J. of the Korean Sensors Society
Vol. 16, No. 4 (2007) pp. 286 – 293

시각장애인을 위한 보행보조 로봇의 개발

강정호† · 김창걸* · 이승하** · 송병섭*

Development of walking assistance robot for the blind

Jeong-Ho Kang†, Chang-Geol Kim*, Seung-ha Lee, and Byung-Seop Song***

Abstract

For safe walking of the people who are blind, walking assistance robot which can detecting and avoiding the obstacle was investigated. The implemented prototype walking assistance robot consists of a obstacle detecting module, a user interface using acoustic signal and a driving module. The obstacle detecting module uses 6 ultrasonic sensors those located at the front part of the robot can perceive the obstacle which is in 3 meter distances and 180 ° degrees. It calculates the distance and degree from the obstacle using TOF (time of flight) method and decides the 3-dimensional location of the obstacle. The obstacle information is delivered to the user using acoustic alarm and guide sound. The robot is designed to avoid by itself when the obstacle is detecting and the user only follows it to safe walking. After the designed robot was implemented, driving and obstacle detecting experiments were carried out. The result showed that the designed walking assistance robot will help the people who are blind to walk around safe.

Key Words : walking assistance robot, ultrasonic sensor, the blind, Rehabilitation

1. 서 론

현재 국내에 등록된 시각장애인은 약 20만 명에 이르고 있으며, 미국의 경우 2백만 명 이상의 시각장애인이 있는 것으로 보고되고 있고 그 숫자는 계속 늘어나고 있는 추세이다[1,2]. 시각장애를 가지는 사람의 90 % 이상은 사고 등 후천적인 요인으로 시력을 잃었기 때문에 앞을 볼 수 있을 때의 보행에 익숙해져 있어서 이동시 선천적 시각장애인보다 더욱 큰 불편을 겪게 되며, 이에 적응하기 위해서는 상당기간의 훈련이 필요하다. 현재 대부분의 시각장애인들은 이동을 할 때 보행에 도움을 주기위한 보조도구로 흰지팡이를 사용하고 있으며 일부분의 사람들은 맹인 인도견을 이용하기도 한다. 흰지팡이를 이용하는 경우 도로의 장애물을 감지하거나 요철, 구멍 또는 보행에 위험이 되는 도로의 상태를 알 수 있다. 그러나 약 1.5 m이내의 거리에 대해서만 도로의 여건을 간접적으로 알 수 있고, 알아낼 수 있는 정보도 극히 제한적이며 특히 허리이상의 높이에 있는 나뭇가지나 간판 등의 장애물이 도로에 있는 경우에는 흰지팡이로 알 수가 없어 부딪히는 경우가 허다하다. 또한 후천적 시각장애인의 경우 흰지팡이를 이용한 보행을 위해 오랜 기간의 훈련이 필요하고 이에 적응하였다 하더라도 보행의 염려 때문에 익숙하지 않은 길에서는 상당한 부담을 가지고 보행하거나 아예 이동을 포기하는 경우도 있다. 맹인 인도견은 살아있는 동물이기 때문에 능동적이어서 시각장애인에게 큰 도움이 된다. 하지만 훈련을 시키는데 오랜 시간과 비용이 들고, 수명으로 인하여 5년 정도밖에 활용할 수 없으며 살아있는 생물에 대한 적응이 어려워 미국의 경우에도 1 % 미만의 시각장애인이 이용하고 있다[3]. 국내의 경우에는 맹인 인도견은 수천만 원을 호가할 정도로 매우 고가여서 일반 시각장애인이 구입하기에는 너무나 큰 부담이 있다. 더구나 국내에서는 맹인 인도견을 판매하는 기관이 없고, 대부분 사회복지기관 등에서 기증하는 형태로만 보급되기 때문에 시각장애인이 이용하기에는 너무나 큰 애로점이 있다.

Hoya Robot Co. ((주) 호야로봇)
*Department of Rehabilitation Science & Technology, Daegu University (대구대학교 재활과학대학 재활공학과)
**Department of Biomedical Engineering, Dankook University (단국대학교 의공학교실)
†Corresponding author: bssong@daegu.ac.kr
(Received : May 21, 2007, Accepted : May 30, 2007)

한편, 1970년대 이후 레이다와 초음파 기술을 이용하여 시각장애인의 보행을 보조할 수 있는 다양한 보조기기가 개발되었다. 이러한 시각장애인용 보행보조기기는 전자이동보조기(electronic travel aids, ETA)라고 하는데 C5 Laser Cane, Mowat Sensor, Sonicguide 등 휴대형 기기가 있고 GuideCane, Meldog 등과 같이 모터를 이용하여 스스로 움직일 수 있도록 하는 형태가 있다[4-6]. 휴대용 기기는 대부분 초음파 또는 레이져를 발사한 후 그 반사파를 획득하여 신호처리 함으로써 장애물을 감지하고 거리 및 방향을 소리 또는 진동을 통해 사용자에게 전달해 준다. 이 기기의 경우 휴대물을 감지하는 기능만 포함되어 있기 때문에 그 효용성이 크지 않고 흰지팡이에 익숙해져 있는 시각장애인이 적응하기 힘들기 때문에 그 사용이 많지 않은 상태이다[7-9].

