

# 시각장애인 안내 시스템을 위한 복수 초음파센서 동시 조사에 의한 장애물 검색

김창걸, 송병섭

대구대학교 재활과학대학 재활공학과

## Object Search Using Synchronous Ultrasonic Wave Emission for the Blind Guide system

Chang-Geol Kim, Byung-Seop Song

Dept. of Rehabilitation Science & Technology, Daegu University

(Received July 21, 2008. Accepted September 18, 2008)

### Abstract

For use in the guide system for the people who are visually impaired, an obstacle searching device using synchronous ultrasonic wave emission was proposed and developed. Generally, the conventional obstacle detection methods use the ultrasonic distance measuring device with successive scan method. However, the scan method causes a theoretical error and it couldn't estimate accurate obstacle distances. The proposed synchronous firing method use the plural number of ultrasonic sensors which emit ultrasonic wave simultaneously and estimate the distance to the closest obstacle relatively accurately. We analytically analyzed the errors of the conventional and proposed methods and compared the quantitative differences of the errors. The differences verified by obstacle search experiments. Using the proposed ultrasonic wave synchronous firing method, 3 dimensional obstacle location estimating device was designed and implemented. The results of the 3 dimensional obstacle detecting experiments showed the proposed method had good performances and it would be sufficiently use in the guide system for the people who are visually impaired.

**Key words :** guide system, ultrasonic detection, the blind, assistive technology

## 1. 서론

대부분의 시각장애인은 이동시 보행에 대한 어려움이 있어 이를 보완하기 위해 흰지팡이를 사용하거나 안내견의 도움을 받게 된다. 하지만 흰지팡이의 경우 약 1.5m이내의 거리에 대해서만 보행하는 도로의 제한적인 여건을 알 수 있기 때문에 성능상의 한계가 있고 허리이상의 높이에 있는 물체의 존재유무에 대해서는 알기 힘들다. 질병 또는 사고 등의 이유로 시각장애를 가진 장애인들의 경우에는 흰지팡이를 사용한 보행을 위해 오랜 시간의 훈련이 필요하게 되고, 어느 정도 보행에 익숙해 졌다고 하더라도 낮선 길에서는 항상 큰 심리적 부담을 가지고 보행하게 되기 때문에 꼭 필요한 경우가 아니면 이동을 포기하는 경우도 많이 발생하게 된다.[1] 맹인 인도견을 이용하는 경우에는 능동적인 보조를 받을 수 있으나 맹도견의 훈련과 교육에 오랜 시간과 비용이 들게 되

고 동물의 수명에 따라 수년 정도 밖에 활용할 수 없다. 또한 맹도견의 경우, 교육에 대한 적응이 힘들어 미국의 경우에서도 1% 미만의 시각장애인이 이용하고 있을 뿐이며, 국내의 경우에도 이를 사용하려면 사회복지기관 등에서 제한된 숫자의 맹도견을 무료로 기증하는 형태로만 보급되기 때문에 시각장애인이 자유로이 이용할 수 없고, 맹도견을 보는 비장애인의 시각이 아직은 보편화 되어 있지 않기 때문에 큰 애로점이 존재한다.[2]

1970년대 이후 이러한 시각장애인의 보행을 돕기 위해, 발전하는 공학기술을 이용하여 다양한 보조기구가 개발되고 보급되고 있다. 이는 주로 전자, 제어공학기술 등을 이용하여, 장애물을 감지하고 이를 사용자에게 청각 또는 촉각 자극을 통해 알려주는 전자 이동보조기(electronic travel aids, ETA)이다. ETA에는 C5 Laser Cane, Mowat Sensor, Sonicguide 등 휴대형 기기와 GuideCane, Meldog 등과 같이 모터를 이용하여 프로그램된 대로 스스로 움직이면서 시각장애인을 안내하는 형태가 있다[3-6]. 이들 기기에는 대부분 초음파 또는 레이저를 이용하여 장애물을 감지하는 기능이 있어 사용자에게 위험성을 알리도록 설계되어 있

Corresponding Author : 송병섭

대구시 남구 대명동 2288번지 대구대학교 재활과학대학 재활공학과 705-714

Tel : +82-53-650-8244 / Fax : +82-53-650-8241

E-mail : bssong@daegu.ac.kr

본 연구는 보건복지부 보건과학기술진흥사업의 지원(과제고유번호: 02-PJ3-PG6-EV10-0001)에 의하여 이루어진 것임.

는데, 이는 특정 주파수의 초음파 또는 레이저 신호를 조사한 후 그 반사파를 획득하여 장애물을 감지하고, 그 시간차이를 계산하여 장애물간의 거리를 파악하며, 획득된 장애물 정보를 소리 또는 진동을 통해 사용자에게 전달해 주도록 되어 있다. 휴대형 기기의 경우에는 1 ~ 2개의 초음파 또는 레이저 장치를 이용하여 장애물을 감지하고 이를 알려주는 기능만 있기 때문에 그 효용성이 크지 않고 흰지팡이에 익숙해져 있는 시각장애인이 적응하기 힘들기 때문에 그 사용이 많지 않은 상태이다[7-9].

