촉각 인터페이스를 이용한 시각장애인 보행보조 시스템

이지은 · 오유수

대구대학교

Walking Aid System for Visually Impaired People by Exploiting Touch-based Interface

Ji-eun Lee · Yoosoo Oh

Daegu University

E-mail : love9417@nate.com, yoosoo.oh@daegu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 촉각의 자극으로 장애물 위치를 파악하는 시각 장애인용 경로안내 및 보행보조 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 시각장애인의 보행보조를 위한 촉각기반 장애물 감지 모듈과 장애물 높이 인지 모듈, 그리고 장애물 회피를 위한 경로안내 알고리즘으로 구성된다. 촉각기반 장애물 감지 모듈은 서보 모터의 회전력으로 시각장애인의 엄지를 자극하여 좌·우·전방에 위치한 각각의 장애물을 감지한다. 장애물 높이 인지 모듈은 선형 배치된 초음파 센서들로부터 감지된 데이터를 통합하여, 장애물의 높이를 상·중·하 3단계로 구별한다. 제안된 시스템의 경로안내 알고리즘은 스마트 폰에 내장된 GPS 수신기의 신호로 현재 위치 값을 갱신하여 시각장애인에게 최적화된 맞춤형 경로를 안내한다. 또한, 설계된 경로안내 알고리즘은 시각장애인용 경로안내 앱과 블루투스로 연동하여 시각장애인에게 음성으로 정보를 전달한다. 제안된 시스템은 불확실한 경로를 탐색하여 장애물 배치 상황에 맞도록 회피 경로를 생성함으로써 시각장애인의 보행을 도울 것이다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a walking aid system that guides route to visually impaired people in order to recognize uncertain obstacles based on tactile stimulation. The proposed system is composed of the touch-based obstacle detection module, the obstacle height detection module, and the route guidance algorithms. The touch-based obstacle detection module detects each obstacle, which is located at left, right, and front of a visually impaired person by stimulating his thumb with the rotational force of the servomotor. The obstacle height detection module integrates detected data by the linear arrangement of ultrasonic sensors to identify the height of an obstacle about 3 of-phase(i.e., high, medium, low). The proposed route guidance algorithm guides an optimized path to the visually impaired person by updating his current position information based on the signal of the built-in GPS receiver in smartphone. In addition, the route guidance algorithm delivers information with speech to a visually impaired person through Bluetooth commuination in the developed route guidance app. The proposed system can create a path to avoid the obstacles by recognizing the placed situation of the obstacles with exploring the uncertain path.

키워드

시각장애인, 경로안내, 보행보조, 촉각기반, GPS

Ⅰ. 서 론

우리나라에 등록된 장애인 수는 2013년 12월을 기준으로 250만 명이 넘고, 그중 등록된 시각 장애인의 수는 253,095명으로 전체 장애인 수의 약 10.12%에 달한다[1]. 그림 1에서와 같이, 시각 장애인은 장애 유형 중 높은 비율을 차지한다. 이와 같이, 많은 시각장애인들의 복지 환경을 개선하려는 노력이 활발히 이루어지고 있다[2~6]. 하지만 기존의 이동보조 시스템들은 시각장애인들이 익숙해하지 않으며 높은 가격 때문에 보편화되지 못하고 있다[2]. 시각장애인의 보행 보조를 돕는 맹인견이 시각장애인에게 매우 효과적이나 훈련시키기 위한 시간과 비용이 많이 들기 때문에 보편화된 방법은 아니다.

(단위:명, 천명, %)