그리고 이동식인 경우에는 초음파 등을 이용하여 장애물을 감지하는 방식은 같지만 전기모터와 제어기를 장착하여 스스로 이동할 수 있도록 한 것이 특징이다. 2000년 일본기계연구소에서 개발된 Meldog의 경우에는 지면에 신호를 발생시키는 유도선을 깔고 로봇이 그 경로를 따라가면서 뒤에 오는 시각장애인을 유도하는 기능을 가진다. 이 이동 로봇은 매우 큰 용량의 메모리 안에 도시 지도를 넣고 있으면서 센서를 이용하여 신호기, 표지물, 교차로, 차량 등을 파악할 수 있다. Meldog은 사용자가 걷는 속도와 보조를 맞출 수 있으며, 위험한 상황이나 길을 건너고 좌우로 이동하는 등의 상황에서 실제 개와 같이 짖는 소리를 내기도 한다[10,11]. 그러나 로봇의 동작 범위는 한정된 도시 지형에 국한된다. 또한 이 장치는 인간이 주가 되지 않고 로봇에게 의존해야 하고 비용이 많이 드는 단점이 있다. 1997년 미국의 University of Michigan에서 소개된 GuideCane은 독립적으로 회전이 가능한 두 개의 바퀴가 달려 있는 조향축(steering axis) 위에 초음파 센서를 설치하고 이를 지팡이(cane)에 연결한 형태이다[2,3]. 초음파 센서(10개, 120° 감지)로써 장애물을 감지하고, 그 정보를 바탕으로 조향축을 회전시켜 사용자가 가야할 경로의 방향을 제공한다. 이 장치는 사람이 밀고 가기 때문에 사용자가 익숙한 길이면 사용자의 결정에 따라 이동할 수 있지만 사용자가 익숙하지 못한 환경에서는 효과적이지 못한 단점을 가지고 있다. 한편 국내에서도 건물 내부에서 장애물을 회피하면서 시각장애인을 안내하는 시각장애인용 맹도견 로봇이 연구된 바 있으나 이의 실제 활용에 대해서는 보고된 바 없다.

본 논문에서는 초음파 센서를 이용하여 사용자의 이동방향에 존재하는 장애물을 3차원 공간적으로 감지하면서 스스로 이동할 수 있는 시각장애인용 안내 로봇을 설계, 제작하였다. 제작된 보행 보조로봇은 가로 5개, 세로 2개의 초음파 송수신 센서를 이용하여 전방 180°, 3 m 거리 이내에 위치하는 장애물을 3차원적으로 감지하고 이의 거리, 높이 및 각도를 계산하여 이를 스스로 피해나가며, 소리신호를 이용하여 알람의 형태로 장애물의 유무 및 3차원 위치를 경고하고, 음성합성장치를 이용하여 사용자에게 장애물을 인식하도록 하고 보행을 안내할 수 있도록 설계하였다. 이를 통하여 시각장애인은 안내 로봇을 따라 가기만 하면 안전하게 이동을 할 수 있도록 하였다.

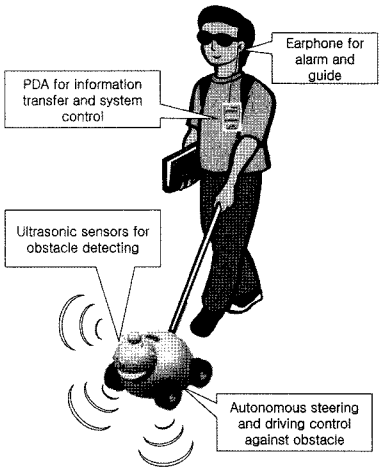


그림 1. 시각장애인을 위한 보행보조로봇의 개념도
Fig. 1. Schematic diagram of the walking guide robot for the blind.

2. 기본적인 보행보조로봇의 구성

시각장애인용 보행보조로봇은 스스로 움직이는 전동로봇과 장애물 감지기 그리고 장애물신호를 사용자에게 전달해 주는 사용자 인터페이스로 구성된다. 그림 1에서와 같이 앞쪽에 배치된 6개의 초음파센서를 이용하여 장애물을 감지한 후 이를 제어기로 전달한다. 장애물 정보를 획득한 제어기는 장애물의 위치, 높이 등을 계산한 후 무선 통신을 이용하여 사용자의 PDA에 장애물 정보를 전달하며 동시에 모터를 구동하고 장애물 회피 알고리즘을 이용하여 장애물을 피해 나갈 수 있도록 한다. PDA에서는 장애물 정보에 따라 경고음을 발생시켜 사용자에게 장애물에 대한 정보를 전달하도록 하며 음성합성장치를 이용하여 음성을 통해 시각장애인을 안내할 수 있도록 고려하였다. 그림 2에서는 시각장애인용 보행보조로봇의 신호전달 체계를 블록도