반면 이동식인 경우에는 보통 5개 이상의 초음파 송수신기를 이용하여 장애물을 감지하여 사용자에게 알려주고 전기모터와 제어기를 장착하여 스스로 이동하면서 시각장애인을 안내할 수 있도록 한 것이 특징이다. 2000년 일본기계연구소에서 개발된 Meldog의 경우에는 안내견의 역할을 하는 로봇의 형태를 가지는 것으로 지면에 신호를 발생시키는 유도선을 설치하고 그 경로를 따라가면서 뒤에 오는 시각장애인을 안내하는 기능을 가지는 것으로서 사용자가 걷는 속도와 보조를 맞출 수 있고, 위험한 상황이나 길을 건너고 좌우로 이동하는 등의 상황에서 실제 개와 같이 짖는 소리를 내기도 한다[10,11]. 그러나 동작 범위가 한정되고 시각장애인이 로봇에게 의존해야 하며 비용이 많이 소요되는 단점이 있다. 1997년 미국의 University of Michigan에서 소개된 GuideCane은 두 개의 바퀴가 달려 있는 조향축(steering axis) 위에 10개의 초음파 센서를 설치하고 이를 지팡이(cane)에 연결한 구조로 발전된 흰지팡이의 형태를 가지는 것이다.[2,3] 초음파 센서는 순차적으로 초음파를 발생시키면서 진행방향을 기준으로 120° 이내의 방향에 있는 장애물을 감지하고, 그 정보를 바탕으로 진행하며 사용자가 가야 할 경로를 안내한다. 이 장치는 사람이 밀고 가기 때문에 사용자가 익숙한 길이면 사용자의 결정에 따라 이동할 수 있지만 사용자가 익숙하지 못한 환경에서는 효과적이지 못한 단점을 가지고 있다. 국내에서는 2006년 모든 기기를 의복내에 거치하는 웨어러블 타입(wearable type)의 안내 시스템이 소개되었는데, 이는 조끼형 의복내에 초음파장치, 제어기 및 GPS 장치를 거치하고 이를 이용하여 장애물 정보와 사용자의 현재 위치를 사용자에게 골전도 청각과 진동 감각을 이용하여 전달하도록 한 것으로 사용자가 편리하게 사용할 수 있을 것으로 평가받고 있다.[12]

이러한 ETA들은 대부분 복수개의 초음파 센서를 이용하여 장애물을 감지하며 이동하면서 장애물을 감지하고 이 정보를 사용자에게 전달하는 구조를 가지고 있다. 하지만 센서 하나씩 순차적으로 장애물을 감지하기 때문에 이동 중에는 각 센서가 동작하는 시점간의 거리차가 발생하기 때문에 오차가 발생하게 되고 센서간의 간섭이 발생하게 된다. 이를 해결하려면 간섭을 발생시키지 않으면서도 빠른 스캔 속도를 가져야 하는데, GuideCane의 경우에는 빠른 초음파 조사를 통한 에러제거(error-eliminating rapid ultrasonic firing, EERUF) 기법을 사용한다. 이는 가로로 배치된 초음파센서의 조사(firing) 순서를 조정하여 스캔을 빨리하면서도 간섭이 발생하지 않도록 하는 것으로서 10개의 각 초음파센서가 10Hz의 초음파 조사 시간을 가지게 되어 1초에 100개의 초음파

신호를 획득할 수 있도록 한 것이다[3]. 하지만 EERUF를 이용함으로써 기존의 방법보다는 더욱 빠른 스캔 속도를 얻을 수는 있어 이동하는 동안의 센서 동작 거리차이를 줄일 수는 있지만 완벽한 보정은 힘들어 오차는 발생할 수 밖에 없다.

본 논문에서는 복수개의 초음파 센서를 이용하여 동시에 초음파를 조사하는 방법을 이용하여 이동시에도 오차가 거의 없는 장애물 검색방법을 제안하고 이를 실험을 통해 입증하였다. 이는 초음파의 전파속도가 모두 일정하다고 가정하고, 같은 주파수, 같은 크기의 초음파를 조사한 후, 가장 먼저 반사되는 초음파를 획득한 후 이를 가장 가까운 장애물로 인식하는 방법으로, 이 방법을 이용하면 초음파 센서의 위치를 조정하여 장애물의 3차원적인 위치까지 추정할 수도 있다. 기존의 스캔 방식과 제안된 방법에 의한 초음파 조사에 대한 실험을 실시하였고 그 오차를 분석하여 제안된 방법을 검증하였다.

## II. 이론 및 방법

### A. 시각장애인 안내를 위한 초음파센서 이용

시각장애인이 이동을 위해 보행을 할 때 진행방향에 있는 물체를 인식하기 위해 초음파를 많이 사용하게 된다. 이는 초음파를 이용함으로써 물체를 간단하게 감지할 수 있고 비용도 저렴하기 때문이다. N. Pressey에 의해 개발된 Mowat Sensor는 초음파를 이용하여 장애물을 감지한 후 진동신호를 이용하여 사용자에게 거리를 알려 주는 것으로서 진동신호의 주파수가 거리에 반비례하도록 설계하여 장애물이 가까울수록 높은 주파수의 진동신호를 전달하도록 한 것이다. 이는 그 효용성과 유용성을 인정받기는 했지만 한손에 기기를 계속 쥐고 보행하여야 하기 때문에 불편함을 가질 수 밖에 없었다. 이를 개선한 것이 Kay에 의해 개발된 Sonicguide와 Shao에 의해 연구된 SonicVision인데 안경테 또는 머리띠에 초음파 센서를 기치한 것이지만 머리를 함부로 움직일 수 없어서 시각장애인들이 크게 사용을 하지는 않았다. 미국 Michigan대학에서 Shoval 등에 의해 개발된 GuideCane은 그림 1에서와 같이 사용자가 지팡이를 기기에 연결하여 이를 따라가는 형태로 제작된 것으로서 2개의 주행모터를 이용함으로써 로봇이 스스로 움직일 수 있도록 설계한 것이다. 앞부분에 10개의 초음파 센서를 가로로 배치하고 순차적으로 스캔하여 진행방향에 있는 장애물을 감지하도록 한 것이며 2차원적인 물체의 위치를 추정할 수 있다.

