

논문 2015-10-19

햅틱피드백 장치를 이용한 시각장애인 이동보조시스템

(A Walking Aid System for Blind People by Exploiting a Haptic Feedback Equipment)

민 성 희, 정 윤 재, 오 유 수*

(Seonghee Min, Yunjae Jung, Yoosoo Oh)

Abstract : In this paper we propose a walking aid system for blind people by exploiting a haptic feedback equipment. The proposed system is a form of haptic feedback cane which is composed of MCU, communication module, sensing module and actuator. The proposed system recognizes obstacles around the blind by using ultrasonic sensors in the sensing module. Moreover, the system generates feedback information about the detected obstacle and then notifies the information to the blind through the actuator. The blind can notice the direction of the detected obstacle with the haptic feedback equipment and vibration motor. Futhermore, the proposed system controls a nearby IoT(Internet of Things) system by utilizing push buttons through the ZigBee communication. Finally, the blind can easily decide the direction of the obstacle without interference of terrain feature by using the proposed system.

Keywords : IoT, Blind, Haptic feedback, Walking assistance system, White cane

1. 서 론

IT의 급속한 발전으로 인하여 사물에 네트워크 환경을 구축하여 사물과 통신할 수 있는 IoT(Internet of Things)기술에 대한 관심이 증가하고 있다. IoT기술은 자동차, 가전, 스마트폰 등에 접목되어 사용자의 일상생활을 보다 편리하게 해주고 있다. 특히 주변 상황에 대한 인지능력이 떨어지는 시각장애인이 자율보행을 할 수 있도록 도와주는 다양한 이동보조시스템들이 IoT기술을 기반으로 개발되고 있다. 이러한 이동보조시스템은 서버와 통신하여 시각장애인에게 장애물 정보와 길 찾기 정보를 제공하고 시각장애인이 위급한 상황에 처해있을 때 관련 기관에 상황정보를 전송하는 등의 기능을 갖추고 있다 [1].

그러나 기존의 이동보조시스템들은 높은 가격이

*Corresponding Author(yoosoo.oh@daegu.ac.kr)

Received: 4 May 2015, Revised: 21 May 2015,

Accepted: 7 June 2015.

S. Min, Y. Jung, Y. Oh: Deagu University

※ 이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업 임(NRF-2014R1A1A2056194).

나 비친화적인 인터페이스 등으로 인하여 시각장애인에게 널리 사용 받지 못하고 있다 [2]. 특히 시각장애인이 오랜 시간동안 사용해 온 흰 지팡이 대신 익숙하지 않은 다른 장치들을 사용한다는 것은 시각장애인에게 어려움으로 다가올 수 있다. 또한 시각장애인은 상황을 판단할 때 청각 의존도가 높은데, 소리를 이용하여 정보를 전달하는 경우 마스킹 효과 [3] 등의 문제점을 발생시킬 수 있다.

그러므로 시각장애인에게 가장 효과적으로 정보를 전달할 수 있는 감각은 촉각이다. 시각장애인을 위한 이동보조시스템에도 진동이나 점자 등을 통한 촉각정보로 시각장애인에게 장애물의 위치나 목적지의 방향을 알려주고 있다. 그러나 감지한 장애물의 방향정보를 시각장애인에게 진동으로 알려주는 시스템들은 그 진동이 시스템 전체로 퍼질 수 있다는 단점이 있다. 따라서 기존의 시스템들은 시각장애인에게 장애물에 대한 정확한 방향정보를 전달하기 어렵다 [4].

따라서 본 논문에서는 햅틱피드백 장치를 이용한 시각장애인 이동보조시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 햅틱피드백 지팡이 형태로써 마이크로컨트롤러와 통신모듈, 감지모듈, 액츄에이터, IoT입력 버튼로 이루어진다. 햅틱피드백 지팡이는 초음파 센

서와 햅틱장치, 진동모터를 이용하여 시각장애인 주변의 장애물을 감지하고 장애물의 방향을 촉각으로 안내하는 역할을 한다. 특히 제안된 시스템은 서보모터와 단방향 햅틱스틱으로 구성된 햅틱장치를 손잡이 부근에 달아 시각장애인에게 장애물의 방향(좌, 우)을 촉각정보로 제공한다.

그리고 제안된 시스템은 시각장애인에게 친숙한 흰 지팡이와 유사한 형태를 채택하여 새로운 시스템으로부터 오는 거부감을 감소시켰다. 또한 제안된 시스템은 지팡이 끝에 구를 달아 시각장애인이 지면의 상태를 느낄 수 있으며, 피로감 없이 장시간 사용이 가능하도록 구현되었다. 그러므로 제안된 시스템을 사용하는 시각장애인은 계단이나 울퉁불퉁한 지면 등의 지형정보에 영향을 받지 않고 보다 편리하게 장애물의 방향을 파악 할 수 있다. 또한 제안된 시스템은 지그비 통신으로 다른 IoT시스템을 제어할 수 있다. 본 논문에서는 일상생활 중의 IoT시스템인 도어락을 개폐할 수 있는 기능으로 응용하여 시각장애인의 편의를 향상시켰다.