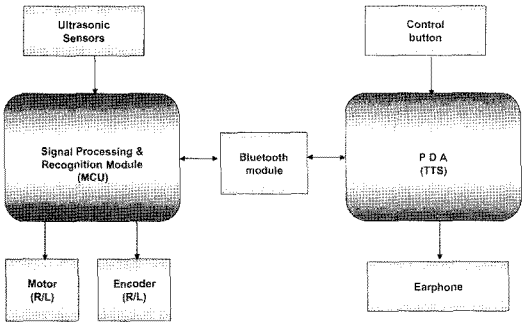


그림 2. 시각장애인용 보행보조로봇의 블럭도
Fig. 2. Block diagram of walking guide aid.

로 나타내었다.

3. 장애물 감지기의 설계

3.1. 장애물 감지 영역의 설정 및 센서의 배치

장애물 감지를 위한 영역을 먼저 설정하였다. 보통 시각장애인은 초당 1.2 m 정도의 속도로 걸음을 걷기 때문에[3] 신호처리와 이를 전달하고 또한 이를 인지하는 과정에서 1초 정도의 시간지연을 가정하고, 장애물을 최소한 1 m 이전에 사용자가 인식할 수 있도록 가정하였다. 그러므로 보행하는 사람의 전방에 대하여 약 3 m 전방이내에 있는 장애물을 측정한다고 가정하고 보행보조로봇이 사용자보다 1 m정도 앞에서 운행되므로 로봇에서의 장애물 감지 거리를 2 m로 설정하였다.

그리고 좌우방향의 경우 좌, 우측면에서의 장애물 또한 감지하여야 하기 때문에 감지각도를 180° 설정하였고 상하의 높이에 대해서는 사용자의 키를 고려하여 최대 2 m 높이까지의 장애물을 감지 할 수 있도록 설정하였다.

보행을 하는데 있어서 장애물까지의 거리와 함께 위치가 매우 중요하지만 정확한 위치와 거리의 전달은 사용자에게 혼돈을 가져올 우려가 있다. 그래서 보행보조로봇이 감지하는 영역을 가로 5개, 세로 2개 등 총 10개의 영역으로 나누어 그 장애물이 위치한 영역과 거리만을 사용자에게 전달하도록 고려하였다. 그리고 장애물의 위치를 프로그램 메모리에 저장하도록 하여 보행 시 나타나는 장애물의 지도를 알 수 있도록 하였다. 이는 지나간 길에 대한 정보로 기억되어 차후 사용자에게 제공될 수 있어 다음에 같은 거리를 보행할 때 참고할 수 있다.

본 연구에서 사용된 시각장애인용 보행보조로봇에 사용된 초음파센서는 DAS사의 UM2이다. 이는 송/수신을 한꺼번에 할 수 있는 일체형 모듈로서 사용유효

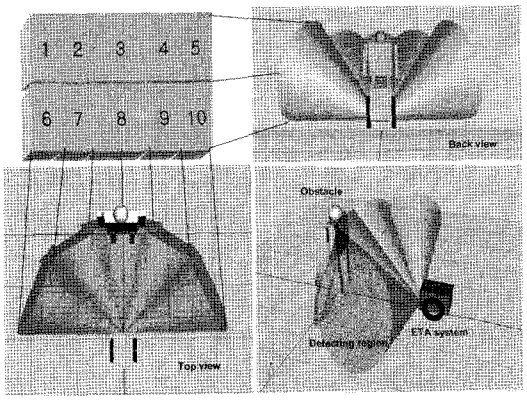


그림 3. 보행보조로봇의 감지영역
Fig. 3. Sensing area of the guide robot.

감지각도가 45°, 감지거리는 2 m이다. 180° 감지각도를 가지기 위해서는 4개의 센서가 필요하지만 주행상태에 따라 사각지대가 발생할 수 있으므로 조금씩 겹치도록 고려하여 5개의 센서를 가로로 배치하도록 하였다. 또한 상하의 높이를 계산하기 위하여 위쪽에도 하나의 센서를 배치하였다. 이와 같은 과정을 거쳐 설정된 보행보조로봇이 측정할 수 있는 영역을 그림 3에 나타내었다.

