신호처리장치를 손잡이와 가까운 곳에 배

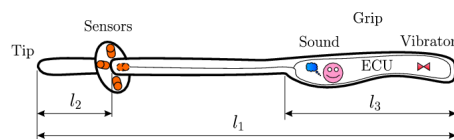


Fig. 2. Initiative schematic diagram of a cane mechanism

치하며, 물체 또는 사람의 여부에 따라 서로 다른 신호에 의해 인지될 수 있도록 인터페이스(interface)를 구성하는 기본 개념을 근거로 고려한 지팡이의 기구적 설계 파라미터는 다음과 같다.

- 1) 전체 길이 l_1
- 2) 지팡이의 끝부분(tip)과 센서부와의 거리 l_2
- 3) 손잡이 부분의 길이 l_3

먼저, 지팡이의 길이를 결정하기 위하여 시각장애인의 지팡이 사용 패턴을 관찰해 보면, 보통 팔꿈치를 옆구리 부근에 접촉한 자세에서 지팡이 끝을 보행 방향으로 향하게 하여 좌우상하로 조작하면서 장애물이 있는지 여부를 확인하는 동작 패턴을 관찰할 수 있다. 이러한 자세는 일반인의 경우에도 보행 방향에 어떤 위험물이 있는지 여부를 확인하기 위하여 지팡이를 조작하는데 편안하게 사용되는 자세임을 경험적으로 알 수 있다. 물론 먼 거리에 있는 장애물을 확인할 경우에는 팔을 최대한 펼친 자세를 활용하기도 한다. 이러한 관찰을 바탕으로, 본 논문에서는 지팡이의 길이를 사람의 옆구리 높이를 기반으로 결정하는 방법을 제시하고자 한다. Fig. 3과 같은 직각삼각형을 고려하면, 지팡이의 전체 길이 l_1 은 다음과 같은 관계식으로부터 결정될 수 있다.

$$l_1 = \sqrt{l_W^2 + l_H^2} \quad (1)$$

여기서, l_H 는 사람이 똑바로 선 자세에서 발바닥 면으로부터 옆구리까지의 높이를 나타내고, l_W 는 발을 중심으로 하여 동일 평면에 접촉된 지팡이 끝점까지의 거리를 의미한다. 즉, 사람에 따라 l_H 값을 결정하고 나서 l_W 를 설정하면, 지팡이의 전체 길이 l_1 을 결정할 수 있게 된다.

구체적으로, 이러한 파라미터를 결정하기 위하여 우

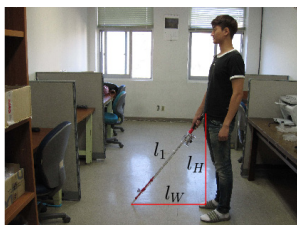
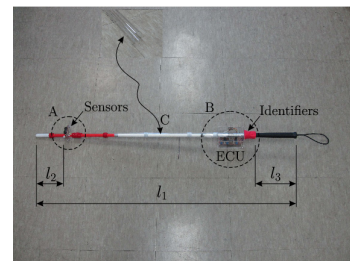


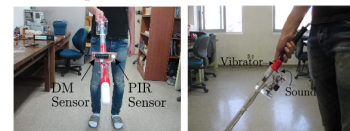
Fig. 3. Approach to determine the length of a cane

리나라 20대에서 60대까지 성인남녀의 평균 키와 평균 보폭(stride)을 각각 1.62 m 및 1.06 m로써 가정하였다. 통상 옆구리까지의 높이를 키의 2/3정도로 계산하는데 이에 따르면, l_H 는 1.08 m로 설정할 수 있다. l_W 는 평균 보폭으로 설정하였는데, 이는 시각장애인이 약 1 m/s로 보행할 때, 물체와의 충돌을 감지하는데 있어서 약 1초의 여유를 갖게 됨을 의미한다. 즉, l_W 는 물체와의 충돌을 감지하는데 걸리는 시간과의 상관성을 기반으로 결정하면 된다. 결과적으로, 본 논문에서 설계한 지팡이의 길이는 식 (1)에 의해 약 1.5 m로 결정되었다. 또한, l_2 는 사용된 거리센서(DM: Distance Measurement)의 동작 거리를 고려하여 0.15 m로 결정하였고, 손잡이 부분의 길이 l_3 는 편의성을 고려하여 0.18 m로 설정하였다.