II. 관련 연구

본 논문에서는 제안된 시스템과 시각장애인의 흰 지팡이에 대한 편의성을 파악하기 위해서 시각장애인이 흰 지팡이를 사용하며 이동할 때의 액티비티를 분석하였다. 분석된 시각장애인의 액티비티는 주로 지팡이로 지면을 두드리며 주변 장애물의 유무를 판단하며 보행한다. 또한 흰 지팡이를 사용하는 시각장애인의 액티비티는 시각장애인에게 피로를 유발시킨다. 그리고 지면을 두드리는 소리가 주변 사람들의 시선의 집중시켜 시각장애인이 부담을 느낄 수 있다 [5].

이 분석결과를 토대로 기존의 개발된 이동보조 시스템은 시각장애인이 지면을 두드리지 않아도 장애물의 유무를 파악하기 위하여 다양한 센서들을 이용하여 장애물을 감지한다. 그리고 감지된 장애물 정보는 장애물 지도를 표현하는 촉각 장치, 진동, 소리 등으로 시각장애인에게 전달된다. 그러나 기존의 개발된 시스템들의 피드백은 시각장애인이 직관적으로 장애물 정보를 파악하기에는 어려울 수 있다.

1. 흰 지팡이를 사용하는 시각장애인의 액티비티 분석

시각장애인들이 이동보조를 위해 가장 많이 사

용하는 장치는 흰 지팡이이다. 시각장애인은 흰 지팡이를 사용하여 장애물의 위치와 지형의 변화를 감지한다. 시각장애인이 흰 지팡이를 사용하기 위해서는 흰 지팡이 사용방법에 대한 교육이 필요하고, 꾸준한 연습으로 흰 지팡이와 익숙해져야만 사용이 가능하다. 시각장애인이 독립적으로 이동하기 위해서 사용하는 지팡이 기술은 크게 대각선법과 이점촉타법이 있다 [5].

대각선법은 주로 실내에서 사용하는 기술로 시각장애인은 집게손가락을 지팡이 위로 두고 나머지 손가락으로 지팡이를 말아 쥐어 잡거나 연필 쥐듯이 엄지손가락과 집게손가락으로 지팡이를 잡을 수 있다. 이점촉타법은 가장 기본적으로 대표적인 지팡이 기술로 실내, 야외 등의 공간에서 두루 사용이 가능하다. 다음은 이점촉타법과 이점촉타법의 변형된 방법들을 시각장애인의 이동방법과 액티비티에 대하여 정리한 것이다. 시각장애인이 흰 지팡이를 사용할 때의 액티비티를 분석한 결과, 시각장애인은 지팡이로 지면을 두드리며 장애물의 유무를 판단하고 지면의 상태를 확인하며 이동한다.

- 이점촉타법은 지팡이가 좌측을 두드릴 때 오른쪽발이 바닥에 닿는 형식으로 리듬을 맞춰 걷는 방식이다. 이 때 시각장애인의 액티비티는 장애물을 확인하기 위하여 지팡이로 좌, 우측의 땅을 반복하여 두드린다.

- 지면접촉유지법은 지팡이를 좌, 우측으로 두드리지 않고 지팡이를 끌면서 걷는 방식이다. 이 때 시각장애인의 액티비티는 지팡이로 호를 그리며 끌다가 낭떠러지를 만나면 지팡이가 급격하게 아래로 향한다.

- 촉타후 밀기법은 한 걸음을 더 걸어갈 때 지팡이를 끌면서 걷는 방식이다. 이 때 시각장애인의 액티비티는 지팡이를 끌다가 지면의 변화를 만나면 지팡이가 흔들리거나 아래로 꺼진다.

- 촉타후 긋기법은 만약 대상물의 기준선이 자신의 좌측에 있다면 그의 반대쪽, 즉 우측을 지팡이로 두드린 후 기준선에 닿을 때 까지 끌면서 기준선을 따라 걷는 방식이다. 이 때 시각장애인의 액티비티는 지팡이를 끌다가 기준선에 닿으면 일시적으로 정지한다.

- 삼점촉타법은 지팡이로 지면의 좌, 우측을 두드린 후 벽이나 연석 등을 두드리며 걷는 방식이다. 이 때 시각장애인의 액티비티는 3차원의 정보를 활용하기 위하여 지면이 아닌 공중의 물체를 두드린다.