3.2. 장애물 위치 파악

장애물과 로봇의 거리는 음파비행시간(Time of Flight, TOF)을 계산하여 구할 수 있다. 즉, 공기중에서의 음파의 전파속도가 일정하기 때문에 초음파 신호를 발사한 후, 목표물에 반사되어 돌아올 때까지 걸리는 시간을 측정하면 이를 이용하여 거리를 계산할 수 있다[12-15]. 한편 송/수신 일체형 모듈의 경우 초음파를 발생시키면 여진이 발생하는데 이 여진이 있을 동안에는 수신을 못하게 된다. 초음파를 발생시킨 후 되돌아오는 시간을 고려할 때 여신시간인 1 ms 동안의 절반의 거리인 17 cm의 거리는 수신을 할 수가 없다. 그러므로 장애물 감지기의 측정영역은 17 cm에서 2 m까지이다. 장애물로부터 반사된 신호는 복수개의 수신센서가 받을 수 있기 때문에 각 센서에 장애물간의 거리를 음파비행시간을 계산하여 모두 알 수 있다. 또한 초음파센서간의 거리가 일정하다고 가정한 후 알고 있는 센서들에서 장애물간의 거리를 이용하면 로봇과 장애물간의 각도를 식 (1)에 의해서 계산할 수 있다.

$$\theta = sin^{-1}\left(\frac{r_2^2 - r_1^2}{8sr}\right) \quad (1)$$

이 때 θ는 초음파 센서의 중심축과 장애물간의 각도,

표 1. 장애물의 위치에 따른 클릭음의 변화
Table 1. The variation of click sound from the location of obstacle

장애물 위치		좌측 (1, 6)	좌중 (2, 7)	중간 (3, 8)	우중 (4,9)	우측 (5, 10)
좌우 이어폰 소리크기	좌측	50 dB	50 dB	50 dB	45 dB	0 dB
	우측	0 dB	45 dB	50 dB	50 dB	50 dB
장애물 거리		1 m 이내			1 m 이상	
클릭음 주파수		1 kHz			500 Hz	
장애물 높이		1 m 이내			1 m 이상	
소리 간극		0.5 sec			0.2 sec	

r은 중심 초음파 센서와 장애물간의 거리, r_1은 좌측 초음파 센서와 장애물간의 거리, r_2는 우측 초음파 센서와 장애물간의 거리, 그리고 s는 초음파센서간의 거리이다[16].

이와 같은 과정을 거쳐 초음파센서를 이용하여 장애물이 있는 곳의 3차원 공간에서의 거리와 각도를 측정할 수 있으며 이를 그림 3의 영역에 표시하게 된다. 제어기는 이 정보를 무선통신을 이용하여 사용자의 PDA에 전달하게 된다.

4. 사용자 인터페이스의 설계

초음파 감지기를 이용하여 감지된 장애물 정보는 블루투스(Bluetooth) 송수신기를 통하여 PDA에 전달되며 PDA는 이를 이용하여 장애물에 대한 알람신호와 안내신호를 생성시켜 이어폰을 통해 사용자에게 전달한다. 이 때 장애물 정보는 기억장치에 저장하도록 차후에 이를 사용자가 이용할 수 있도록 제공한다. 그러므로 사용자는 보행보조로봇이 측정한 장애물의 위치가 그림 3에 나타낸 어느 영역에 있는지를 알 수 있게 된다. 장애물 감지기에서 측정한 장애물에 대한 정확한 위치와 각도를 알릴 수도 있으나 소리신호를 인터페이스 방법으로 사용하기 때문에 너무 자세한 정보는 사용자에게 혼란을 일으킬 가능성이 있다. 그러므로 보행보조로봇은 단순히 장애물이 있는 방향의 영역과 거리만을 전달하도록 고려하였다. 그러므로 사용자는 장애물이 있는 영역과 거리만을 알람신호를 알 수 있다. 다만 음성합성장치(text-to-speech) 프로그램을 이용하여 사용자에게 장애물 정보에 대한 음성안내를 제공하며 장애물을 피해 갈 수 있도록 안내를 하여 이를 보완할 수 있도록 고려하였다.

4.1. 알람신호

알람신호는 클릭음을 사용하였는데 클릭음의 주파수, 스테레오 소리의 크기 그리고 클릭음의 발생간격을 가변시켜 장애물의 위치를 알릴 수 있도록 고려하였다. 먼저 장애물과의 거리에 따라 주파수를 변화하도록 하였다. 1 m를 기준으로 더 먼 곳에 있으면 500 Hz, 가까이에 있으면 1 kHz의 신호를 발생시키도록 하였다. 이는 높은 주파수에 대하여 더욱 예민한 반응을 보이는 특성을 이용하여 가까운 장애물에 대하여 사용자가 더욱 쉽게 인지를 할 수 있도록 하기 위한 것이다. 장애물의 방향을 나타내기 위하여 스테레오 방식을 사용하였는데, 장애물 방향에 따라 좌, 우 이어폰에 각기 다른 크기의 소리를 발생하도록 하여 소리신호를 듣고 소리가 크게 들리는 쪽에 장애물이 있음을 인지하도록 하였다. 그리고 장애물의 높이에 따라 소리신호의 간극을 조정하였는데 장애물의 위치가 높을수록 클릭음의 간극이 짧아지도록 고려하여 쉽게 장애물의 높이를 알 수 있도록 고려하였다. 표 1에 물체의 위치에 따른 클릭음의 주파수, 소리크기 및 간극의 변화를 표로 나타