### B. 움직이는 초음파 센서를 이용한 물체 위치 추정

어떠한 물체와의 거리를 측정하는 방법은 초음파의 비행시간(time of flight, TOF)를 측정하여 쉽게 구할 수 있다. 즉 초음파 펄스를 조사한 후 반사되어 돌아올 때까지 걸리는 시간은 거리와 비례하므로 식 (1)에서와 같이 간단한 식을 이용하여 거리를 계산할 수 있다[13].

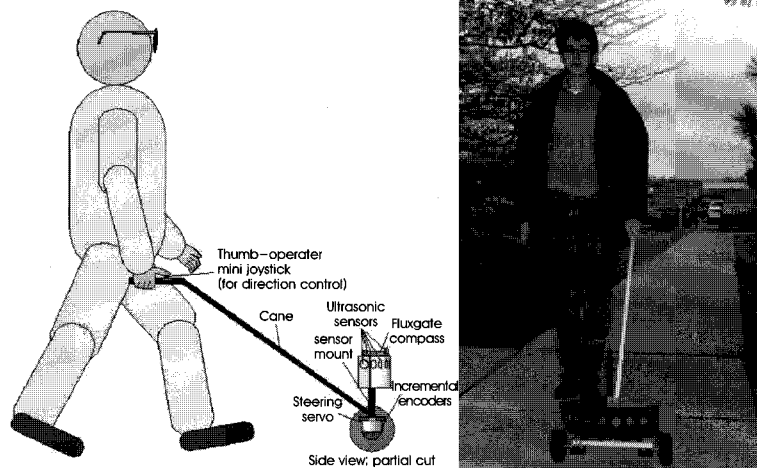


그림 1. 미국 Michigan대학에서 개발한 GuideCane  
 Fig. 1. The GuideCane developed by Michigan University, USA.

$$L = C \frac{T}{2} \quad (1)$$

여기서, L은 물체와의 거리, C는 초음파 전달속도, 그리고 T는 비행시간이다.

한편, 가로로 배열된 복수개의 초음파 센서를 이용하면 물체의 2차원적인 위치를 추정할 수 있다. 이는 그림 1에서와 같이 배열된 초음파 센서간의 거리를 알고 있고 각각의 센서와 물체와의 거리를 측정하면 삼각법을 이용하여 센서와 물체간의 각도를 계산할 수 있기 때문이다. 이러한 방법은 센서와 물체가 정지하고 있으면 항상 성립하겠지만, 센서 또는 물체가 이동하고 있다면 오차가 발생하게 된다.

그림 2에서와 같이 첫 번째 초음파 센서  $U_1$ 이 초음파를 조사하여 물체와의 거리를 측정 한 후 두 번째 초음파 센서  $U_2$ 는 첫 번째 조사된 초음파와의 간섭을 피하기 위해 지연시간  $t_1$  후에 초음파를 조사하게 된다. 센서가 속도  $v$ 로 이동하고 있다고 가정하면 두 번째 센서는 속도와 지연시간의 곱만큼 이동한 곳인 A지점에서 초음파를 조사하게 되며 그만큼 물체와의 거리는 가깝게 된다. 하지만 위치를 측정하기 위한 계산은 B지점을 기준으로 하게 되므로 오차가 발생하게 된다. 또한, n번째 조사되는 초음파센서는 두 번째 센서보다 n-1 배 만큼 가까운 거리에서 초음파를 조사하게 되므로 초음파 조사순서에 따라 오차가 점점 커지게 된다. 만약 1.5m 전방에 있는 장애물을 스캔방식으로 측정할 때, 센서간의 거리가 7cm, 센서간의 조사 지연시간이 25msec, 센서들의 이동속도를

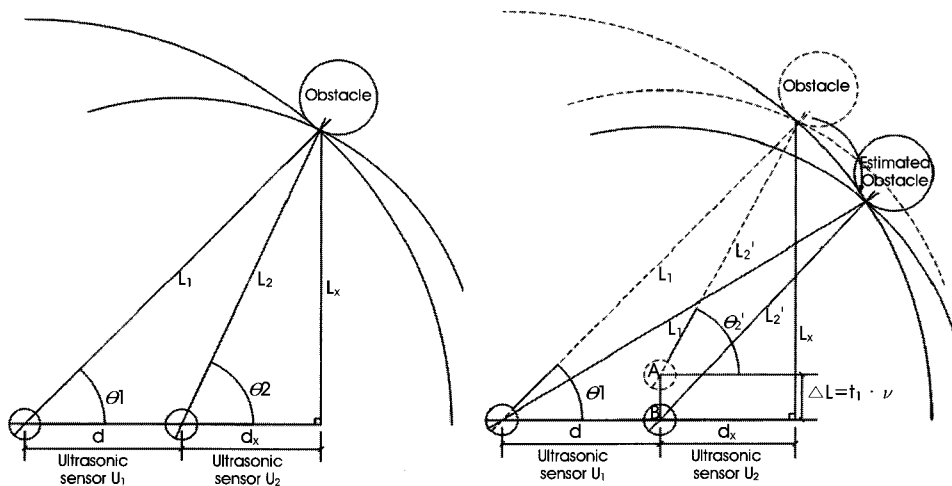


그림 2. (a) 복수개의 초음파를 이용한 장애물 위치 추정 및 (b)센서들의 움직임에 의해 잘못 추정된 장애물의 위치  
 Fig. 2. (a) Estimation of obstacle location by plural sonar sensors and (b) erroneously estimated obstacle location due to movement of sensors.