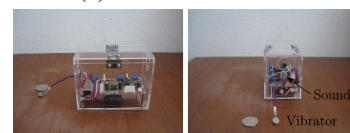
Fig. 4는 본 논문에서 구현된 지팡이 메커니즘을 나타낸다. 실제로, 제안된 지팡이 메커니즘의 실용성을 높이기 위하여 기존의 시각장애이용 지팡이(Model No. MD HE10515000)^[12]를 뼈대만 활용하였다. 이 지팡이의 전체 길이는 1.5 m이고, 중량은 0.26 kg이다. 이것은 접을 수 있지만, 어떠한 센서도 사용되지 않은 단순 기능의 지팡이로 알려져 있다. Fig. 4에서 보는 것과 같이, 새롭게 구현된 지팡이의 특징은 크게 A, B, C 부분으로 나누어 설명할 수 있다. 지팡이의 끝 부분인 A 부분에는 물체



(a) Implemented cane mechanism



(b) Sensors and alarms



(c) ECU

Fig. 4. Developed sensor-based cane mechanism

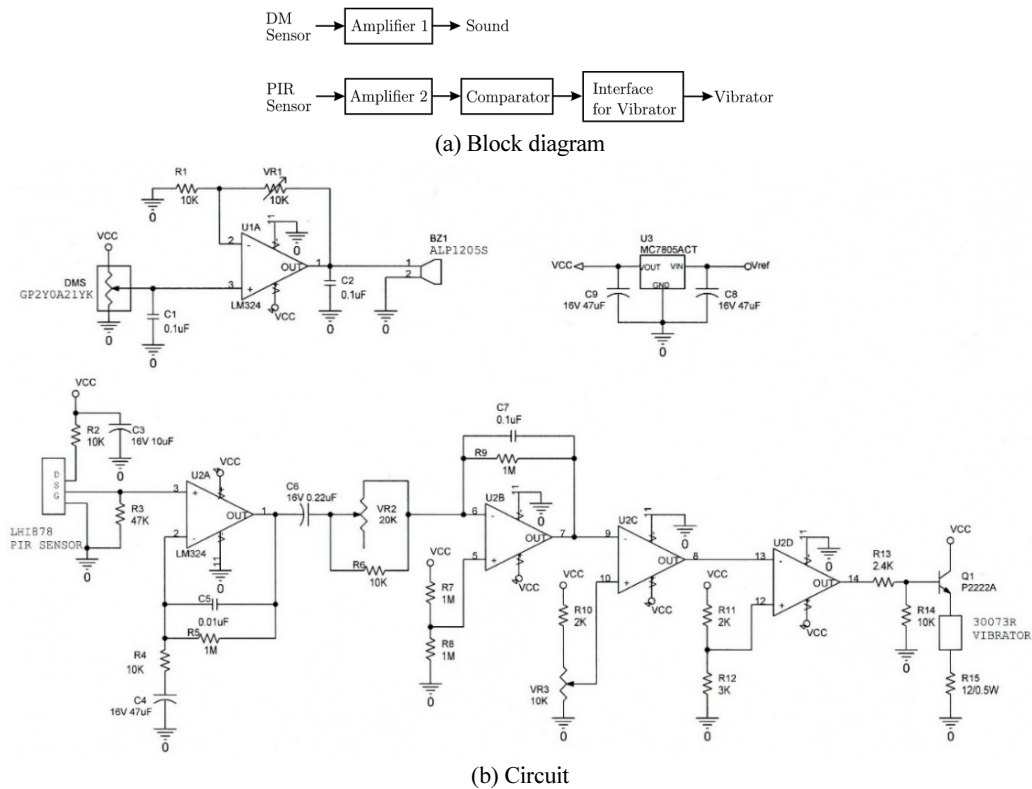


Fig. 5. Block diagram and circuit designed for identifying the possibility of a collision