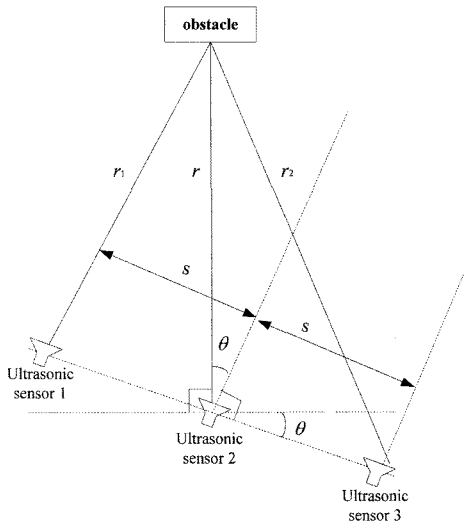


그림 4. 초음파 센서의 반사파를 이용한 장애물 거리 및 각도
Fig. 4. Distance and angle between ultrasonic sensors and obstacle.

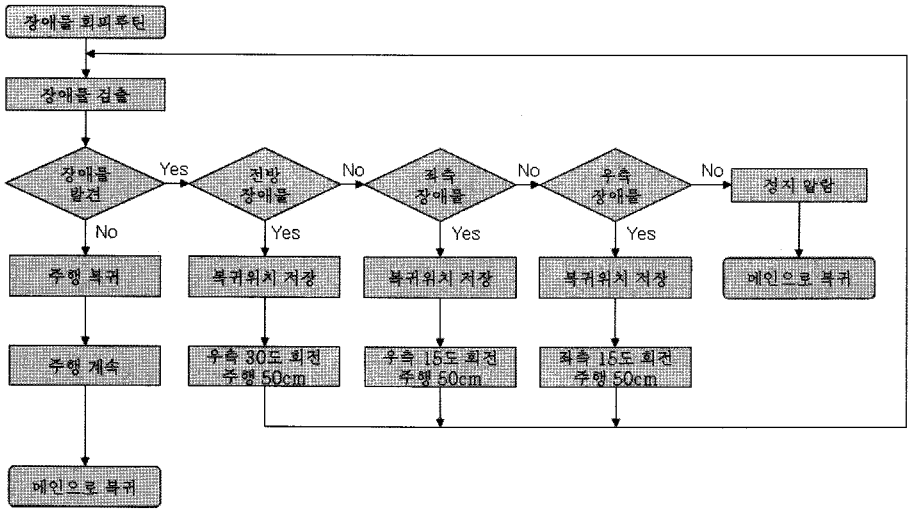


그림 5. 장애물 회피 알고리즘
Fig. 5. The Algorithm of avoiding the obstacles.

내었다. 표에서 장애물 위치의 숫자는 그림 3에서 나타낸 것과 같이 장애물 감지 영역을 숫자로 표시하는 것이다.

4.2. 안내신호

사용자의 PDA에 음성합성 프로그램을 설치하여 음성으로 안내를 할 수 있도록 하였다. 이는 클릭음이 발생된 이후에 제공되므로 시간적으로 지연이 있게 되지만 장애인이 쉽게 이해할 수 있는 음성신호를 사용하기 때문에 인지도가 높아질 것으로 기대한다. 사용된 음성합성 프로그램은 국내의 음성합성 회사인 HCI-LAB에서 판매하는 것으로 300 MB의 메모리 용량을 가지는 Power TTS-Embedded 모델이다. 음성합성 프로그램은 장애물 정보를 이용하여 장애물의 위치, 주의 그리고 안내 음성을 발생시킨다. 만약 전방에 장애물이 있다면 "전방 00 m에 장애물이 있습니다", "주의하시기 바랍니다", "좌측으로 돌아가세요"와 같은 음성 메시지를 발생시켜 전달하도록 설정하였다.

5. 장애물 회피 알고리즘의 설계

보행보조로봇의 주행 시 전방에 장애물이 있을 경우 스스로 이를 피해갈 수 있도록 설계하였다. 장애물 회피 알고리즘은 그림 5에 나타내었다. 알고리즘에서 알 수 있듯이 로봇의 진행방향에 대하여 전방 및 좌, 우측의 장애물 감지를 수행하고 있다가, 장애물이 감지되면 그 위치가 전방, 좌측, 우측에 따라서 회피하는 방법이 달라진다. 전방에 장애물이 발견된 경우 주행복귀를 위하여 현재 위치를 저장하고, 우측으로 30도 회전과 50 cm의 주행을 실시한 후 재 검출을 수행한다. 검출되지 않으면 주행 복귀 위치로 방향만 반대로 좌측 30도 회전 후 직진 50 cm, 좌측 30도 회전 후 50 cm 직진, 우측 30도 회전으로 진행위치 복귀를 한다. 만약 재 검출 실시 후에 장애물이 나타나면 다시 장애물의 위치에 따라서 회전 및 주행을 한 후 역순으로 주행 위치에 복귀하도록 한다. 장애물의 검출 신호는 인지되었으나, 방향을 감지하지 못 할 경우에는 정지 알람과 사용자의 조치를 취하도록 알람 및 정미, 복귀 루틴을 예외처리를 위하여 설계하였다.