2. 시각장애인을 위한 이동보조시스템

기존의 시각장애인을 위한 이동보조시스템들을 분석한 결과, 기존의 시스템들은 초음파센서나 카메라, 또는 서버에서 다운받은 정보로 장애물을 파악하였다. 그리고 기존의 이동보조시스템 연구들은 크게 촉각(돌기로 표현된 장애물 지도, 진동모터)이나 청각(음성)으로 나뉜다.

2.1 시각장애인에게 촉각으로 알려주는 시스템

촉각제시에 의한 시각장애인 이동안내에 관한 연구 [6]는 주변장애물의 정보를 수집하고 처리하는 guide vehicle과 이를 시각장애인에게 촉각정보로 전달하는 촉각제시장치로 구성된다. guide vehicle은 다수의 초음파센서를 이용하여 장애물 지도를 형성한다. 촉각제시장치는 guide vehicle에서 얻은 장애물 지도 값을 촉각제시장치의 블록과 맵핑하여 나타낸다.

시각장애인의 실내 이동용 보조기기 디자인을 위한 촉각 인터페이스 개발 [7]에서는 시각장애인이 실내에서 길 찾기 기능을 수행할 수 있는 이동보조기기인 햅틱사이트를 구현하였다. 햅틱사이트는 전방의 5M범위의 공간정보를 건물의 서버에서 제공받는다. 그리고 시각장애인에게 목적지까지의 경로에 있는 기둥, 벽 등의 장애물을 작은 블록으로 구성된 돌기를 통하여 촉각정보로 시각장애인에게 제공한다.

Sound Foresight사의 울트라케인 [8]은 지팡이 형태로 구성되어 지팡이에 달린 초음파 센서가 일정한 거리만큼 초음파를 발사하여 장애물을 인식한다. 장애물 정보는 손잡이에 달린 진동모터로 전달되어 시각장애인에게 진동을 통해 장애물의 위치를 안내한다.

2.2 시각장애인에게 청각으로 알려주는 시스템

EYECANE [9]은 시각장애인용 지팡이에 카메라를 장착하여 시각장애인의 보행을 위한 이동보조시스템이다. EYECANE은 사용자의 현재위치와 사용자 주변의 장애물의 크기와 방향, 장애물을 피하기 위한 방향을 감지하고 이를 청각으로 시각장애인에게 알려준다. 특히 EYECANE은 시각장애인 주변의 교차로나 장애물 등 위험한 상황을 인식하고 학습된 데이터를 이용하여 안전하게 이동하는 경로를 알려주는 것이 특징이다.

스마트폰을 이용한 시각장애인 안내 시스템 [10]은 스마트폰으로부터 촬영된 영상정보를 점자유도블럭에 대한 정보로 추출한 후 점자유도블럭의 위치와 상태를 분석한다. 분석된 정보는 머리전달함수

(HRTF)를 이용하여 입체음향으로 바뀌어 시각장애인이 음성으로 거리를 파악할 수 있도록 구현되었다.

시각장애인을 위한 M2M기반의 지능형 이동보조시스템 [1]은 시각장애인이 사용하는 이동보조지팡이와 이동통신망을 이용하여 다수의 사용자를 지원하는 서버로 구성된다. 이 시스템의 이동보조지팡이는 초음파센서를 이용하여 장애물을 감지하고 문자-음성 변환기술로 시각장애인에게 알려준다. 또한 서버에서는 지리정보와 GPS정보로 시각장애인의 현재위치 및 위급상황 대처 기능을 수행한다.

시각장애인에게 촉각으로 장애물에 대한 정보를 안내하는 시스템은 촉각정보를 제공할 수 있는 장치로 장애물지도를 시각장애인이 느낄 수 있도록 하거나 진동모터를 이용하여 시각장애인에게 장애물 정보를 알려준다. 그러나 장애물지도를 이용한 시스템은 실시간으로 변하는 장애물에 대한 정보를 정확히 알기 어렵다. 또한, 진동을 이용한 시스템은 진동이 손잡이 전체로 퍼질 수 있으므로 장애물에 대한 정확한 방향정보를 전달하기 어렵다 [4].

청각으로 장애물에 대한 정보를 안내하는 시스템은 구현된 시스템(예, 스마트 폰)에 스피커 또는 이어폰으로 녹음된 음성을 재생시켜 시각장애인에게 장애물 정보를 알려준다. 하지만 청각을 이용한 시스템의 경우, 상황을 청각으로 판단해야 하는 시각장애인이 사용하게 되면 시스템의 소리로 인하여 주변 상황에 대한 소리가 덮이는 마스킹 효과 [3] 등의 문제가 발생할 수 있다. 그러므로 시각장애인에게 장애물의 방향정보를 오감 중 시각/청각이 아닌 촉각(햅틱장치)을 기반으로 하여 보다 직관적으로 안내할 수 있는 시스템이 필요하다.