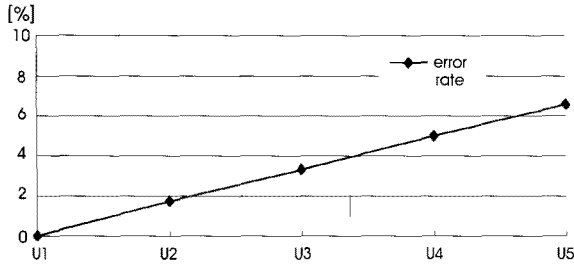


그림 3. 스캔방식으로 측정시 발생하는 오차율  
Fig. 3. Expected error rate measured by scan method.

1m/sec 라고 가정하면 각각의 센서에서는 아래 그림 3에서와 같은 오차율이 발생하게 된다.

**C. 초음파 동시조사를 이용한 장애물 검색**

만약, 초음파 센서  $U_1$ 과  $U_2$ 에서 동시에 초음파를 조사한다면 각각의 센서에서 조사된 초음파가 모두가 장애물에 반사된 후 초음파센서에 도달하게 된다. 하지만 가장 가까운  $U_2$ 에서 처음으로 반사된 초음파를 획득하게 되고  $U_1$ 에서 다음으로 반사파를 측정하게 된다. 이때 획득된 초음파는 가장 가까운  $U_2$ 에서 조사된 초음파일 것이므로 초음파 센서와 장애물간의 거리는 다음의 식으로 구할 수 있다.

$$L_2 = C \frac{T_{22}}{2} \tag{2}$$

$$L_1 = C \frac{T_{21} + (T_{21} - T_{22})}{2} \tag{3}$$

단,  $L_1$ 은 초음파 센서  $U_1$ 과 장애물간의 거리,  $L_2$ 는 초음파 센서  $U_2$ 와 장애물간의 거리,  $T_{22}$ 는 초음파가  $U_2$ 에서 조사된 후  $U_2$ 에 반사파가 측정될 때까지의 시간,  $T_{21}$ 은  $U_2$ 에서 조사된 후  $U_1$ 에서 반사파가 측정될 때까지의 시간이다.

식 (2)는 가장 가까운 거리에 있는 초음파센서  $U_2$ 와 장애물간의 거리  $L_2$ 를 계산한 것으로 수식의 분자인  $T_{22}$ 는  $U_2$ 에서 조사된 후 장애물에 의해 반사되어  $U_2$ 에 측정될 때까지의 초음파 비행시간이다. 그리고 식 (3)은 초음파센서  $U_1$ 과 장애물간의 거리  $L_1$ 을 계산한 것으로서 수식의 분자식은  $U_2$ 에서 조사된 후  $U_1$ 에서 획득된 반사 신호의 비행시간에서 장애물과  $U_1$ 과  $U_2$ 의 거리 차에 의해 생기는 비행시간의 차를 더해 준 것이다. 식 (2)와 (3)을 이용하면 센서와 장애물간의 정확한 거리를 추정할 수 있다.

**D. 초음파를 이용한 3차원 장애물 위치 계산**

시각장애인을 위한 안내시스템에서는 3차원 장애물 검색이 필요하게 된다. 이는 앞 절에서 설명한 2차원 위치 추정을 3차원으로

확장하여 쉽게 구현할 수 있다. 기준이 되는 각각의 세 점에서 한 점까지의 거리를 모두 알고 있다고 가정할 때, 각 점에서 알고 있는 거리의 점을 수식으로 표현하면 구의 식이 된다. 이 때 세 구가 모두 겹치는 한 점을 찾으면 장애물의 위치가 되는 것이다. 즉, 반사되는 초음파를 제일 일찍 받은 세 개의 초음파센서의 위치를 기준으로 하여 각 기준 위치에서 측정된 거리에 따라 그림 4에서와 같이 3개의 구를 도시한 후 그 구가 겹쳐지는 한 점을 3차원 공간상의 장애물의 위치를 추정하였다. 여기서 센서들은 모두 X-Y 평면 위에 있다고 가정하였다.

각 센서의 위치가 그림 4에서의 3차원 좌표와 같다고 하면 각 위치에서의 구의 방정식은 다음과 같다.

$$(x - a)^2 + y^2 + z^2 = L_1^2 \tag{4}$$

$$(x + a)^2 + y^2 + z^2 = L_2^2 \tag{5}$$

$$x^2 + (y - b)^2 + z^2 = L_3^2 \tag{6}$$

단, a는 원점과 X축 위의 두 센서간의 거리, b는 원점과 Y축 상의 센서간의 거리이다.