6. 보행보조로봇의 제작 및 실험

6.1. 보행보조로봇의 제작

설계를 바탕으로 보행보조로봇을 직접 제작한 후 장애물 측정 및 보행실험을 실시하였다. 먼저 프레임을 제작한 후 직류 모터 2개(1/50 감속비, 1.2 kg-cm 정격토크, 93 rpm정격회전수)를 프레임의 좌, 우측에 배치한 후 프레임 위쪽에 충전식 배터리를 배치하였다. 그리고 배터리 윗부분에 앞쪽방향으로 5개, 윗부분에 1개의 초음파 센서를 배치하였다. 배터리는 M-USP-D1 모델을 사용하였는데 이는 12 V의 전압으로 7 AH의 고용량을 가지는 충전형 배터리이다. 외형은 설계 프로그램인 Catia로 설계한 후 R. P.(rapid prototype)를 이용하여 제작하였다. 장애물감지기의 제어와 PDA와의 통신을 위해 1개의 AVR(MEGA128) 마이크로프로세서를 사용하였으며, C 언어를 이용하여 PDA의 제어프

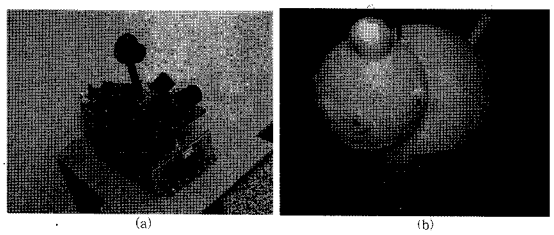


그림 6. 제작된 보행보조로봇의 (a) 내부 및 (b) 외형
Fig. 6. (a) inside and (b) outside view of the implemented walking guide robot.

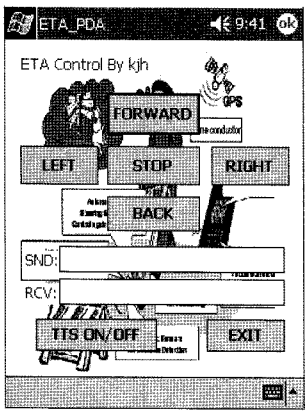


그림 7. PDA의 구동 화면
Fig. 7. PDA's screen for driving.

로그램을 설계하였고, ED101 블루투스 모듈을 이용하여 통신이 가능하도록 설계하였다. 그림 5에 제작된 보행보조로봇의 내부 모습과 외부모습을 나타내었다.

6.2. 로봇 구동 실험

로봇은 PDA와 블루투스 통신을 하면서 장애물 정보의 전달을 수행하고, 또한 사용자의 구동 명령을 전달받는다. 로봇에 장착된 초음파 센서를 통하여 진행 중에 장애물이 검출되면 PDA에서 장애물의 거리와 방향을 전달받아서 위치에 대한 경고음을 표 1과 같이 사용자에게 들려주고, 자동 회피 모드에서는 그림 5의 알고리즘에 의하여 장애물 회피를 수행한다. 제작된 보행보조 로봇의 진행은 전진모드에서 초음파 센서에 의해서 장애물 검출을 수행하면서 이루어진다.

6.3. 장애물 감지 실험

제작된 보행보조 로봇의 장애물 감지 실험을 수행하였다. 먼저 거리 측정 실험과 좌우각도 측정실험 및 상하 각도 측정실험을 수행하였다. 각각의 실험의 결과는 그림 8에 나타난 바와 같다. 전체적으로 측정 오차는 5 % 이하로서 보행 보조 기기로서의 성능에는 충분하다고 판단된다. 특히 상하 각도 측정실험에서는 전체적으로 오차가 약 3도 이하로 나타났다. 거리측정에서는 오차가 5 cm 이하로, 좌우각도 측정실험에서는 오차가 4도 이하로 나타나 전체적으로 로봇의 장애물 감지 특성은 우수한 것으로 나타났다.