3. 스마트가이더스 v1 [2]

기존 연구인 시각장애인의 문화생활 향상을 위한 스마트 이동보조시스템은 스마트가이더 [2]의 물리적으로 당기는 힘을 이용하여 시각장애인에게 전시장의 관람 경로를 안내하고 웨어러블가이더 [2]와 함께 주변의 장애물을 파악하여 진동을 통해 시각장애인에게 장애물 정보를 알려준다. 특히 기존의 시스템은 시각장애인이 문화 및 전시를 관람하기 위하여 전시장 공간을 시각장애인이 이해할 수 있는 정보로 생성한다.

스마트가이더스 v1의 테스트평가를 거친 결과, 다수의 문제점들이 드러났다 [11]. 기존 연구의 결과물은 평가가 아닌 울퉁불퉁한 곳에서 바뀌기 원활하게 굴러가기 어렵기 때문에 시각장애인이 당황하게 되거나 사고의 위험이 있었다. 그리고 장애물

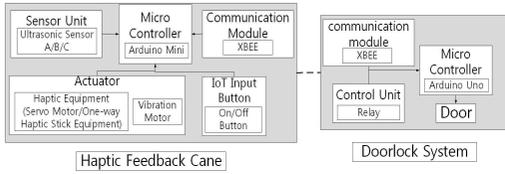


그림 1. 제안된 시스템의 구조도

Fig. 1 Structural Diagram of the Proposed System

의 위치를 알기위한 진동의 세기가 너무 약해 시각장애인이 느끼기 어려웠다. 이를 보완하기 위해서 진동의 출력을 높이면 스마트가이더 전체로 진동이 퍼져 시각장애인에게 장애물의 위치를 정확하게 알려주기 어려웠다.

따라서 제안된 시스템은 울퉁불퉁한 곳이나 계단 등의 지형변화에 강하도록 스마트가이더의 동력바퀴를 제거하고, 시각장애인이 평소 사용하던 지팡이 형태를 채택하여 시각장애인이 직접 지형환경을 느낄 수 있도록 구현되었다. 또한 제안된 시스템은 상단에 부착된 초음파센서 2개로 시각장애인의 허리 부근의 장애물을 감지하여 햅틱장치로 좌·우측에 장애물의 유무를 알려준다. 또한, 제안된 시스템은 하단에 부착된 초음파센서로 지면의 장애물 정보를 시각장애인에게 진동으로 알려준다.

III. 햅틱피드백 지팡이

햅틱피드백 지팡이는 시각장애인 주변의 장애물을 감지하여 햅틱장치와 진동으로 시각장애인에게 알려준다. 그래서 제안된 시스템은 시각장애인이 지팡이를 들고 지면을 두드리는 행위를 하지 않아도 장애물을 판단할 수 있다. 시각장애인의 보행할 때 지팡이를 들고 다니는 것에 대한 피로감을 줄이고, 시각장애인이 지면의 구체적인 촉감정보를 파악할 수 있도록 제안된 시스템에 방향성이 없는 구를 부착하였다. 그러므로 제안된 시스템은 시각장애인이 지팡이를 끝낸서 장애물을 감지할 수 있도록 구현되었다.

다음 그림 1은 제안된 시스템의 구조도를 나타낸 것이다. 햅틱피드백 지팡이는 마이크로컨트롤러(아두이노 미니), 통신모듈(Sparkfun 사의 XBee), 2개의 IoT On/Off 버튼, 3개의 초음파센서, 그리고 진동모터와 햅틱장치로 구성된다. 도어락 시스템은 마이크로컨트롤러(아두이노 우노), 통신모듈(Sparkfun 사의 XBee), 그리고 도어락 장치 구동제어를 위한 릴레이로 구성된다.

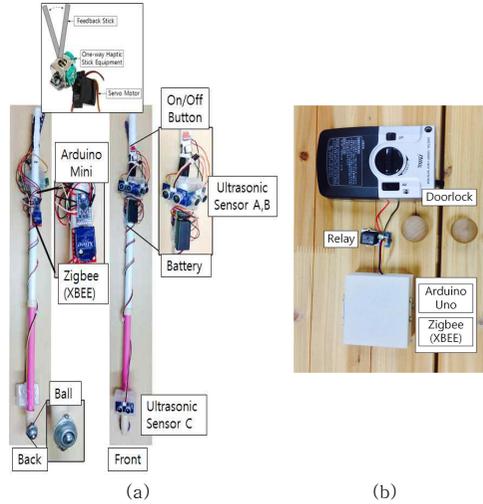


그림 2. 햅틱피드백 지팡이(a)와 도어락 시스템(b)
Fig. 2 (a) Haptic Feedback Cane and (b) Door Rock System

햅틱피드백 지팡이의 센서부는 지팡이 끝에서 90cm에 부착된 초음파센서 A, B와 10cm에 부착된 초음파센서 C로 구성된다. 초음파센서로 장애물을 감지하는 범위는 성인 남성의 보폭의 약 2배인 50cm로 제한하였다. 초음파센서 A와 B는 시각장애인 허리 부근의 장애물을 감지하고, 초음파센서 C는 지면 부근의 장애물을 감지하는 역할을 수행한다.