또는 사람과의 충돌 가능성을 감지할 수 있도록 두 종류의 센서를 부착하였다. 물체와의 충돌 위험성을 감지하기 위한 거리 센서(DM sensor)는 Sharp사^[13]의 GP2Y0A21YK를 사용하였고, 사람을 인식하기 위한 센서(PIR: Pyroelectric Infrared)는 PerkinElmer사^[14]의 LHI878을 사용하였다. 특히, DM 센서는 물체와의 근접거리에 따라 점점 더 커지는 응답특성을 갖고 있기 때문에 효과적으로 충돌 위험성을 경고할 수 있고, PIR센서는 다양한 모션제어에서 접근하는 것이 인체인지 여부를 확인하는데 범용으로 활용되고 있다. B 부분은 센서 신호를 효과적으로 처리하기 위한 ECU (Electronic Circuit Unit)이며, 두 종류의 충돌 인지(Identifiers 부분) 인터페이스를 포함하고 있다. 즉, 물체와의 충돌 위험성은 정보음의 크기에 의해 인지할 수 있도록 경보 버저(Model No. ALP1205S)를 사용하였고, 사람과의 충돌 가능성은 진동 신호에 의해 인식할 수 있도록 동전형 진동 모터(Model No. 1034A)^[15]를 사용하였으며, 시각장애인이 보행 중에 엄지 손가락을 동전형 진동 모터위에 터치함으로써 편리하게 상황 판

단을 할 수 있도록 하였다. C 부분은 기존의 시각장애인용 지팡이의 유지보수를 용이하게 하기 위한 시도로서 지름이 0.02 m인 플라스틱 튜브를 활용하여 A와 B의 장치들을 이 튜브(tube)위에 장착시킨 완전한 모듈(module)을 의미한다. 이로써 실질적인 지팡이 구성품의 제작 및 조립이 용이하도록 하였다. 이와 같이 새롭게 구현된 지팡이의 중량은 0.48 kg 정도 된다.

Fig. 5는 충돌 가능성 확인을 위하여 제안된 지팡이의 신호처리 블록도 및 회로도를 나타낸다. 여기서, U1A 블록은 증폭기 1 (Amplifier 1)에 해당되는 것으로서 물체 인식을 위한 DM 센서의 신호를 증폭하며, VR1을 조절하면, 거리에 따른 정보음의 크기를 조절할 수 있다. U2A와 U2B 블록은 증폭기 2 (Amplifier 2)에 해당되는 것으로서 PIR 센서의 신호를 증폭하며, U2C 블록은 비교기(Comparator)로서 VR3에 의해 인체감지 거리를 조절할 수 있다. U2D와 Q1 블록은 진동 모터를 위한 인터페이스(Interface)를 나타낸다.

실제로, 인체감지센서는 인체에서 나오는 적외선을

전압의 형태로 변환시켜서 인체를 감지할 수 있도록 한 센서인데, 현재 구현된 지팡이는 약 0.4 m 범위내에 사람이 접근할 때 진동센서의 동작이 이루어지도록 설정되어 있다. 구체적으로, 어떤 사람이 지팡이 끝 부분으로 접근해 오면, 인체감지센서가 동작하게 되고, 신호증폭단을 거쳐서 순차적으로 Q1이 ON 되면, 진동모터에 약 3V 정도의 전압강하가 발생하게 된다. 그러면, 엄지 손가락 접촉부에 배치한 진동모터의 내부 회전자가 약 12,000 rpm으로 회전하게 되면서 진동이 발생되어 지팡이를 잡고 있는 엄지 손가락으로 진동이 전달되도록 설계되어 있다. 물론, 이러한 센서의 측정 범위가 정면에서 측정했을 때와 측면에서 측정했을 때는 센서의 시야각 (field of view)에 기인하여 감도의 차이가 다소 있을 수 있다.

결과적으로, 제안된 지팡이 메커니즘을 이용하는 보행자는 보행 과정에서 만나는 물체나 사람과의 충돌 가능성을 청각이나 촉감을 통하여 사전에 인식할 수 있게 된다.

3. 실험 및 분석

본 장에서는 제안된 지팡이의 특성 및 활용성을 시각에 장애를 갖도록 한 사용자의 보행 실험을 통하여 분석한다. 구체적으로, 사용자의 눈을 안대로 가린 상황에서 제시된 지팡이를 활용하여 보행할 때, 보행 경로의 주변에 있는 물체나 사람과의 충돌 가능성을 제대로 인식하는지 여부를 확인하는 실험을 수행하였다. 결국, 지팡이에 장착된 센서의 동작과 충돌 가능성 인식 인터페이스의 동작 특성을 확인하는데 초점을 맞추어 실험을 진행하였다. 이를 목적을 달성하기 위하여, 먼저 물체 또는 사람 감지 센서를 Fig. 6과 같이 설치한 후, 센서의 직선 방향으로 어떤 물체나 사람이 근접하는 상황을 고려하

