

시각 장애인을 위한 장애물 경보기의 개발

심현민, *이응혁, **민홍기, 홍승홍

인하대학교 전자공학과

* 한국 산업기술대학교 전자공학과,

** 인천대학교 정보통신공학과

전화 : 032)868-4691 H.P. : 019-241-8941

Development of Obstacle Alarm for the Visually Impaired

Hyeon-Min Shim, * Eung-Hyuk Lee, Hong-Ki Min, Seung-Hong Hong

Dept. of Electronic Eng., Inha University

*Dept. of Electronic Eng., Korea Polytechnic University

**Dept. of Information and Telecommunication Eng., University of Incheon

E-mail : elecage@hitel.net

Abstract

In this paper, we propose the sound-mapping algorithm of the detected obstacle by ultrasonic sensors. We apply this algorithm to a Obstacle alarm for the visually impaired. In our system, we acquire obstacles information using ultrasonic sensors, and transform two-dimensional and distance information into sound-imaging information and vibrator with azimuth (direction) and distance. We implement this system with ultrasonic sensors to more effective expression of the obstacle information.

The distance of an obstacle can be expressed by sound pressure level, and azimuth of the obstacles can be expressed by inter-aural time difference (ITD) and inter-aural level difference (ILD) that are two important cues in a binaural system. These are the principal cues for sound localization, to detect sound source. In this system, the obstacle is substituted with a sound source. The visually impaired receive sound information of obstacles by headphone.

I. 서론

2000년 장애인 실태조사에 따르면 국내에 장애인은

총 200,000명에 이르고 이중 12%가 시각장애인이다. 현대 사회에 이르러 생활 환경의 향상과 기술의 발달로 복지에 대한 관심이 높아졌으나 국내의 장애인에 대한 복지 시설은 아직 미비한 수준이다. 시각 장애인이 실외 활동을 하기 위해서는 보도의 점자 블록이나 신호등의 보행 음향 외에 안내 시설의 거의 없어 많은 불편을 초래한다.

일반적으로 시각 장애인들이 실외 보행을 할 때 흰지팡이를 이용하거나 맹도견의 안내를 받는다. 그러나 흰지팡이는 수동적인 보조장치로서 보행 안내 기능이 취약하고 맹도견은 장애물 회피 및 보행 안내의 기능은 뛰어나나 훈련과 관리의 문제로 보급이 쉽지 않아 비용 면에서 문제가 많다. 따라서 비용과 관리의 문제를 해결하고 보다 안전하고 편안한 보행을 위한 보조 장치가 필요하다. 전자 장치 기반의 보행 안내 장치를 ETA (Electronic Travel Aids)라고 하며 초음파, CCD 등의 각종 센서를 이용하여 정보를 처리하여 시각 장애인을 안내한다.

이러한 ETA는 초음파 안경, 일본 메이지 대학의 Pin Display[3], 미시간 대학의 "NavBelt"[6] 등 많은 연구가 이루어지고 있다. 또한 로봇을 이용하여 능동적인 보행 안내를 하는 RTA(Robotic Travel Aids)에 대한 연구도 활발히 진행되고 있으며 대표적인 RTA 시스템은 미시간대학의 "Guide Cain"[1], 일본 Yamanashi 대학의 "Harunobu"[2] 등이 있다.

본 논문은 시각 장애인 유도 로봇을 개발하기 위해 필요한 장애물 감지 및 안내를 위한 경보기 개발을 수행한 것으로서 초음파 센서 어레이를 이용한 장애물 감지 및 음향 및 진동에 의한 경보를 발생시키는 시스템을 구현하였다.

II. 기본 개념

앞을 볼 수 없는 시각장애인에게 장애물에 대한 안내를 위해서는 시각 대체 감각을 이용해야 하며 청각이나 촉각 등의 감각을 이용해야 한다. 이러한 감각들은 시각을 완전하게 대체할 수는 없지만 장애물 경보기를 이용하여 장애물의 유무, 장애물의 방향 등에 대한 정보를 획득할 수 있다.