IoT입력버튼은 2개의 On/Off버튼으로 구성되며, 지그비 통신으로 주변의 IoT장치를 제어하는데 사용된다. 통신모듈은 페어링이 된 두 시스템(햅틱피드백 지팡이와 도어락 시스템)을 지그비 통신으로 연결한다. 본 논문에서는 햅틱피드백 지팡이와 연동되는 도어락 시스템을 개발하여 IoT입력버튼과 도어락 간의 통신으로 문을 개폐하는 기능을 수행한다.

예를 들어, 햅틱피드백 지팡이를 가진 시각장애인이 도어락 시스템에 가까이 가면 두 시스템이 자동으로 연결되어 지그비 통신을 할 수 있게 된다. 이때 햅틱피드백 지팡이에 달린 버튼을 누르면 버튼 신호는 통신모듈을 거쳐 도어락 시스템으로 전송되어 도어락의 잠금장치를 해제할 수 있다. 도어락 버튼을 토글키로 구현한다면 시각장애인이 개폐 장치의 현재 상태를 확인하기 어려우므로 열림 버튼과 닫힘 버튼으로 나누어 한가지의 기능만 수행하도록 구현하였다.

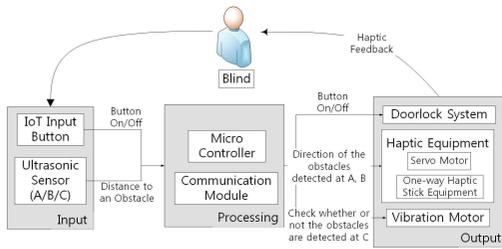


그림 3. 햅틱피드백 지팡이의 데이터 흐름

Fig. 3 Data Flow of the Haptic Feedback Cane

그림 1에서와 같이, 액츄에이터는 햅틱장치와 진동모터로 이루어져 있다. 햅틱장치는 초음파센서 A, B에서 감지된 장애물 정보를 시각장애인에게 알려준다. 햅틱장치는 다음 그림 2와 같이 서보모터와 단방향 햅틱스틱 장치로 구성되어 있다. 예를 들어, 왼쪽에서 장애물이 감지되면 서보모터가 왼쪽으로 25도 회전하여 단방향 햅틱스틱 장치에 부착된 피드백 스틱을 왼쪽으로 밀어 시각장애인에게 장애물의 방향을 알려준다. 진동모터는 초음파센서 C에서 감지된 장애물 정보를 시각장애인에게 진동의 유·무로 알려준다.

햅틱피드백 지팡이의 데이터 흐름은 그림 3과 같다. 햅틱피드백 지팡이 상단부에 부착된 IoT입력 버튼 2개는 마이크로컨트롤러를 거쳐 지그비 통신으로 IoT시스템에 전달된다. 그리고 상단과 하단에 부착된 초음파센서는 장애물이 감지되면 그 거리 값을 마이크로컨트롤러로 보낸다. 만약 장애물이 50cm 이내에서 감지된다면 햅틱피드백 지팡이는 햅틱장치나 진동모터로 시각장애인에게 장애물의 정보를 알려준다.

IV. 실험

1. 스마트가이더스 v1과 제안된 시스템의 비교

기존 연구인 스마트가이더스 v1 [2]과 부피, 무게, 지형지물의 영향에 대한 비교분석 결과(표 1), 기존 연구에 비해 제안된 시스템이 모든 항목에서 향상됨을 알 수 있었다. 스마트가이더스 v1의 부피는 지팡이 끝 센서부에서 손잡이까지의 부피를 계산하였다. 제안된 시스템의 부피는 지팡이의 구에서 지팡이의 끝까지를 기준으로 부피를 구한 후 초음파 센서부는 그 부피를 별도로 구하여 계산하였다. 특히, 제안된 시스템은 기존 연구 결과물에 비해 부피는 41.98%, 무게는 55.54%가 감소하였다.