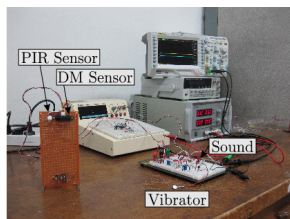


Fig. 6. Experimental setup

여 센서의 동작 특성을 확인하였다. 이러한 실험을 통하여 ECU에 있는 센서 인터페이스의 회로 정수를 최종적으로 조정하였다.

실험에서는 초기 위치(장애물과의 거리, 0.4 m)로부터 각각 0.05 m씩 종이벽을 전진시키면서 충돌 경고 신호음의 크기와 진동 모터의 동작을 확인하였다. 여기서, 경고음의 크기는 버저와 약 0.5 m 떨어진 곳에서 스마트폰 앱으로 제공되는 소음 측정기를 사용하여 측정하였다. 이것은 사람이 지팡이를 잡고 이동하는 상황에서 버저와 사람의 청각기관 사이의 대략적인 거리를 고려한 것이다.

Fig. 7은 종이벽과 센서와의 거리에 따른 경고음 신호의 크기를 나타낸다. 결과적으로, 물체와의 거리가 짧아질수록 경고음 신호의 크기가 점진적으로 더욱 커지는 경향을 확인할 수 있다. 이것은 사용된 거리 센서의 기본 특성에 따른 것으로 자연스러운 결과로 받아들여지며, 이에 따라 지팡이 사용자가 물체와의 충돌 위험성을 보다 효과적으로 인지할 수 있다. 또한 사람이 접근함에 따라 진동 모터가 원활하게 동작함을 확인하였다. 사실상 사용된 인체감지센서의 동작 특성은 사람이 근처에 있는지 여부만을 확인하는 ON/ OFF 기능을 수행하므로 별도의 특성 그래프는 제시하지 않았다.

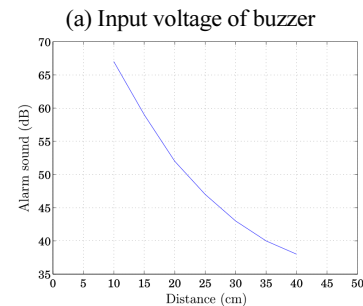
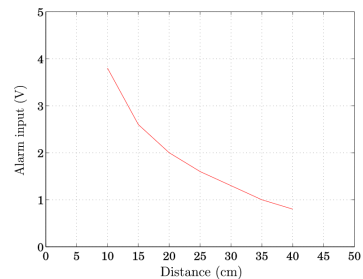


Fig. 7. Level of the sound alarm according to the distance between the sound sensor and an object

Fig. 8은 앞이 보이지 않는 안대로 사용자의 눈을 가린 채 보행하면서 지팡이 센서의 동작 특성을 확인하는 과정을 나타낸다. Fig. 8(a)와 (b)는 보행을 시작하여 왼쪽과 오른쪽에서 있는 장애 물체를 확인하는 장면을 나타내고, Fig. 8(c)는 사람과의 접촉 가능성을 엄지 손가락의 진동 신호를 통하여 확인하고 있다. 실제로 지팡이 센서로부터 약 0.8 m 정도 떨어져 있는 물체나 사람은 충분히 감지가 가능하다. 이러한 과정을 통하여 지팡이의 센서가 정상적으로 동작함을 확인하였고, 주어진 보행을 성공적으로 보조할 수 있음을 확인하였다. 특히, 갑자기 접근하는 사람에 대하여 큰 경보음을 들을 수 있으며, 동시에 엄지 손가락으로 강한 진동 신호를 감지할 수 있다.

제시된 지팡이와 기존의 지팡이 메커니즘^[2,11]의 특성을 비교해 보면, Table 1과 같이 나타낼 수 있다. 결국 기존의 지팡이 메커니즘에서는 물체와 사람에 대한 구분이 다루어지지 않았다. 본 논문에서 제시된 지팡이는 비교적 단순하기 때문에 저렴하게 만들고 있고, 보행자 주변에 있는 물체나 사람을 동시에 인식할 수 있을 뿐만 아니라 근접거리에 따른 경보기능을 갖고 있다는 것이 가장 큰 특징이라고 할 수 있다.

