醫工學會誌 : 第8卷, 第1號, 1987
J. of KOSOMBE : Vol.8, No.1

研 究 論 文
87 - 1 - 02

Time Scaling 방법을 이용한 초음파 보행 보조기기

양 호* · 양태현** · 고한우** · 김원기**

= Abstract =

Ultrasonic Mobility Aids for the Blind using Time Scaling Method

Ho Yang * · Tae-Hyun Yang ** · Han-Woo Ko ** · Won-Ky Kim **

In this paper, we proposed the time scaling method for the ultrasonic aids for the blind. This system is simplified by using the analog delay line(BBD) for the time scaling of echo signals and the experimental results show the proposed method is superior to the conventional frequency mapping method.

1. 서 론

우리나라의 심신장애자 수는 100만명에 달하고 이중에서 시각장애자는 약 10만명 정도로 추정하고 있다. 사회적 경제적 여건이 변함에 따라 맹인들의 사회적 활동에 관한 욕구는 증대되어 왔으며, 이들에게 시각 대체기능을 갖게하는 여러가지 방법과 기기가 연구 개발되고 있다. 기본적인 시각대체기능은 인쇄물을 읽을 수 있는 기능과 보행을 자유롭게 할 수 있는기능인데, 반도체와 컴퓨터기술의 발전 추세로 보아 컴퓨터가 인쇄물을 읽어서 음성으로 바꾸는 장치는 조만간 개발될 것으로 예측되나 컴퓨터가 인공시각기능을 가지고 장애물을 판단하고 자유롭게 보행할 수 있는 보조기기의 개발은 앞으로 많은 시간이 필요할 것으로 예측된다[1].

맹인의 보행을 보조하기 위한 보조기기의 연구는 2차대전 이후부터 였으며 지금까지 40여년 동안 30여가지의 보행 보조기기가 연구개발되었다. 이것들은 다양한 원리를 기초로 하여 여러가지 관점에서 보행에 관한 문제를 해결하려 하였다. 이중에서 활발히 연구된 것은 1960년대에 Havenford College 와 Bionic Instrument 사에서 레이저광선을 이용하여 개발한 Bionic cane 과 M.I.T. 에서 초음파를 이용한 Travel Pathsounder 와 뉴질랜드 Canterbury 대학의 L.Kay 박사가 개발한 초음파 안경 등이 있다[2]. 이중에서 초음파 안경은 청각기능만 가진 박쥐가 어두운 밤에 먹이를 잡고, 자유로이 날아 다닐 수 있는 생체 sonor 의 원리를 이용하여 연구개발된 기기로 성능이 우수하여 실용화가 되었다.[3]. 본연구에서는 최신 반도체 소자를 이용하여 새로운 방법으로 초음파 안경을 개발하고 실험을 통하여 그 성능을 확인하였다.

〈접수 : 1987년 5월 25일〉

* 연세대학교 전기공학과
Dept. of Electrical Eng., Yonsei University.
** 연세대학교 의용공학과
Dept. of Biomedical Eng., Yonsei University.

2. 초음파 보조기기 시스템

초음파를 이용한 보행보조기기의 기본원리는 대기중에 있는 물체에 초음파를 조사하여 반사된 반향(echo) 신호를 사람의 귀에서 쉽게 인식할 수 있도록 신호처리하여 물체의 위치와 표면상태 및 모양을 감지할 수 있도록 하는 것이다. 초음파는 대기중에서 초속 약340 m 로 전송되는데, 수 m 전방에서 발생하는 초음파의 반향신호 지연시간은 수 ms 정도로 짧기 때문에 사람의 청각능력으로는 감지할 수 없으므로 초음파를 송출하는 송신부분과 반향신호를 처리하는 수신 부분에 적절한 신호처리 방법이 필요하다.

2-1. 주파수 변환 방법을 이용한 초음파 안경

이 기기는 1970년 초 L. Kay 박사에 의해 개발된 것으로 물체의 거리에 따른 반향신호의 시간지연을 이에 비례 하는 가청주파수의 신호로 대응시키는 방법이다.