그림 1은 장애물 경보기의 기능에 대한 개념도이다. 장애물 경보기는 초음파 센서 어레이를 이용하여 장애물의 거리와 방향을 획득한 후 이를 음성과 진동 손잡이를 이용하여 시각 장애인에게 알리는 기능을 수행한다. 이때 사용하는 알고리즘은 음상 정위 기법(Sound localization)을 사용하게 되는데 이 기법은 현실감 있는 3차원 음향 시스템을 위해 연구되었다. 음상 정위 기법은 스테레오 사운드를 이용해 음원의 위치와 거리를 판별하는 것으로서 장애물 경보기는 장애물을 음원으로 치환하여 이에 대한 스테레오 사운드로 표현한다[3]. 음상 정위를 위한 두 가지 단서로는 두 귀간의 시간차와 두 귀간의 레벨차를 이용한다.

1. 장애물 정보의 획득

본 논문에서는 장애물을 감지하기 위해 초음파 센서를 사용하였다. 일반적으로 초음파 센서를 사용하여 물체와의 거리를 측정하기 위해서는 TOF(Time of Flight)법을 사용한다. 이 방법은 벽면(wall)과 같이 초음파가 수직으로 반사할 경우는 거리의 계측이 용이하나 모서리 등과 같이 초음파의 산란이 일어나는 형상에서의 계측이 어

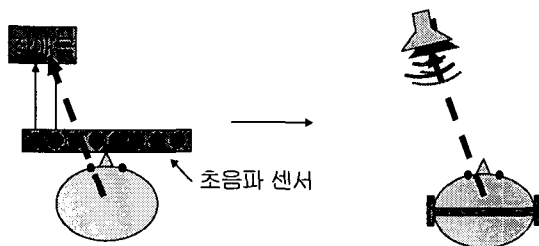


그림 3. 장애물 경보기는 장애물에 대한 시각 정보를 청각 정보로 변환하는 역할을 한다.

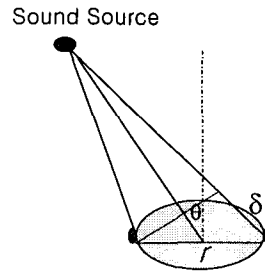


그림 4. ITD 개념도

렵다는 단점이 있다.

TOF 방법은 트랜스듀서를 이용하여 초음파를 송신하고 송신된 초음파가 물체를 만나서 반사되면 수신하여 송신과 수신의 시간차를 이용하여 거리를 계산하는 방법이다. 초음파가 송신되어 물체에 의해 반사된 파가 수신되었을 때 시간을 t_0 라고 하면 물체와의 거리 Z_0 는 식(1)과 같이 구해진다.

$$Z_0 = C \frac{t_0}{2} \quad (1)$$

여기서 C 는 음속(343m/s)이다.

본 논문에서는 초음파 센서 모듈 8개를 15°씩 각도를 두어 120°전방의 장애물을 감지하도록 하였다.

2. 두 귀간의 시간차(Inter-aural Time Difference : ITD)

두 귀간의 시간차(ITD)는 음상 정위에서 가장 중요한 단서 가운데 하나이다. 음파는 상온에서 약 343m/s의 속도로 전달되며 음원이 한쪽으로 치우쳐질 경우 두 귀간의 거리의 차가 발생하여 도달 시간이 차이가 나며 음파의 위상차가 발생하게 된다.

그림 2는 ITD의 개념도이다. 그림 2의 경우 왼쪽 귀에 비해 오른쪽 귀가 δ 만큼 음원과 떨어져 있다. 따라서 정면을 기준으로 음원의 방향각 θ 는 식(2)와 같이 거리차 δ 와 머리의 지름 r 로 표현할 수 있다.

$$\theta \approx \sin^{-1} \left(\frac{\delta}{r} \right) \quad (2)$$

상온에서의 음파의 속도를 C 라고 하고 양쪽 귀에 도달하는 위상의 시간차를 τ 라고 하면 $\delta = \tau/C$ 이므로 방향 θ 와 위상의 시간차 τ 와의 관계를 식(3)과 같이 표시할 수 있다.

$$\theta \approx \sin^{-1} \left(\frac{\tau}{rC} \right) \quad (3)$$

일반적으로 ITD는 15kHz 이하의 저주파 대역에서 음상 정위 효과를 나타낸다.