추가적으로, 실제 사용자가 될 시각장애인들을 대상으로 본 논문에서 제시된 지팡이의 활용성에 대한 평가 의견을 수렴하기 위하여 한국시각장애인연합회 부산지부^[6]를 방문하였다. 여기서, 여러 시각장애인들을 대상으로 현재 사용하고 있는 지팡이와 제시된 지팡이의 효용성에 대한 의견을 구하였다. 특히, 시각장애인이 제시된 지팡이 메커니즘의 손잡이를 잡고 있는 상황에서 전원을 인가한 후, 저자가 점차적으로 지팡이 앞쪽으로 가까이 접근해 가는 상황을 연출하였을 때에는 점점 더

Table 1. Comparison of cane mechanisms (O: Possible, X: Impossible)

Item	Recognition		Remarks
	Object	Human	
Proposed Cane	O	O	PIR sensing
GuideCane	O	X	Ref. [1]
K-Sonar	O	X	Ref. [2]
SmartWand	O	X	Ref. [11]

큰 경보음이 들린다고 하였고, 저자가 0.4 m 이내로 다가서는 순간, 엄지 손가락으로 강한 진동을 느낄 수 있다는 반응을 보여 주었다. 결과적으로, 현재 대부분의 시각장애인들이 사용하는 지팡이에는 어떠한 센서도 부착되어 있지 않는데 비해 본 지팡이는 두 개의 센서를 갖고 있어서 보행 중에 다가오는 물체나 사람과의 충돌을 구분하면서 회피하는데 도움이 될 수 있다는 평가를 받았다. 또한 센서 등 전자장치 사용에 따른 지팡이의 가용 시간, 가격 상승 및 중량 증가에 대한 적절한 고려가 있으면 좋겠다는 의견도 있었는데, 이러한 요구에 대해서는 실용화 단계에서 면밀한 검토가 필요하다고 판단된다.

결과적으로, 시각장애인이 제안된 지팡이 메커니즘을 보행에 이용할 경우, 소리나 진동을 감지함으로써 보행 경로의 근처에 물체나 사람이 있음을 알 수 있게 되므로 보다 안전한 보행을 유도하는데 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 논문에서는 시각장애인의 보행 보조를 위한 센서 기반 지팡이 메커니즘을 제시하였고, 어떤 물체나 다른 사람과의 충돌 가능성 실험을 통하여 제안된 지팡이 메커니즘의 특성과 효용성을 확인하였다. 특히 사람의 옆

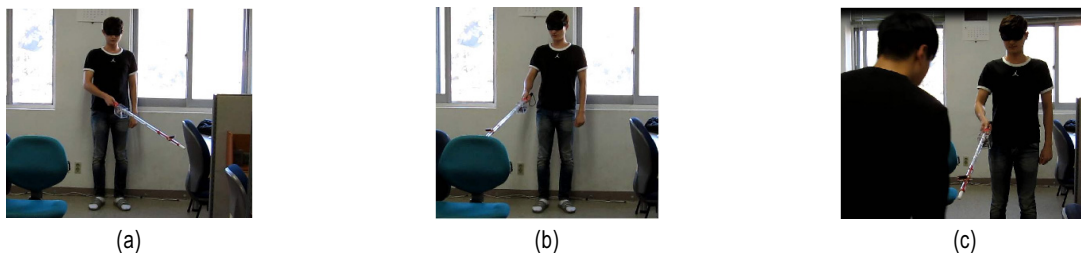


Fig. 8. Test of the implemented wand mechanism by a user blindfolded intentionally: (a) sensing of obstacle in the left side, (b) sensing of obstacle in the right side, and (c) recognition of a human

구리 높이와 활보 폭을 기반으로 지팡이의 길이를 결정하는 방법을 제시하였다. 실제로, 제시된 지팡이 메커니즘은 지팡이의 끝 부분에 배치된 센서를 이용하여 사용자와 물체와의 거리에 따라 충돌 위험성을 효과적으로 알려줄 수 있고, 동시에 사람과의 충돌 가능성도 사전에 감지할 수 있기 때문에 시각장애인의 안전한 보행을 위하여 유용하게 사용될 수 있다.