7. 토 론

본 연구에서 제시된 보행보조로봇은 주행 실험과 장애물 감지 실험을 통해 그 성능을 확인하였다. 하지만 이것을 실제 시각장애인이 사용하기 위해서는 좀 더 개선하여야할 사항들이 있다. 첫번째는 로봇의 위치를 확인하는 것인데 이는 최근 그 사용이 급증하고 있는 GPS를 이용한 네비게이션(navigation)을 적용함으로써 해결될 수 있다. 현재 본 연구팀에서는 GPS를 이용한 위치확인이 가능하도록 시스템을 구축하고 있다. 하지

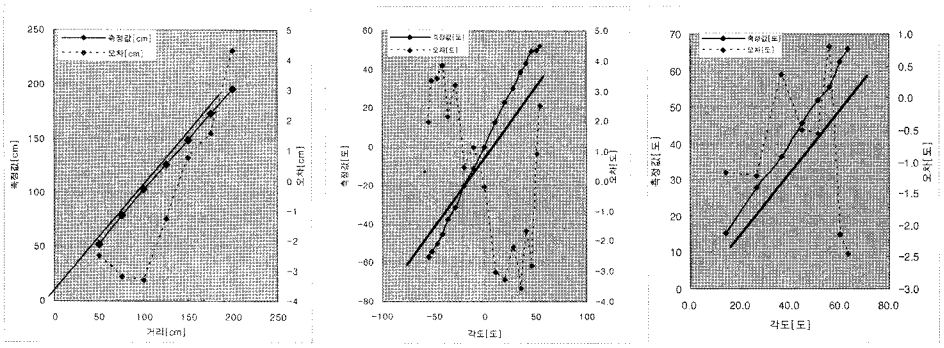


그림 8. 장애물 감지 특성 실험 결과 (a) 거리(b) 좌우각도 (c) 상하각도
Fig. 8. Results of detecting obstacles (a) distance (b) horizontal angle (c) vertical angle.

만 이를 위해서는 보행을 위한 자세한 지도 정보가 필요하지만 현재 사용하고 있는 지도정보는 대부분 차량용이어서 보행을 위한 지도로는 적합하지 않다. 그러므로 보행을 위한 지도정보가 구축된 다면 어렵지 않게 GPS를 이용한 네비게이션이 가능할 것으로 보인다. 두 번째로는 보행보조로봇의 성능개선이다. 대부분의 시각장애인들은 흰 지팡이를 사용하면서 전방의 장애물을 감지하지만 주변의 소리에 크게 의존하면서 보행을 하게 된다. 이는 보행이 단순히 목적지로 진행한다는 개념이 아니라 주변의 모든 정보를 통하여 주변의 환경을 인지하고 여기에 보행 환경을 맞추어 나가는 것이기 때문이다. 하지만 보행보조로봇은 단순히 장애물만 인지하여 이를 피해가기 때문에 완벽한 안내가 되기에는 한계가 있다. 그러므로 초음파를 통한 장애물 인지 뿐만 아니라 주변의 환경을 파악하는 기능이 있어야 시각 장애인들에게 도움이 될 것으로 보인다. 마지막으로는 시각장애인들의 로봇에 대한 신뢰성이다. 시각장애인들은 사물을 눈으로 볼 수 없기 때문에 모든 것을 자신들의 상상에 의존하여 생활하게 된다. 비장애인의 입장에서 개발한 제품이 제대로 사용되기 위해서는 시각장애인들의 요구를 충분히 반영하여 신뢰성을 만족시켜야 할 것이다. 이를 위해 본 연구진은 제작된 prototype 제품을 이용하여 반복적인 적응훈련을 수행하고 있다. 여기서 시각장애인들의 개선사항을 수렴하여 이를 활용한 개선이 될 수 있도록 노력하고 있다.

8. 결 론

본 논문에서는 시각장애인들의 보행을 돕기 위해 스스로 장애물을 감지하고 이를 피해 나갈 수 있는 보행보조로봇을 설계, 제작하였다. 제작된 보행보조로봇은 초음파 송수신을 통하여 장애물을 인지하고 이의 거리, 각도 및 높이를 계산한 후 이를 사용자에게 전달함으로써 안전한 보행이 될 수 있도록 설계되었다. 그리고 청각을 이용하여 장애물에 대한 정보를 사용자가 쉽게 인지할 수 있도록 전달하며 안내 음성을 제공함으로써 시각장애인이 편리하고 안전하게 보행을 할 수 있도록 하였다. 제작된 보행보조로봇을 이용하여 주행실험과 장애물 감지 실험을 실시함으로써 성능을 확인하였고 시각장애인이 제작된 로봇을 따라가기만 하면 될 수 있음을 확인하였다. 그러므로 이 연구를 통하여 제작된 보행보조로봇은 향 후 앞을 볼 수 없어 이동에 큰 불편을 느끼는 시각장애인의 생활에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업의 지원(과제고유번호:02-PJ3-PG6-EV10-0001)에 의하여 이루어진 것임. 또한 이 연구는 2007년도 제 2 단계 두뇌한국 21사업에 의하여 지원되었음.