위 식 (4), (5), (6)을 연립하여 풀면 아래의 식에서와 같이 3차원 평면상에서의 장애물의 좌표를 구할 수 있다.

$$x = \frac{L_2^2 - L_1^2}{4a} \tag{7}$$

$$y = \frac{L_1^2 + L_2^2 - 2L_3^2 + 2b^2 - 2a^2}{-4b} \tag{8}$$

$$z = \sqrt{L_3^2 - \left(\frac{L_2^2 - L_1^2}{4a}\right)^2 - \left(\frac{L_1^2 + L_2^2 - 2L_3^2 + 6b^2 - 2a^2}{-4b}\right)^2} \tag{9}$$

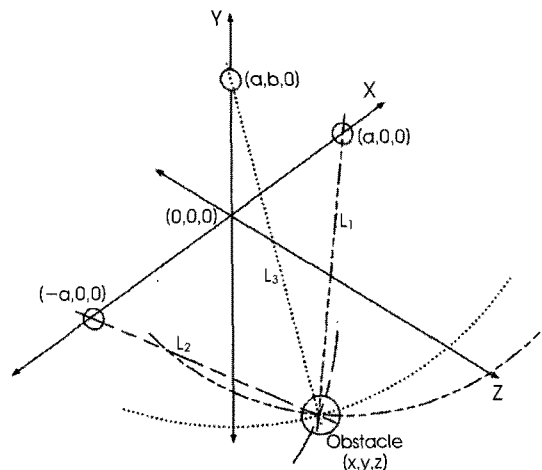


그림 4. 센서와 장애물간의 거리 계산을 위한 그림  
Fig. 4. Picture for Distance calculation between sensors and the obstacle.

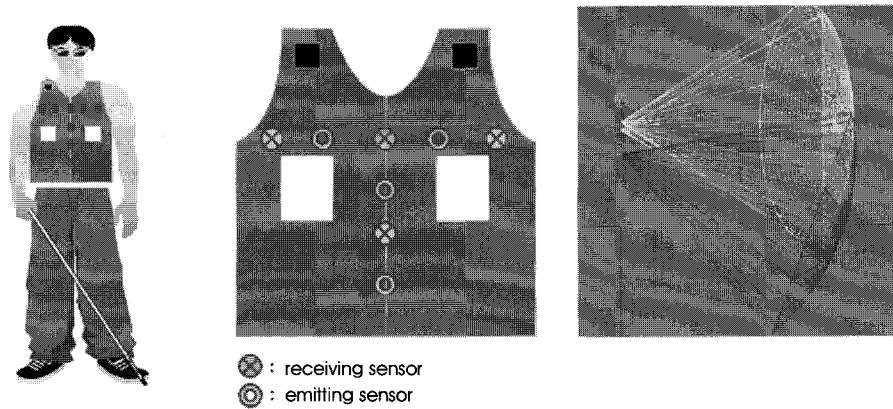


그림 5. (a) 조기형 시각장애인 안내 시스템과 장착된 초음파센서 및 (b)의 감지 범위  
 Fig. 5. (a) Ultrasonic sensors located on the wearable guide system for the blind and (b) its searching range

위의 식들을 이용하면 초음파 센서를 이용하여 장애물의 3차원 공간상의 위치를 확인할 수 있으며 시각장애인을 위한 안내시스템에 효율적으로 이용할 수 있다.

**E. 초음파 장애물 검색기 구현**

본 연구에서는 의복 내에 모든 시스템을 거치하는 방식인 조기형 웨어러블 시각장애인 안내시스템을 활용하여 3차원 초음파 장애물 감지 시스템을 설계, 구현하였다. 그림 5에서와 같이 조기형 웨어러블 안내시스템은 의복의 앞부분에 초음파센서를 배열하고 동시조사를 통해 가장 가까운 장애물의 위치를 추정하여 사용자에게 위험성을 알리도록 설계되었다. 초음파 센서의 송신부와 수신부를 그림과 같이 배열하여 전방 3m, 좌우 각각 60° 각도 이내의 장애물은 그 거리와 방향 및 높이를 추정할 수 있도록 하였다.

실시하였다. 시각장애인이 사용하는 것을 고려하여 전방 120°의 방향을 30°, 60°, 30°의 3개 영역으로 나눈 후 각 방향에 있는 장애물을 측정하도록 하고 장애물이 있는 영역을 출력하도록 하였으며 총 10회의 실험을 실시한 후 그 평균을 구하여 정확한 위치확인 가능한지를 알아보았다. 또한 1.5m를 기준으로 원거리와 근거리로 나눈 후 거리에 대한 출력 또한 영역으로 표시하도록 하였다.

**C. 실험 결과**

*1) 정지상태에서의 위치 측정*

먼저, 정지상태에서 장애물의 위치를 변화시키면서 스캔방식 및 동시조사 방식을 이용하여 위치 측정실험을 실시하였으며 그 결과는 아래 그림 7의 그래프에 나타내었다. 이 실험에서 센서간의 거리가 7cm, 센서간의 조사 지연시간이 25msec 였으며, 표준편차는 0.45 ~ 0.89로 계산되었어 측정 결과간의 차이는 크지 않은 것

**III. 실험 및 결과**

**A. 장애물 감지 실험**

이론을 검증하기 위하여 초음파센서를 이용한 장애물 거리측정 실험을 실시하였다. 그림 6에서와 같이 토루소 마네킹에 5개의 초음파센서(SRF10, robot-electronics)를 가로로 배치하고 정속도로 전진하는 휠체어에 거치한 후 전방에 있는 장애물을 감지하도록 하였다. 실험 시 좌측부터 우측으로 스캔방식으로 측정을 한 후, 같은 조건에서 동시조사방식으로 측정실험을 각각 실시하였으며, 휠체어의 속도는 사람의 걷는 속도를 감안하여 0.5m/sec 및 1m/sec가 되도록 하였고 장애물은 반지름 17.5cm의 고무공으로서 휠체어 앞부분에 1m, 1.5m, 2m 등 장애물의 위치를 변화시키면서 각각 측정실험을 실시하였다. 실험은 총 10회를 실시하여 그 평균을 구하여 오차를 계산하였다.