구 분	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년
장애인구	958,196	1,134,177	1,294,251	1,454,215	1,610,994	1,789,443	1,967,326	2,104,889	2,246,965	2,423,547	2,517,312	2,519,241	2,511,159	2,501,112
(증가율)	(37.4)	(18.4)	(14.1)	(12.4)	(10.8)	(11.1)	(9.9)	(7.0)	(6.7)	(8.1)	(3.6)	(0.1)	(△0.3)	(△0.4)
등록인구	47,733	48,022	48,230	48,387	48,584	48,782	48,992	49,269	49,540	49,773	50,516	50,734	50,948	51,141
(비 율)	(2.0)	(2.4)	(2.7)	(3.0)	(3.3)	(3.7)	(4.0)	(4.3)	(4.5)	(4.9)	(5.0)	(5.0)	(4.9)	(4.9)
지 체	606,422	682,325	754,651	813,916	883,296	965,014	1,049,306	1,114,094	1,191,013	1,293,331	1,337,722	1,333,429	1,322,131	1,309,285
뇌병변	33,126	64,950	91,998	117,514	142,804	168,585	195,253	214,751	232,389	251,818	261,746	260,718	257,797	253,493
시 각	90,997	115911	135704	152,857	170,107	189,933	196,507	216,881	228,126	241,237	249,259	251,258	252,564	253,095
청각언어	87,387	105711	123823	139,325	155,382	175,587	205,155	218,206	238,560	262,050	277,610	278,530	276,332	273,229
지 적	86,793	94,951	103640	112,043	119,207	127,881	137,596	142,589	146,898	154,953	161,249	167,479	173,257	178,866
자폐성	1,514	2,516	4,014	5,717	7,740	9,518	10,926	11,874	12,954	13,933	14,888	15,857	16,906	18,133
정 신	23,559	32,581	39,494	46,883	54,333	63,642	75,058	81,961	86,624	94,776	95,821	94,739	94,638	95,675
신 장	23,427	28,118	32,094	34,884	38,175	41,823	44,571	47,509	50,474	54,030	57,142	60,110	63,434	66,551
심 장	4,971	7,114	8,836	10,409	11,634	12,807	13,739	14,352	14,732	15,127	12,864	9,542	7,744	6,928
호흡기	-	-	-	7,039	9,768	11,728	13,035	14,289	14,984	15,860	15,551	14,671	13,879	13,150
간**	-	-	-	3,108	4,072	5,160	5,875	6,329	6,968	7,730	7,920	8,145	8,588	9,194
안 면	-	-	-	673	1,114	1,490	1,863	2,149	2,337	2,505	2,696	2,715	2,709	2,696
장루·요루	-	-	-	6,585	8,182	9,575	10,461	11,184	11,740	12,437	13,072	13,098	13,374	13,546
뇌전증*	-	-	-	3,262	5,180	6,700	7,891	8,721	9,166	9,760	9,772	8,950	7,806	7,271

그림 1. 등록장애인 수 - 연도별, 장애유형별

시각장애인들은 일반적으로 보행 보조를 위해 흰 지팡이를 사용한다. 시각장애인은 흰 지팡이로 도로의 점자블록을 치면서 도로의 상황과 지형, 지물을 탐색하는 촉탁법을 사용하며, 촉탁법은 지팡이로 두 번 내리치면서 거리의 진행 방향을 탐색하는 방법이다. 촉탁법으로 보행을 하는 시각장애인에게 도움을 주는 시설물이 있는데, 유도블록이다. 유도블록은 도로의 상황을 알리고 방향을 제시하며 지팡이를 사용하는 시각장애인들에게 도움을 주는 시설물이다.[5] 그러나 모든 도로에 유도블록이 설치되어 있는 것은 아니며, 설치가 되어있는 도로마저 기타 간이 시설물이나 노점상들로 인해 시각 장애인들에게 위험을 제공한다. 그러므로 시각장애인의 안전한 보행을 위해 도로 위에 설치된 점자블록이나 다른 시설의 도움 없이 시각장애인 스스로 보행을 할 수 있도록 도와주는 시스템이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 촉각의 자극으로 장애물 위치를 파악하는 시각 장애인용 경로안내 및 보행보조 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 기존의 시각장애인용 흰 지팡이에 촉탁법을 사용하지 않고, 점자블록이 없는 도로라도 장애물의 정보를 알려주어 자발적으로 회피를 가능하게 한다. 제안된 시스템은 시각장애인에게 장애물의 좌·우·전방의 정확한 위치를 알려주기 위해 촉각 자극을 구별하여 전달하고, 어플리케이션을 통해 대략적인 거리를 음성 정보로 전달함으로써 시각장애인의 보행에 큰 도움을 준다.

제안된 시스템은 시각장애인 주변에 위치한 장애물을 알려주는 이전에 개발된 햅틱피드백 지팡이[3]를 보안한 연구결과이다. 이전 시스템은 초음파 센서와 햅틱장치, 진동모터를 이용하여 시각장애인 주변의 장애물을 감지하고 장애물의 방향을 촉각으로 안내하였다. 이전 시스템의 실험 결과, 장애물의 방향을 안내하는 햅틱장치의 감도가 다소 약하여 사용자가 장애물의 방향을 쉽게 알 수 없었다. 따라서 제안된 시스템에서는 시각장애인에게 이전의 시스템보다 분명한 자극으로 장애물의 정보를 전달하는 시스템으로 개발한다. 또한 제안된 시스템은 햅틱피드백 지팡이의 실험 결과를 토대로 장애물 감지 및 피드백 기능을 보안하고, 특히 시각장애인에게 장애물과의 거리를 음성으로 전달한다.