참고 문헌

[1] 보건복지부 장애인 정책팀, 장애인 등록현황, 2007.
[2] S. Shoval, I. Ulrich, and J. Borenstein, "Robotics-based obstacle-avoidance systems for the blind and visually impaired. Navbelt and the guidecane", *IEEE Robotics & Automation Magazine.* pp. 9-20, 2003.
[3] S. Shoval, I. Ulrich, and J. Borenstein, "The Navbelt-A computerized travel aid for the blind based on mobile robotics technology", *IEEE Transac. Biomedical Eng.,* vol. 45, no. 11, pp. 1376-1386, 1998.
[4] Renato L. M. de Acevedo, "Electronic device for the blind", *IEEE AES Systems Megazine.* pp. 4-7, 1999.
[5] J. Brabyn, W. Gerrey, T. Fowle, A. Aiden, and J. Williams, "Some practical vocational aids for the blind", *Proc. of 11th Annual International Conference of IEEE Engineering in Medicine & Biology Society,* pp. 1502-1503, 1989.
[6] J. Borenstein and Y. Koren, "The vector field histogram-fast obstacle-avoidance for mobile robots", *IEEE J. Robot. Autumat.*, vol. 11, pp. 132-138, 1991.
[7] M. Shinohara, Y. Shimizu, and A. Mochizuki, "Three-dimensional tactile display for the blind", *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering.* vol. 6, no. 3, pp. 249-256, 1998.
[8] A. J. Rentschler, R. A. Cooper, B. Blasch, and M. L. Boninger, "Intelligent walkers for the elderly: Performance and safety testing of VA-PAMAID robotic walker", *Journal of Rehabilitation Research and Development,* vol. 40, no. 5, pp. 423-432, 2003.
[9] C. A. Avizzano, S. Marcheschi, M. Angerilli, and M. Fontana, M. Bergamasco, "A multi-finger haptic interface for visually impaired people", *Proceedings of the 2003 international Workshop on Robot and Human Interactive Communication,* Califonia, USA, pp. 165-170, 2003.
[10] Tachi, K. Komorya, K. Tanie, T. Ohno, and M. Abe, "Guide dog robot-feasibility experiments with mel-

dog mark III", *Proc. 11th Int. Symp. Industrial Robots.* pp. 95-102, 1981.

[11] Tachi S, Tanie K, Komoriya K, and Abe M. Electrocutaneous communication in a guide dog robot (MELDOG). *IEEE Trans. Biomed. Eng.* Jul, vol. 32, no. 7, pp. 461-9, 1985.

[12] 도용태, 문창수, "초음파 센서와 카메라를 이용한 거리측정 시스템 설계", 센서학회지, 제14권, 제2호, pp. 116-124, 2005.

[13] D. Marioli *et al.*, "Ultrasonic distance measurement for linear and angular position contril", *IEEE Trans. Instrumentation and Measurement.* vol. 37, no. 4, pp. 578-581, 1988.

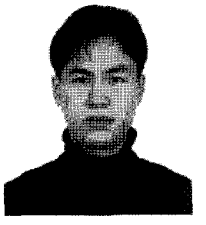
[14] 도용태, 김태호, 유석환, "초음파 거리 센서의 계측오차 감소를 위한 연구", 전자공학회논문지 제34권, S편 제11호, pp. 1219-1228, 1997.

[15] 도용태, "다중 센서의 사용에 의한 계측의 불확실성 감소 기법", 센서학회지, 제4권, 제4호, pp. 47-54, 1995.

[16] 이만희, 조황, "초음파 센서를 이용한 실내 환경 실시간 계측 모델", 통신학회 논문지, 제30권, 제6A호, pp. 481-487, 2006.

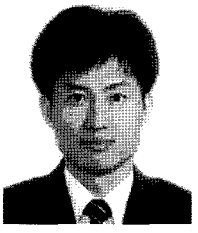
강 정 호

- 1994년 경북대학교 전기공학과(공학사)
- 1996년 경북대학교 대학원 전기공학과 (공학석사)
- 2001년 경북대학교 대학원 전기공학과 (공학박사)
- 현재 (주)호야로봇 대표
- 주관심분야 : 교육용 로봇, 지능형 서비스 로봇, 비전시스템



김 창 걸

- 2007년 2월 대구대학교 재활공학과 (이학사)
- 현재 대구대학교 대학원 재활과학과 석사과정
- 주관심 분야 : 재활공학, 보조공학



이 승 하

- 1988년 경북대학교 전자공학과(공학사)
- 1990년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)
- 1995년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)
- 2005년~현재 단국대학교 의과대학 의공학교실 조교수
- 주관심분야 : 의공학시스템, 자동화시스템, 지능제어시스템

송 병 섭

- 1994년 경북대학교 전자공학과(공학사)
- 1997년 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2002년 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 2003년 첨단감각기능회복장치 연구소 연구교수
- 현재 대구대학교 재활과학대학 재활공학과 조교수
- 주관심분야 : 의용전자, 재활공학, 시각장애인 안내시스템, 인공청각시스템