표 1. 스마트가이더스 v1과 제안된 시스템의 비교
Table 1. Comparison Between Smart Guiders v1 and the Proposed System

	Smart Guiders v1	Proposed System
Volume(cm ³)	1392	816
Weight(g)	893	397
Influence of Geographic Feature	Can't measure	54sec



그림 4. 햅틱피드백 지팡이 사용사례
Fig. 4 Usage of Haptic Feedback Cane

또한 지형지물의 영향의 유무를 파악하기 위하여 그림 4와 같이 비장애인인 성인남성이 스마트가이더스 v1과 제안된 시스템을 사용하여 계단 20칸 오르기과 내리기 왕복을 10회 수행하고 걸린 시간의 평균을 기록하였다. 이때 시스템 자체에 대한 성능평가를 위하여 피실험자의 반응속도는 고려하지 않는다. 실험결과 스마트가이더스 v1은 계단에서 사용하며 보행하기 어려웠다. 그러나 제안된 시스템을 이용하면 초음파센서C로 계단의 너비를 판단하고 초음파센서A, B로 주변의 장애물을 감지하며 계단을 오르내릴 수 있기 때문에 시각장애인의 안전한 보행을 유도할 수 있었다.

다음 실험으로, 기존 연구인 스마트가이더스 v1의 테스트 평가 [11]와 동일하게 평가 환경을 구성하여 제안된 시스템의 테스트 평가를 수행하였다. 실험 환경은 그림 5와 같이 가로 600cm, 세로 117cm의 동일한 장소에서 5개의 장애물과 3가지 타입으로 구성하였다. 이때 장애물 타입은 성인의 평균 보폭인 30cm를 기준으로 장애물 사이의 간격을 1배, 2배, 3배로 하여 장애물의 복잡도를 상중하

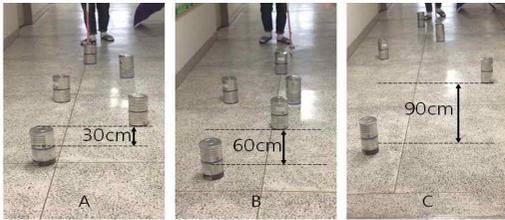


그림 5. 실험 환경: A, B, C 타입
Fig. 5 Experimental Setup: A, B, C Type

표 2. 이동시간 측정
Table 2. Measurement of Walking Behavior

	Smart Guiders v1(sec)	Proposed System (sec)	Reduction Ratio(%)
Type A	15.50	13.97	9.87
Type B	15.86	14.32	9.70
Type C	17.36	15.05	13.30

로 나누었다. 각 장애물 타입은 피실험자에게 공개하지 않고, 무작위로 구성하였다.

실험 수행 과정은 다음과 같이 진행하였다.

- ① 장애물 타입 A, B, C와 출발지점, 도착지점의 위치를 모두 표시한다.
- ② 안대를 착용한 비장애인이 스마트가이더스 v1을 사용하여 출발지점에서 도착지점까지 장애물을 회피하며 보행하는 시간과 실패 횟수를 측정한다. 이때 장애물 타입은 피실험자에게 공개하지 않고, 무작위로 구성한다.
- ③ 안대를 착용한 비장애인이 제안된 시스템을 사용하여 출발지점에서 도착지점까지 장애물을 회피하며 보행하는 시간과 실패 횟수를 측정한다.
- ④ 위 과정을 10회 반복수행하여 측정한 결과 값의 평균을 구한다.

실험결과 (표 2), 스마트가이더스 v1과 제안된 시스템 모두 장애물을 모두 회피하는데 성공하였다. 그러나 제안된 시스템을 사용하면 출발지점에서 도착지점까지의 보행시간이 단축되었다. 특히 장애물 사이의 거리가 짧은 타입 A에서 감소율이 큰 폭으로 나타났다. 그러므로 제안된 시스템은 스마트가이더스 v1에 비해 더 빠르고 안전한 보행이 가능하다는 것을 알 수 있다. 본 논문에서 수행한 시스템 성능평가 이외에 이동시간 감소율에 영향을 줄 수 있는 요인들은 장애물 타입의 학습, 실내 환경의 영향, 또는 피실험자의 반응 속도 등이다. 이와 같은 실험요인들은 실제 환경에서 다수의 시각장애인들을 대상으로 평가가 이루어져야한다.

표 3. 사용 환경에 따른 흰 지팡이와 제안된 시스템의 비교
Table 3. Comparison Between the White Cane and the Proposed System

Circumstances	White Cane	Proposed System
Obstacles on the ground	Two-point-touch Technique	-Sensing using ultrasonic sensor C -Feedback with haptic equipment and vibration motor
Stairs and Curb	Constant-contact Technique	-Detection using movement of the cane's ball and ultrasonic sensor C
Changes of the ground or Unidentified objects	Touch-and-slide Technique	- Changes of the ground: using movement of the cane's ball - Unidentified objects: Touch-and-slide Technique
Following baseline (e.g., handrail, paving block)	Touch-and-drag Technique	Touch-and-drag Technique
3D information (e.g., wall, street trees) or Entrance of a building	Three-point-touch Technique	-Sensing using ultrasonic sensor A, B, C -Feedback with haptic equipment and vibration motor