Ⅱ. 관련 연구

본 논문에서는 시각장애인에게 적합한 시스템을 개발하기 위해 기존의 개발된 시각장애인의 보행을 보조하는 시스템들[3-7]을 분석하였다.

1. 촉각 및 청각을 이용한 이동보조 시스템

촉각 제시에 의한 시각장애인 보행안내에 관한 연구 [4]는 시각장애인 주변의 장애물 정보를 수집하여 처리하는 guide vehicle과 시각장애인에게 얻어진 3차원 장애물 위치 정보를 전달하는 촉각제시장치로 구성된다. guide vehicle은 초음파 센서로 장애물 지도를 형성하고, 촉각제시장치는 시각장애인에게 장애물 지도의 정보를 진동을 통해 배열 형태로 제공한다.

Sound Foresight사의 울트라케인 [5]은 기존에 시가장애인이 사용하는 것과 같이 지팡이 형태로 제작되어 부착된 초음파 센서가 장애물을 인식한다. 장애물의 정보는 지팡이 손잡이의 진동모터로 전달되어 시각장애인에게 장애물의 위치를 전달한다.

EYECANE [6]은 울트라케인과 같이 지팡이 형태로 제작되었으며, 카메라를 부착함으로써 시각장애인의 보행을 보조한다. EYECANE은 시각장애인의 현재 위치와 시각장애인 주변에 위치한 장애물의 방향, 장애물을 피하기 위한 방향을 감지하여 청각으로 시각장애인에게 알려준다. 특히 EYECANE은 시각장애인의 주변의 상황을 인지하고, 저장된 데이터를 통하여 안전한 경로를 시각장애인에게 전달한다.

2. 햅틱피드백 지팡이 [3]

이전의 시스템인 햅틱피드백 지팡이는 햅틱장치와 진동으로 시각장애인 주변에 위치한 장애물을 알려준다. 특히, 이전 시스템에서는 햅틱피드

백 지팡이를 가진 시각장애인이 가까이 가면 자동으로 도어락 시스템과 연결되어 통신으로 문을 개폐하는 기능을 수행한다.

이전 시스템의 햅틱장치는 서보모터와 단방향 햅틱스틱 장치로 구성되어 있다. 햅틱장치는 부착된 초음파 센서를 통하여 장애물을 감지하고 피드백을 생성하였다. 좌·우 방향에 장애물이 탐지되면, 서보모터는 장애물이 감지된 방향으로 25도 회전하면서 단방향 햅틱스틱 장치에 부착된 피드백 스틱을 같은 방향으로 밀어 시각장애인에게 장애물의 위치를 알려주었다. 하지만 이전 시스템의 장애물 위치 판단을 위한 햅틱장치 테스트 결과, 이전 시스템은 방향을 알려주는 자극이 너무 약하여 시각장애인에게 약한 자극만을 전달하였다.

제안된 시스템은 시각장애인이 평소에 사용하는 형태의 지팡이에 초음파 센서를 부착하여 장애물을 감지하고, 서보모터를 이용하여 기존보다 강한 강도의 촉각 자극을 줌으로써 좌·우·전방에 위치한 장애물의 방향을 알려준다. 또한, 제안된 시스템은 하단뿐만 아니라 지팡이 상단에도 초음파 센서를 부착하여 높이가 있는 장애물을 시각장애인에게 진동으로 알려줄 수 있다.

III. 촉각기반 보행 보조 시스템

제안된 시스템은 시각장애인 주변에 위치한 장애물을 감지하여 물리적 자극과 음성을 통해 시각장애인에게 알려준다. 그래서 시각장애인은 현재까지 본인이 익혀야만 지팡이를 사용할 수 있었던 촉탁법을 사용하지 않아도 장애물의 정보를 알 수 있다. 제안된 시스템은 시각장애인의 보행 보조를 위한 촉각기반 장애물 감지 모듈과 장애물 높이 인지 모듈, 그리고 장애물 회피를 위한 경로안내 알고리즘으로 구성된다. 또한 제안된 시스템은 지팡이 하단의 바닥과 맞닿는 부분에 휠을 달아서 부착된 모듈로 인한 무게의 부담을 줄이고 시각장애인에게 편리함을 제공한다. 그림 2는 제안된 시스템의 구조도를 나타낸다. 제안된 시스템은 마이크로컨트롤러(Arduino Pro Mini), Blutooth 통신모듈(RN42-I/RM), 서보모터(DGS-299), 진동센서(MC1027V), 5개의 초음파 센서(TSS639), 그리고 스마트 폰의 어플리케이션으로 구성된다.