**B. 3차원 장애물 위치 측정 실험**

그림 5 (a)의 시스템을 구현 한 후 3차원 장애물 위치 추정 실험을

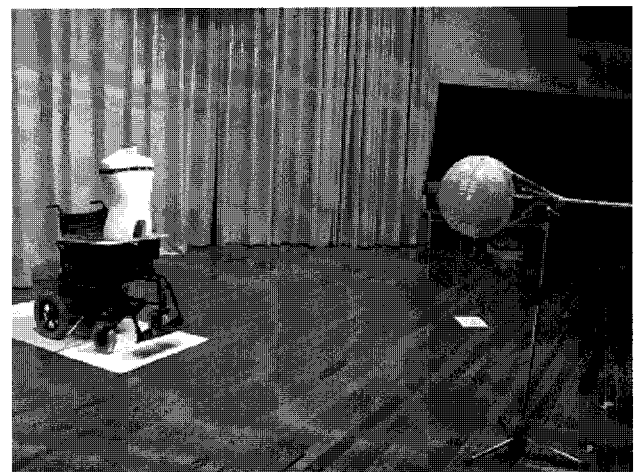
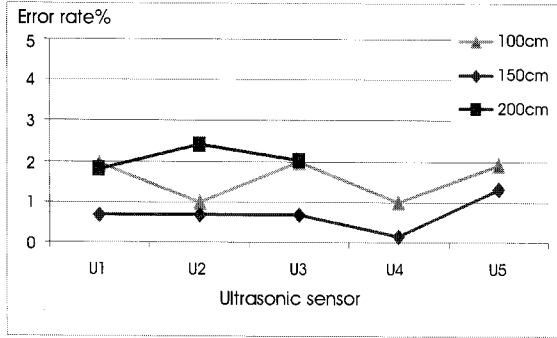
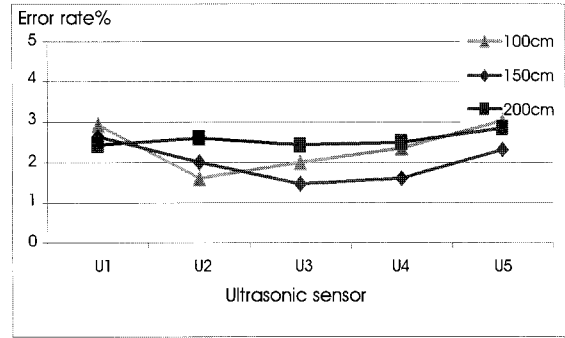


그림 6. 초음파를 이용한 장애물 거리측정 실험 사진  
 Fig. 6. Experiments of obstacle distance measurement using ultrasonic sensors.



(a)



(b)

그림 7. 1 m, 1.5m 및 2m 거리의 장애물에 대한 정지 상태에서의 (a)스캔방식 실험결과와 (b) 동시조사방식 실험결과

Fig. 7. The experimental results of (a) scan and (b) synchronous type method for the obstacle search in non-moving state for 1 m, 1.5m and 2 m distance of obstacle.

으로 나타났다. 그래프를 살펴보면 정지상태에서 스캔방식은 2.5%, 동시조사 방식은 3% 이내의 오차율을 보이고 있다. 그러나 2m 거리의 장애물에 대하여 동시조사방식을 모든 센서에서 거리가 측정된 반면, 스캔방식은  $U_4$ 와  $U_5$  센서에서는 물체가 검색되지 않았음을 알 수 있다. 그러므로 정지상태에서 장애물 감지의 정확도는 스캔방식이 다소 우수하며, 감지범위는 동시측정 방식이 더 넓은 것으로 사료된다.

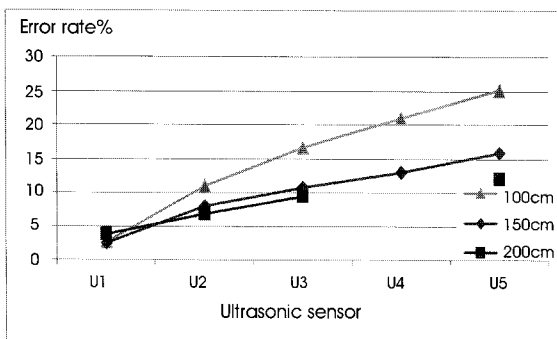
2) 이동시의 위치 측정

정지상태와 동일한 조건의 장애물에 대하여 사람이 이동하는 속도를 가정하여 초음파센서들을 그림 6에서와 같은 토루소 마네킹에 고정시킨 후 이를 전동 휠체어에 탑재하고 휠체어를 0.5m/s, 1m/s 속도로 이동시키면서 스캔방식 및 동시조사 방식을 이용하여 위치 측정실험을 실시하였으며 그 결과는 아래 그림 8과 그림 9에 나타내었다.