2. 흰 지팡이의 기법과 제안된 시스템의 비교

본 논문에서는 시각장애인이 실제 사용하고 있는 흰 지팡이의 기법들 [5]에 대해 분석하였다. 시각장애인은 이점촉타법을 사용하여 장애물을 감지하는 것을 기본으로 사용하며 보행한다. 그리고 실외의 다양한 환경을 인지하기 위하여 이점촉타법의 변형된 기법을 사용하며 보행한다. 시각장애인이 흰 지팡이를 사용할 때 인지할 수 있었던 환경들을 제안된 시스템을 사용해도 인지할 수 있는지를 비교 분석해 보았다(표 3).

시각장애인이 흰 지팡이를 사용하여 벽, 가로수 등의 3차원 장애물 정보를 파악할 때 삼점촉타법으로 장애물을 감지해야하나, 제안된 시스템을 사용하면 지면뿐 만 아니라 3차원 정보도 상·하단 초음파 센서를 통하여 동시에 파악이 가능하다. 특히 삼점촉타법은 지면 좌·우와 3차원 장애물의 좌·우 정보 중 한쪽만 파악이 가능하지만, 제안된 시스템을 사용하면 지면과 3차원의 좌·우 정보 모두 동시에 파악이 가능하기 때문에, 시각장애인이 더 안전하게 보행할 수 있다.

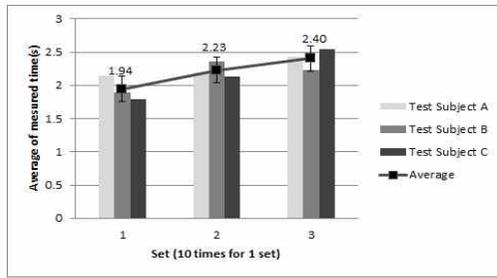


그림 6. 햅틱피드백을 인지하기까지의 걸린시간
Fig. 6 Measurement of Haptic Recognition Time

또한 흰 지팡이를 사용하는 시각장애인은 계단이나 연석의 정보를 판단할 때에는 지면접촉유지법을 사용하고, 지면의 변화를 판단할 때에는 촉타후밀기법을 사용한다. 그러나 제안된 시스템을 사용하는 시각장애인은 지팡이 끝에 부착된 구의 움직임으로 한 번에 판단할 수 있다. 특히 계단이나 연석을 파악할 때 제안된 시스템을 사용하는 시각장애인은 하단 초음파센서를 통한 진동 피드백으로 인지할 수 있다.

그러나 시각장애인이 지면에 이물질이 덮혀 있거나 이물질 아래를 찢어서 확인해야할 경우에는 흰 지팡이와 제안된 시스템 모두 촉타후밀기법을 사용해야 한다. 또한 시각장애인이 계단의 난간이나 보도블럭 등 기준선을 찾고, 그것을 따라가야 하는 경우에는 흰 지팡이와 제안된 시스템 모두 촉타후밀기법을 사용해야 한다. 시각장애인이 제안된 시스템의 기능만 사용하여 이물질을 찢어서 확인하거나 기준선을 따라 보행하는 것은 추후연구를 통해서 보완해야할 것이다.

3. 햅틱피드백 장치의 성능평가

제안된 시스템의 햅틱피드백을 통한 장애물 정보를 시각장애인이 얼마나 정확하고 빠르게 인식할 수 있는지를 계산하기 위하여 다음과 같이 테스트 평가를 수행하였다.

- ① 안대를 착용한 비장애인(피실험자)이 햅틱피드백 지팡이를 쥐고 의자에 편하게 앉는다.
- ② 피실험자는 임의의 장애물을 가지고 지팡이의 좌·우측 중 무작위로 지팡이 부근에 갖다 대면 피실험자는 햅틱피드백이 감지되는 방향의 팔을 든다.
- ③ 1세트당 10회씩 3세트를 수행한다.
- ④ 피실험자를 교체하여 위 과정을 반복 수행한다.

피실험자 A, B, C의 햅틱피드백을 통한 장애물 정보 인식 성공률은 100%로 제안된 시스템을 사용하면 시각장애인은 장애물의 위치와 방향을 명확히 파악할 수 있다. 장애물이 감지되고 피실험자가 장애물의 방향을 판단할 때 까지 걸리는 시간의 평균은 2.19초로 피실험자들의 반응 속도의 차이가 비교적 일정하다(그림 6).