추가적으로, 지팡이의 길이를 선택적으로 조절할 수 있도록 하는 유연한 기구 메커니즘에 관한 연구, 무선통신을 접목한 형태의 지팡이에 관한 연구 및 적절한 장애물 검출 범위에 관한 고려도 흥미있는 분야가 될 수 있다.

References

- [1] I. Ulrich and J. Borenstein, "The GuideCane--applying mobile robot technologies to assist the visually impaired," IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans, vol. 31, no. 2, pp. 131-136, 2001.
- [2] Bay Advanced Technologies Ltd., (2016. Feb. 11). [Online]. Available: <http://ksonar.com/>
- [3] M.-K. Noh, I.-H. Ryu, S.-I. Han and H.-T. Cha, "Crosswalk walk information system for blind people," Proc. of 2008 Fall Conf. of the Korean Institute of Intelligent Systems, pp. 231-234, 2008.
- [4] D. Dakopoulos and N. G. Bourbakis, "Wearable obstacle avoidance electronic travel aids for blind: a survey," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part C: Applications and Reviews, vol. 40, no. 1, pp. 25-35, 2010.
- [5] J. Sakhardande, P. Pattanayak and M. Bhowmick, "Smart cane assisted mobility for the visually impaired," International Scholarly and Scientific Research & Innovation, vol. 6, no. 10, pp. 1083-1086, 2012.
- [6] U. H. Lee, "Walking guidance technology for the visually impaired," Magazine of the Institute of Electronics and Information Engineers, vol. 32, no. 3, pp. 268-281, 2005.
- [7] J.-Y. Lee, "Blinded use of smart walk guide system design," Jour. of Digital Interaction Design, vol. 10, no. 1, pp. 191-203, 2011.
- [8] S. Y. Kim and D. W. Kim, "A basic study of cane to assist blind walker with ultrasonic sensor," Proc. of 2002 Fall Conference, the Institute of Electronics and Information Engineers, pp. 411-413, 2002.
- [9] T. Kim, Y. Hag, B. J. Choi and G. B. Kim, "Design of GPS module based walking assistant device for blind persons," Proc. of 2007 Fall Conf. of the Korea Intelligent Information Systems Society, pp. 545-549, 2007.
- [10] S. Jang, D.-G. Hwang, S. Kang, E. Kim, J. Park, K. Jang and J. Yoo, "Design and implementation of a navigation system for visually impaired persons," Jour. of the Korea Contents Association, vol. 12, no. 1, pp. 38-47, 2012.
- [11] L. Kim, S. Park, S. Lee, H. Cho and S. Ha, "Improvement of an electric aid for the blind using ultrasonic and acceleration sensors," Jour. of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, vol. 36, no. 4, pp. 291-297, 2009.
- [12] MaxHealth Co., (2016. Feb. 11). [Online]. Available: <http://www.maxhealth.com.tw/images/products/he102500001.jpg>
- [13] Sharp Co., (2016. Feb. 11). [Online]. Available: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/142549/SHARP/GP2Y0A21YK.html>
- [14] PerkinElmer Optoelectronics, (2016. Feb. 11). [Online]. Available: <http://www.farnell.com/datasheets/923446.pdf>
- [15] Sejoo Electronics Co., (2016. Feb. 11). [Online]. Available: <http://www.sejootek.com/motor-set1.htm>
- [16] Busan Branch, Korea Blind Union, (2016. Feb. 11). [Online]. Available: <http://bbu.or.kr/institution/greetings>



김 병 호

2001 한양대학교 전자공학과(공학박사)

1995 ~ 2001 한국과학기술연구원 지능로봇 연구센터 학생연구원

2002 ~ 2004 JSPS Post-Doctoral Fellow, Dept. of Robotics, Ritsumeikan Univ., Japan

2004 ~ 2005 Researcher, Biomimetic Control Research Center, RIKEN, Japan

2010 ~ 2011 Visiting Faculty, Robotics Institute, Carnegie-Mellon Univ., USA

2005 ~ 현재 경성대학교 메카트로닉스공학과 교수

2006 ~ 현재 한국지능시스템학회 이사

관심분야: intelligent mobile manipulation, walking mechanism and algorithm, multi-legged & humanoid robots, biomimetic system modeling, multi-fingered robot/artificial hands and multiple arm control, macro/micro mechanism and intelligent control, neural computation, sensor applications and sports science