그림 1에서 스위프발진기/타이밍제어기에서 발생된 신

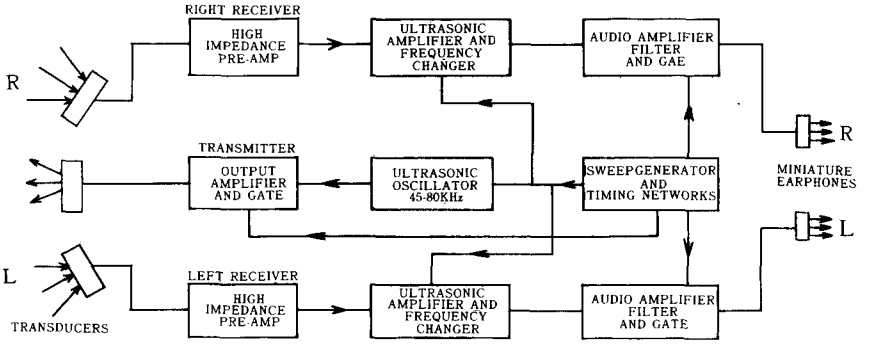


그림 1. Kay 시스템의 블럭선도

Fig. 1. Schematic of Kay's binaural sensory aid.

호에 의해 초음파 발진기는 45－80 KHz 의 광대역 초음파를 발진하고, 발진된 신호는 송신증폭기／게이트회로를 거쳐 송신변환기에 의해 대기중에 조사된다. 이때 대기 중에 조사된 초음파 에너지는 물체에 도달하게 되고, 물체에서 반사된 반향신호는 좌우수신 변환기에 입력되어서 전기신호로 변하며, 변환된 전기신호는 좌, 우 채널의 고임피던스 전치증폭기와 초음파증폭기／주파수 변환기를 거쳐서 가청증폭필터／게이트회로에 입력되고, 출력신호는 이어폰을 통하여 사용자의 귀에 전달된다.

거리에 관한 정보를 가지고 있는 반향신호의 시간지연은 다음과 같이 가청주파수로 변환된다. 송신변환기에 그림 2와 같은 스위프신호를 인가 할때 단위시간당 주파수 변화량은

$$\frac{df}{dt}=\frac{\Delta f}{ts}\text{Hz/ sec} \qquad (1)$$

가 되고, 물체와의 거리를 d, 초음파의 전송속도를 c 라고 하면, 수신된 반향신호의 주파수는

$$f_D=\frac{\triangle f}{t_s}t_D=\frac{2\triangle f\cdot d}{t_s\cdot c}\text{Hz} \qquad (2)$$

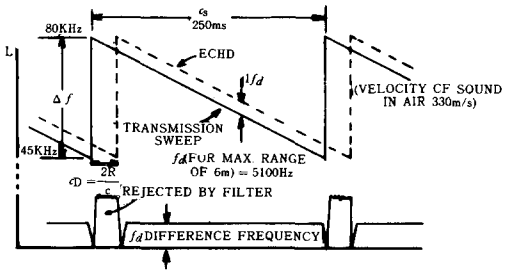


그림 2. 양귀 보조를 위한 주파수·시간 함수

Fig. 2. Frequency-time functions for binaural aid.

가 되어, 이 시스템에서 물체의 거리 1 m 당 주파수 편이는 약1 KHz 가 되며 물체의 표면상태에 따라 음색이 달라진다.