V. 결론

본 논문에서는 시각장애인의 이동보조를 위한 햅틱지팡이 시스템을 제안하였다. 특히, 본 논문에서는 흰 지팡이를 사용하는 시각장애인의 액티비티와 기존의 시스템을 분석하여 시각장애인을 위한 이동보조시스템을 구현하였다. 제안된 시스템은 시각장애인에게 친숙한 지팡이 형태를 채택하였으며, 스마트가이더스 v1과 비교하여 지면의 구체적인 촉감정보를 제공하고 계단과 같은 지형지물에 영향을 받지 않도록 구현되었다.

제안된 시스템은 초음파센서를 이용하여 시각장애인의 허리 부근의 장애물과 지면의 장애물을 감지하며, 햅틱피드백 장치와 진동모터로 시각장애인에게 직관적인 장애물 정보를 제공하였다. 또한 제안된 시스템은 도어락 시스템과 같은 주변의 IoT 장치와 연동하여 시각장애인의 편의를 향상시켰다. 추후 연구에서는 하단의 초음파센서와 알고리즘을 보강하여 지면장애물의 방향 정보를 생성하고, 시각장애인 대상의 사용성 평가로 제안된 시스템의 실효성을 입증할 것이다.

References

- [1] C.S. Kang, H.S. Jo, B.H. Kim, "A Machine-to-machine based Intelligent Walking Assistance System for Visually Impaired Person," The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 36, No. 3, pp. 287-296, 2011. (in Korean).
- [2] H.J. Ko, S.H. Min, Y.S. Oh, "A Study on a Smart Walking Aid System for Improving the Blind's Cultural Lives," The Journal of Computer & Communication Research, Vol. 10, No. 1, pp. 21-28, 2014.
- [3] S. Shoval, I. Ulrich, J. Borenstein, "NavBelt and the Guide-Cane [obstacle-avoidance

- systems for the blind and visually impaired],” IEEE Robotics & Automation Magazine, Vol. 10, No. 1, pp. 9-20, 2003.
- [4] S.Y. Kim, S.M. Cho, “A Haptic Navigation System for Visually Impaired Persons”, The Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 14, No. 1, pp. 133-143, 2011. (in Korean)
- [5] Y.I. Kim, T.H. Lee, H.Y. Kim, S.J. Cho, D.S. Kim, S.J. Lee, *Theory and Practices of Walking for Visually Impaired People*, Sigmapress, 2013.
- [6] M.J. Yoon, K.H. Yu, J.H. Kang, “A Study of Walking Guide for the Blind By Tactile Display,” Journal of Control, Automation, and Systems Engineering, Vol. 13, No. 8, pp. 783-789, 2007 (in Korean).
- [7] S.H. Yang, J.W. Song, Y.H. Pan, “A Development of an Indoor Walking Aids’ Interface for Visually Impaired People,” Journal of Digital Design, Vol. 12, No. 1, pp. 83-92, 2012 (in Korean).
- [8] S.I. Kim, “System Development for Location Information for the Visually Impaired,” Journal of Korean Society of Design Science, Vol. 20, No. 5, pp. 217-228, 2007 (in Korean).
- [9] J.H. Hwang, Y.G. Ji, K.T. Kim, E.Y. Kim, “EYECANE: Intelligent Situation Awareness System for the Visually Impaired,” Journal of Korean Society of Design Science, Vol. 19, No. 7, pp. 217-228, 2013 (in Korean).
- [10] S.I. Hahn, J.S. Kim, J.W. Ahn, H.T. Cha, “Information System for Blind People using Smartphone,” Proceedings of KIIS Spring Conference, Vol. 20, No. 1, pp. 63-66, 2010 (in Korean).
- [11] H.J. Ko, S.H. Min, Y.S. Oh, “Smart Walking Aid System”, Proceedings of IEMEK Fall Conference, Vol. 1, No. 1, pp. 5-8, 2014 (in Korean).

Seonghee Min (민 성희)



She is currently working towards her B.S. degree in School of Computer and Communication Engineering, Daegu University, Gyeongsan, Republic of Korea. Her research interests include

Embedded Interactive Systems, HCI, etc.
Email: als7520@naver.com

Yunjae Jung (정 윤재)



He is currently working towards his B.S. degree in School of Computer and Communication Engineering, Daegu University, Gyeongsan, Republic of Korea. He research interests include

Embedded System H/W and S/W
Email: dhkdn1004111@naver.com

Yoosoo Oh (오 유수)



He received the Ph.D. degree in School of Information and Mechatronics from Gwangju Institute of Science and Technology (GIST), Gwangju, Republic of Korea, in 2010. In 2010, as an executed team

leader, he joined Culture Technology Institute, GIST. In September 2012, he joined Daegu University, Gyeongsan, Republic of Korea, where he is currently an Assistant Professor. His research interests include Activity Reasoning, Context-aware Middleware, HCI, etc.

Email: yoosoo.oh@daegu.ac.kr