3. 두 귀간의 레벨차(Inter-aural Level Difference : ILD)

ITD와 함께 음상 정위의 중요한 단서인 ILD는 음원의 방향 뿐만 아니라 음원의 거리를 나타내는 단서이다. 음파는 역자승 법칙에 의해 음원으로부터 거리가 2배가 되면 레벨은 6dB 감소한다. 따라서 두 귀간의 레벨에 차이를 두어 음원의 방향을 나타낼 수도 있다.

저주파의 경우에는 파장의 길이가 두 귀간의 거리, 즉 머리의 지름보다 길어져서 두 귀간의 레벨차이가 생기지 않으므로 ILD를 사용하기 힘들어진다. 보통 ILD는 1.5kHz 이상의 주파수에서 사용할 수 있다.

III. 시스템 구성

그림 3은 시스템의 전체 구성도이다. 초음파 센서 어레이를 이용하여 장애물을 감지한 데이터는 메인 프로세서에서 거리와 방향에 따른 음향 신호와 진동 신호로 변환하여 출력한다.

장애물 검출용으로 사용한 초음파 센서 모듈은 Acroname inc.의 Devantech SRF04 초음파 모듈로 전원 및 트리거 입력 및 펄스 출력을 갖고 있으며 입력에 10 μs 이상의 TTL 레벨의 트리거 펄스를 인가하면 40kHz의 초음파가 방사되고 수신된 거리에 비례하는 시간만큼의 펄스 폭을 갖는 출력을 내보낸다.

본 시스템에서는 8개의 센서 모듈을 15°각도로 배열하였으며 Atmel 사의 89C51 마이크로 컨트롤러를 이용하여 센서를 제어하였다.

초음파 센서를 여러 개 사용할 경우 송신 파형을 동시에 출력하면 다른 센서에서 수신을 해서 엉뚱한 측정값이 나올 수 있으므로 센서 모듈의 동작 시간을 감안하여 50ms마다 하나의 센서 모듈만을 동작시켜 순차적으로 측정하는 방법을 사용하였다.

초음파 센서로부터 측정된 장애물의 거리 신호 전송을

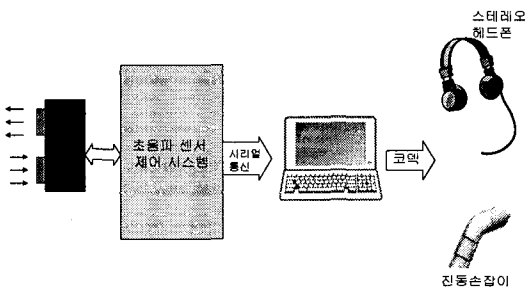


그림 5. 시스템 구성도

표 1. SRF04 초음파 센서 모듈 사양

Voltage	5V only required
Current	30mA Typ. 50mA Max.
Frequency	40kHz
Max Range	3m
Min Range	3cm
Sensitivity	Detect 3cm diameter broom handle at > 2m
Input Trigger	10μs min. TTL level Pulse
Echo Pulse	Positive TTL level signal, width proportional range.

위한 인터페이스로 4800baud의 속도로 RS232C 통신을 사용하였으며 전송된 신호를 처리하기 위한 시스템은 펜티엄 3 프로세서 600MHz로서, 128MHz의 RAM을 장착한 노트북 PC를 사용하였다.

스테레오 헤드폰으로의 출력을 위한 사운드 카드는 사운드 블라스터 호환 카드를 사용하였으며 진동 모터는 최대 인가 전압 1.5V, 정격 전류 80mA로 PC 시리얼 통신을 통하여 제어하였다.

IV. 실험 및 결과

실험은 너비 15cm, 높이 25cm의 장애물을 이용하여 장애물의 위치를 측정된 후 DirectSound를 이용하여 미디음을 출력하였다.

초음파 센서는 최소 3cm 거리에서 3m 거리까지 측정할 수 있으며 3m 이상의 거리의 경우는 측정하지 않고 0으로 놓았다.