이와 같이 물체의 거리를 주파수로 대응하는 시스템은 움직이는 물체에 대해서는 도플러현상이 발생하여 쉽게 감지할 수 있으나, 물체가 여러 곳에 있을 경우에는 여러 주파수의 혼합음으로 들리므로 각각의 물체 위치를 구별하기 힘들고, 같은 물체라도 위치에 따라 변환된 연속음의 주파수가 바뀌므로 물체를 인식하기가 어려우며, 사람 청각의 주파수 구분능력은 두 주파수 차의 절대치보다는 상대치에 의해 구분하므로 먼곳에서 발생한 반향일수록 높은 가청주파수로 변환되어 거리분해능이 나빠진다. 그리고 초음파를 송수신하는 변환기는 초음파 발진기에서 발생하는 40 KHz～80 KHz 의 광대역 특성을 가져야하기 때문에 성능이 우수하고 가격이 저렴한 협대역 변환기를 사용할 수 없는 문제점이 있다.

2－2. Time Scaling 방법을 이용한 초음파 안경

본 연구에서는 위와같은 문제점을 해결하기 위하여 협대역 초음파 변환기를 사용하며 초음파 burst 를 송출하고, 수신된 반향신호를 analog delay Line 으로 시간축 상에서 길게 늘려서 사람의 청각으로 인식할 수 있게 처리하였다.

기기의 구성은 그림 3과 같이 초음파를 송신하는 송신부, 반향신호를 수신하는 수신부, 시간축으로 반향신호를 늘려서 사람이 들을 수 있는 신호로 바꾸어 주는 신호처리부, 전체시스템을 제어하는 시스템 제어부로 되어 있다.

송신부는 송신변환기에서 효율적인 초음파 burst 를 방출하기 위하여 변환기의 중심주파수로 발진하는 구형파 발진회로, 시스템제어부에서 공급되는 송신 개시신호를 사용하여 송신증폭기의 입력을 제어하는 게이트회로, 변환기를 구동하기 위한 전력트랜지스터와 트랜스포머로 구성된 송신증폭회로로 되어 있다. 여기서 사용한 초음파 변환기는 중

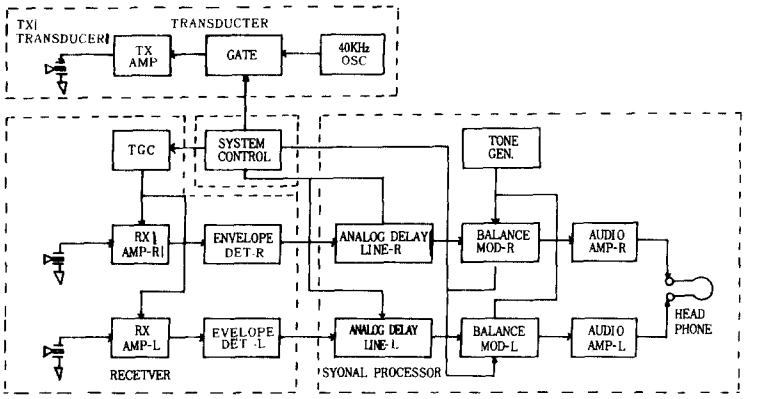


그림 3. 본 연구에서 제안한 초음파 보조기기의 블럭선도
Fig. 3. Block diagram of proposed ultrasonic sensory aid.

심주파수가 40 KHz이고 대역폭이 2 KHz ~6 KHz인 협대역 특성인 것을 사용하였다.

수신부는 송신변환기와 쌍으로 사용되는 수신용 변환기로 초음파 반향을 전기신호로 바꾸어 수신증폭기에 인가한다. 이 증폭기는 먼 곳에서 발생한 반향일수록 크기가 작아지는 현상을 보상하기 위하여 반향도착 시간에 비례하여 자동으로 이득을 제어하고 (time gain control), 반향신호를 충분히 증폭한 다음 검파기에서 반향신호의 포락선을 얻는다.

시스템 제어부는 발진기, 카운터, 게이트로 구성되어 있다. 여기서는 각부분을 제어하는 송신개시신호, 반향신호를 analog delay line에 저장하기 위한 실시간 클럭, 저장된 신호를 길게 늘이기 위한 확장(extended) 시간클럭 등을 만들어 준다.