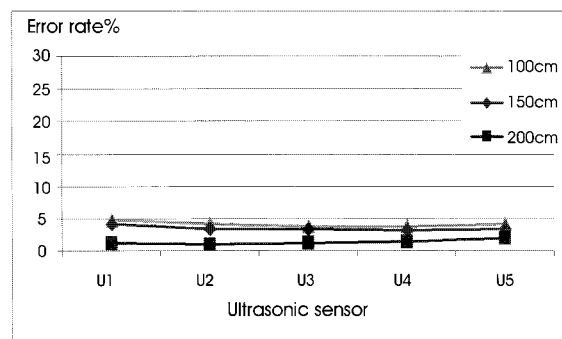
그림 8과 9에서 측정된 실험결과와의 표준편차는 스캔 방식의 경

우 0.6 ~ 7.6이며 동시조사의 경우 0.7 ~ 3.4로 계산되었으며 이는 동시조사에서 더욱 안정된 측정결과를 얻을 수 있었음을 나타낸다. 그래프를 살펴보면 동시 조사방식의 오차율은 5% 이내로 유지됨을 알 수 있으며 이는 정지 상태의 측정된 오차율보다 조금 높아졌으나 속도 증가로 인한 변화가 크지 않음을 확인할 수 있다. 반면 스캔방식의 오차율은 계산식과 비슷한 패턴을 가지고 있으나 오차율이 최고 25%를 상회하는 등 매우 증가한 오차를 가짐을 알 수 있으며, 이러한 오차율은 시각장애인의 안내시스템에 사용하기에는 무리가 있다고 사료된다.

동시조사를 이용한 3차원 위치추적에 대한 실험결과를 보면 전방 60°이내의 물체에 대해서는 거리에 관계없이 90% 이상의 인식률을 보이고 있음을 알 수 있다. 1.5m 이내의 물체 중에서 좌, 우에 있는 물체의 인식률을 70% 내외로 다소 떨어짐을 알 수 있는데 이는 그림 5에서의 초음파센서들이 가까운 좌, 우의 물체를 인식하기 힘든 배치를 가지기 때문이다. 이는 시각장애인이 보행하는데 있어서 큰 영향을 미치지 못하는 부분이기 때문에 설계 시에 이를



(a)



(b)

그림 8. 0.5m/s로 이동 중의 1m, 1.5m 그리고 2m 장애물에 대한 (a)스캔방식 실험결과와 (b) 동시조사방식 실험결과

Fig. 8. The experimental results of (a) scan and (b) synchronous type method for the obstacle search in 0.5 m/s moving state for 1 m, 1.5m and 2 m distance of obstacle.

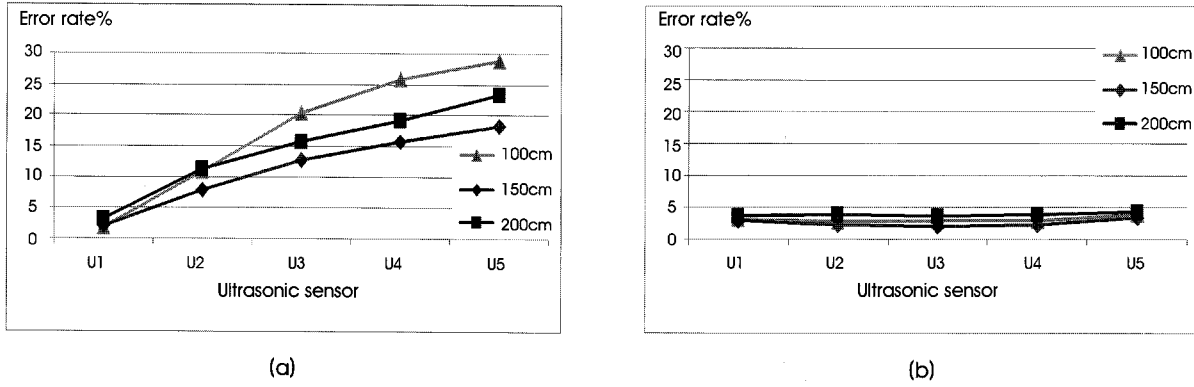


그림 9. 1 m/s로 이동 중의 1 m, 1.5 m 그리고 2 m 거리의 장애물에 대한 (a)스캔방식 실험결과와 (b) 동시조사방식 실험결과  
 Fig. 9. The experimental results of (a) scan and (b) synchronous type method for the obstacle search in 1 m/s moving state for 1 m, 1.5 m and 2 m distance of obstacle.

고려한 때문이며 만약 필요하다면 센서를 더 배치하면 인식률은 크게 올라 갈 것으로 예상되나 실제적인 측면에서는 큰 실효성이 없을 것으로 사료된다.