초음파 센서에 1.5m 이내에 장애물이 감지될 경우 장애물 경보기는 경고음과 손잡이를 진동시키며 50cm 단위로 3단계의 음의 크기와 진동의 세기를 설정하였다.

표 2는 장애물이 각 방향에 대해 1m 앞에 있을 때의 센서의 측정값에 대한 평균값으로 측정시 해상도는 1cm, 최대 오차는 ±2cm이다. 본 시스템에서 사용한 초음파 센서의 지향각은 30°이기 때문에 표를 보면 알 수 있듯이 장애물이 초음파 센서의 정면에 있지 않더라도 감지가 되므로 측정된 거리 중 0을 제외한 최소값을 갖는 초음파 센서의 방향을 장애물의 방향으로 판단하여 음향과 진동 신호를 출력하였다.

표 2. 장애물의 위치에 따른 센서에서의 측정값. 센서 번호는 왼쪽으로부터 시계 방향. 장애물의 각도는 왼쪽이 -, 오른쪽이 + 각도.

센서No. 방향	0	1	2	3	4	5	6	7
-52.5	099	100	102	107	0	0	0	0
-37.5	101	100	105	0	0	0	0	0
-22.5	0	100	101	101	0	0	0	0
-7.5	0	0	101	099	0	0	0	0
0	0	0	106	105	102	105	0	0
7.5	0	0	0	103	101	101	103	0
22.5	0	0	0	105	102	101	102	0
37.5	0	0	0	0	0	105	102	102
52.5	0	0	0	0	0	0	102	101

진동 신호는 좌측과 우측, 정면의 세 방향으로 나누어 $\pm 22.5^\circ$ 이내에 장애물이 검출될 경우에는 양쪽의 진동 모터를 모두 동작시킨다.

실험 결과 음향 신호는 장애물의 위치를 무난하게 인식할 수 있었으며 진동 손잡이는 최대인가 전압인 1.5V를 인가할 경우 손잡이 전체가 떨려 제대로 인식이 불가능하여 0.8V로 전압을 인가한 후 무난하게 인식할 수 있었다.

V. 결론 및 고찰

장애인을 위한 보조 장비의 개발은 기술이 발전함에 따라 복지 사회에서 요구하는 중요한 분야이다.

본 논문은 시각 장애인들의 실외 보행시 편의를 위한 장애인 안내 로봇을 개발하는 과정에서 장애물의 검출과 경보를 위한 장애물 경보기를 개발하고 실험을 통하여 본 시스템으로 시각장애인에게 효율적인 정보를 제공할 수 있음을 보였다.

앞으로의 진행 사항으로는 RTA 시스템으로 발전하여 능동적인 안내 기능과 함께 GPS 및 INS 연동으로 경로 정보 안내에 대한 연구를 이어나가고자 한다.

참고 문헌

[1] I. Ulich and J. Borenstein "The Guide Cain-Applying Mobile Robot Technologies to Assist the Visually Impaired", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A:Systems and Humans, Vol.31, No. 2, pp.131-136, 2001

[2] S. Kotani, T. Nakata, M. Hideo, "A strategy for crossing of the robotic travel aid "Harunobu" ", Intelligent Robots and Systems, 2001. Proceedings. 2001 IEEE/RSJ International Conference on , Volume:

2, pp. 668-673, 2001

[3] Kazuhiro Nakadai, Tatsuya Matsui, Hiroshi G. Okuno, and Hiroaki Kitano, "Active Audition System and Humanoid Exterior Design", Proceedings of the 2000 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.1453-1461, 2000

[4] William G. Gardner, " 3-D Audio Using Loudspeakers", Kluwer Academic Publishers, pp.99-115

[5] C. Liard, A. Beghdadi, "An audiodisplay tool for visually impaired people: the sound screen system ", Signal Processing and its Applications, Sixth International, Symposium on. 2001 , Volume: 1 , pp. 198-201, 2001

[6] S. Shoval, J. Borenstein, Y. Koren. "Auditory guidance with the Navbelt-a computerized travel aid for the blind", Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on , Volume: 28 Issue: 3 , pp. 459-467, 1998

[7] 강성훈, 강경욱 공저, "입체 음향", 기전 연구사, pp.40-81, 1997