시각장애인의 보행보조를 위한 촉각기반 장애물 감지 모듈은 시각 장애인의 보행을 보조하기 위한 첫 번째 시스템이다. 제안된 시스템은 지팡이 하단에 부착한 3개의 초음파 센서를 통해 지속적으로 주변의 장애물을 탐색한다. 3개의 초음파 센서는 후방을 제외한 좌·우·전방에 위치한 장애물을 각각 탐지한다. 제안된 시스템은 6인치(15.2cm) 내에 장애물이 잡히면, 장애물이 위치한 방향으로 지팡이의 손잡이에 부착된 서보모터가 회전한다. 제안된 시스템은 모터의 회전력으로 시각장애인의 엄지에 물리적 자극을 전달하여 시각장애인이 정확한 장애물의 위치를 감지하도록 한다.

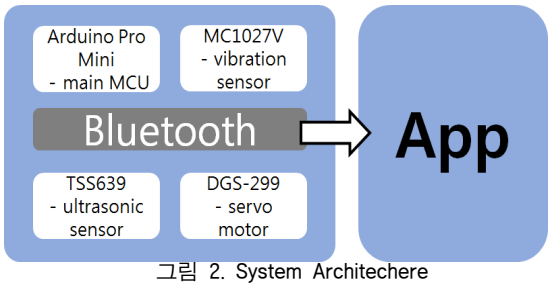

그림 2. System Architechere

장애물 높이 인지 모듈은 시각장애인의 보행을 보조하기 위한 두 번째 시스템이다. 제안된 높이 인지 모듈은 선형 배치된 3개의 초음파 센서(지팡이 하단의 전방 센서 외 2종)의 정보를 통해 장애물의 높이를 상·중·하 3단계로 구별한다. 제안된 높이 인지 모듈은 일정 간격을 두고 배치된 초음파 센서들의 값의 차이를 통해 시각장애인이 전방에 위치한 장애물의 높이를 인지할 수 있도록 돕는다. 제안된 높이 인지 모듈은 3개의 통합된 데이터를 토대로 진동 센서를 작동시켜서 높이가 있는 장애물의 위험을 알려준다.

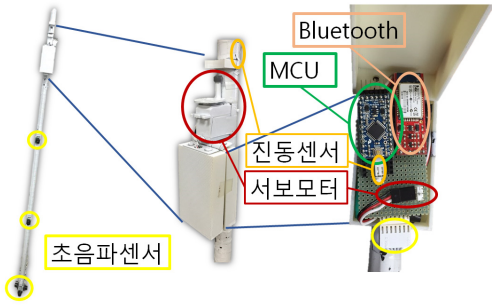

그림 3. 촉각 인터페이스 기반 시스템

마지막으로, 제안된 시스템은 장애물 회피를 위한 경로안내 알고리즘으로 구성된다. 경로안내 알고리즘은 시각장애인이 장애물을 정확히 피할 수 있도록 구체적인 거리 정보를 전달한다. 시각장애인은 촉각기반 장애물 감지 모듈로 인하여 장애물의 위치는 구별할 수 있으나 장애물과 시각장애인 사이의 거리는 정확하게 인지할 수 없다. 그래서 제안된 시스템은 어플리케이션을 이용하여 시각장애인에게 주변의 장애물과의 거리를 음성으로 전달한다. 제안된 시스템은 초음파 센서 값을 블루투스 통신을 통해 실시간으로 어플리케이션으로 전송한다. 경로안내 알고리즘은 전송 받은 값을 토대로 스마트 폰 음성으로 시각장애인에게 정보를 전달한다.

Ⅳ. 실험

본 실험에서는 이전 연구인 햅틱피드백 지팡이[3]와 촉각 전달 성능에 대하여 비교 분석하였다. 첫 번째 실험은 이전 시스템[3]과 동일한 실험 환경을 구성하여 실험하였다. 구성된 실험은 가로 600cm, 세로 117cm의 동일한 환경을 가진 장소에서 5개의 장애물과 3가지 타입으로 구성하였다. 장애물을 배치한 타입은 피실험자에게 사전에 공개하지 않고 진행하였다.