#### IV. 토 의

시각장애인 안내시스템을 위한 장애물 감지에는 경제성이나 편리함 때문에 보통 초음파 거리측정 시스템을 많이 사용하게 되며 이를 이용하여 3차원 공간상의 장애물 위치 측정이 가능하기 때문에 그 효용성이 높다. 하지만 초음파의 특성상 오차가 크고 잡음이 많아서 이에 대한 대책이 필요하다. 실험에서 검증한 바와 같이 정지 상태에서는 장애물 감지가 3%이내의 오차 이내에서 정확하게 측정되기 때문에 매우 우수한 성능을 나타내지만 이동시에는 최고 25%를 넘는 오차를 가지기 때문에 스캔 방식을 이용한 장애물 감지는 사용이 곤란할 것이다. 더욱이 이를 이용하여 3차원 공간상의 장애물 위치 측정에 이용하면 오차 때문에 큰 문제가 발생할 가능성이 있다. 다만 오차를 예상하여 이를 보정하는 방식을 사용할 수는 있으나 사용자의 이동속도가 항상 일정하지 않기 때문에 보

정을 하려면 이동속도를 계속 측정하면서 장애물 위치추적을 하여야 할 것으로 사료된다. 동시조사를 이용한 장애물 위치추적의 경우에는 그 하드웨어 구성 및 측정방법이 크게 차이 나지 않으면서도 오차가 크지 않기 때문에 성능이 우수하고 3차원 장애물 위치 측정에 충분히 사용될 수 있을 것이다. 그러나 동시조사방식은 각각의 센서에서 장애물을 감지하는 것이 아니며 감지기 전방의 가장 가까운 물체만 인식할 수 있는 단점이 있다. 하지만 시각장애인의 안내 시스템을 위한 장애물 인식에 있어서 가장 중요한 것은 제일 가까운 물체의 위치를 파악하는 것이므로 동시조사방식을 사용하는 것이 더욱 효과적일 것으로 판단된다.

#### V. 결 론

시각장애인의 이동에 도움을 주기위한 안내시스템에 사용하기 위한 장애물 인식 시스템을 초음파 방식을 이용하여 구현하였다. 기존의 스캔방식의 문제점을 파악하고 이를 해결하기 위해 동시조사방식을 제안하였으며 이론적인 해석 및 실험 과정을 거쳐 동시조사 방식의 우수성을 검증하였다. 동시조사방식은 복수개의 초음

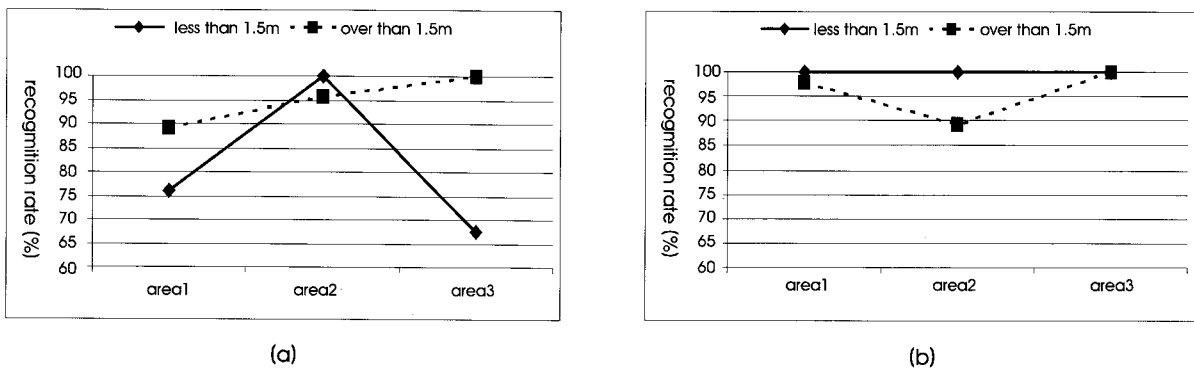


그림 10. 동시조사를 이용한 3차원 위치 검색 결과 그래프 (a) 1m 이하, (b) 1m 이상 높이  
 Fig. 10. The results of 3 dimensional obstacle search experiments using synchronous firing (a) less than 1m, (b) more than 1m height.

파 센서에서 같은 주파수, 같은 크기의 초음파를 조사한 후, 가장 먼저 반사되는 초음파를 획득한 후, 이를 계산에 의해 장애물과의 거리 및 위치를 추정하는 방법으로 동시조사방식을 사용함으로써 5% 이내의 오차율을 가지는 3차원 장애물 인식기를 구현하였다. 본 논문에서의 연구결과를 통해 더욱 정확하고 효과적인 장애물 인식기를 구현하였으며 이를 시각장애인 안내시스템에 적용하여 시각장애인의 안전한 보행에 큰 도움이 되는 시스템 구현을 실현할 수 있을 것으로 기대한다.

## 참고문헌

- [1] J.H. Kang, C.G. Kim, S.H. Lee, B.S. Song, "Development of walking assistance robot for the blind" *J. of the Korean Sensors Society*, vol. 16, no. 4, pp. 286-293, 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 Magazine*, 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 11<sup>th</sup> 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. Automat.*, 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, 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*, California, USA, pp. 165-170, 2003.
- [10] Tachi, K. Komorya, K. Tanie, T. Ohno, and M. Abe, "Guide dog robot-Feasibility experiments with Meldog Mark III", *Proc. 11<sup>th</sup> Int. Symp. Industrial Robots*. pp. 95-102, 1981.
- [11] Tachi S, Tanie K, Komoriya K, Abe M. Electrocutaneous communication in a guide dog robot (MELDOG). *IEEE Trans. Biomed. Eng.* vol. 32, no. 7, pp. 461-469, 1985.
- [12] C.G. Kim, H.G. Lee, J.H. Kang, B.S. Song, "Research of Wearable Walking Assistive Device for the Blind" *The Korean Journal of Visual Impairment*, vol. 23, no. 1, pp. 147-164, 2007.
- [13] C.S. Moon, Y.T. Do, "Design of range measurement systems using a sonar and a camera", *J. of the Korean Sensors Society*, vol. 14, no. 2, pp. 116-124, 2005.