실험 과정은 다음과 같다.

① 각각의 장애물 타입과 출발지점, 도착지점의 위치를 모두 표시하고, 출발지점과 도착지점만 피실험자에게 알려준다.

② 안대를 착용한 비시장애인이 이전의 시스템과 제안된 시스템을 사용하여 출발지점에서 도착지점까지 장애물을 회피하며 보행하는 시간을 측정한다.

③ 위 과정을 10회 반복 수행하여 측정한 결과값의 평균을 구한다.

표 1. 타입별 이동시간 측정

	Previous System (sec)	Proposed System (sec)	Reduction Ratio (%)
Type A	13.97	10.57	24.34
Type B	14.32	11.82	17.46
Type C	15.05	12.91	14.22

실험 결과 (표 1), 이전 시스템과 제안된 시스템 모두 피실험자가 장애물에 방해받지 않고 보행하는데 성공하였으며, 제안된 시스템의 경우 이동시간이 평균적으로 약 19% 단축되었다.

표 2. 촉각 자극의 세기 측정

	Haptic Feedback	Proposed System	Increment Ratio(%)
압력자극 (0~1023)	420	870	107.2
전달자극 (0~254)	32	87	171.9

두 번째 실험은 이전 시스템의 햅틱 장치와 제안된 시스템의 촉각 인터페이스의 자극을 측정하였다. 표 2에서와 같이, 가해지는 압력에 따라 통과하는 전압이 변화하는 압력센서와 진동에 반응하여 전압을 발생시키는 피에조 센서를 이용하여 시각장애인이 느끼는 압력 자극과 전달 자극을 측정하였다. 실험 결과 (표 2), 제안된 시스템은 이전 시스템에서 조이스틱을 출력 장치로 사용하여 자극을 전달한 것과 달리, 약 10kg에 가까운 토크를 실현하는 촉각 인터페이스로 인하여 평균적으로 약 2.4배(압력 자극 107.2%, 전달 자극 171.9% 증가) 이상의 자극을 전달하였다.

모든 실험 결과, 제안된 시스템의 촉각 전달 성능이 이전 시스템에 비해 향상되었음을 알 수 있다. 따라서, 제안된 보행보조 시스템은 시각장애인이 장애물의 위치와 높이를 보다 강한 자극으로 인지하고, 장애물을 회피할 수 있게 한다.

Ⅴ. 결 론

본 논문에서는 촉각의 자극으로 장애물 위치를 파악하는 시각장애인용 보행보조 시스템을 제안하였다. 특히, 제안된 시스템은 기존의 햅틱피드백 지팡이 시스템을 비교 분석하여 시각장애인에게 정확한 장애물의 정보를 전달하였다. 또한, 제안된 시스템은 초음파 센서를 통하여 시각장애인의 하체 아래 부근에 위치한 대부분의 장애물을 감지하여 촉각기반의 장애물 감지 모듈로 시각장애인에게 분명한 장애물의 정보를 전달한다.

참고문헌

[1] 고용개발원, 2014 장애인 통계, 한국장애인고용공단 고용개발원, p49, 2014

[2] 김래현, 박세형, 이수용, 조현철, 하성도, 초음파 및 가속도 센서를 이용한 시각장애인용 보행보조 장치의 성능 개선, 정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용, pp.291-297, 2009

[3] 민성희, 정윤재, 오유수, 햅틱피드백 장치를 이용한 시각장애인 이동보조시스템, 대한임베디드공학회논문지, pp.157-164

[4] 윤명종, 유기호, 강정호, 촉각제시에 의한 시각장애인 보행안내에 관한 연구, 제어로봇시스템학회논문지, pp783-789, 2007

[5] 송지원, 양승호, 시각장애인의 지팡이를 이용한 실내 보행에 대한 연구, 디지털디자인학회, Vol.10, No.1, pp.332-340, 2010

[6] 황지혜, 지영광, 김경태, 김은이, EYECANE : 시각 장애인을 위한 지능형 상황 인식기, 한국정보과학회, pp.398-402, 2013

[7] 송지원, 양승호, 시각장애인의 지팡이를 이용한 실내 보행에 대한 연구, 한국디지털디자인학회, pp.331-340, 2010