본 연구의 핵심부인 신호처리부는 수신부에서 구한 반향의 포락선 성분을 analog delay ine인 BBD(bucket brigade device)에 차례로 저장시킨다. 저장이 끝나면 실시간보다 8배 늦은 확장클럭으로 저장된 신호를 읽어낸다. 이렇게 읽어낸 신호는 실제신호에 비해 시간축상에서 8배 늘여진 것이다. 이와 같이 시간축으로 늘이면 반향의 포락선 주파수 성분이 가청주파수 이하로 낮아지므로 사람의 귀로는 인식할 수 없게 된다. 이 문제를 해결하기 위하여 시간축으로 늘려서 주파수 성분이 낮아진 반향의 포락선 성분을 사람 귀에 부담을 주지 않는 주파수 (1.2KHz)로 평형변조시켜 가청주파수 대역으로 바꾼다. 이 신호는 저주파증폭기를 거쳐 이어폰을 통하여 시각장애자의 귀에 인가된다.

그림 4는 시스템 각부분의 타이밍 및 신호파형을 나타낸다.

3. 실험 및 결과고찰

그림 3과 같은 구성으로 하드웨어를 설계제작하고 사용한 초음파변환기로는 그림 5의 방출패턴이 협각특성을 갖는것과 그림 6의 광각특성을 갖는 것으로 각각 시스템을 구성하였다. 처음에는 시간축을 확장하기 위한 방법으로 마이크로프로세서를 이용하여 반향의 포락선 성분을 실시간으로 A/D 변환하여 RAM에 저장하고, 저장된 데이터를 시간축으로 늘여 D/A 변환하였다. 이시스템은 소비전력이 많아 이를 공급하기 위한 전원부와 제어부분이 커져서 전체부피가 크고 무거워 짐에 따라 (290×270×185 mm, 4 kg) 휴대용으로 부적당하였다. 이를 개선하기 위하여 아나로그 신호영역에서 시간축상으로 변환할 수 있는 BBD 소자를 이용하여 소비전력과 전체적인 크기및 무게(85×120×50 mm, 0.5 kg)를 획기적으로 줄일 수 있었다. 사진 1은 이 두가지 시스템에 대한 사진이다.

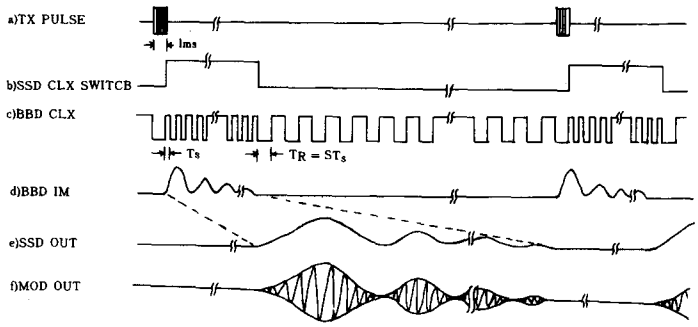
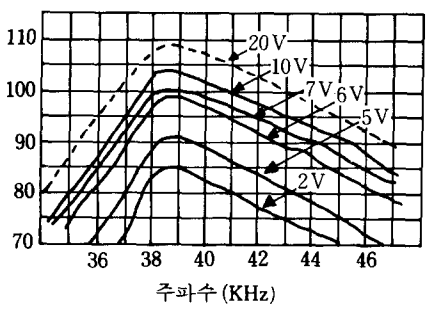
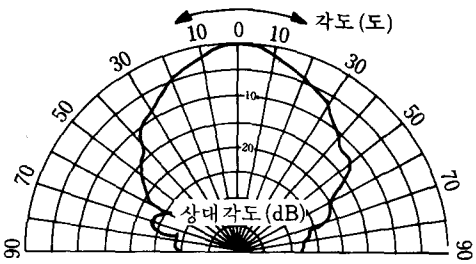


그림 4. 시스템 각 부분의 시간관계

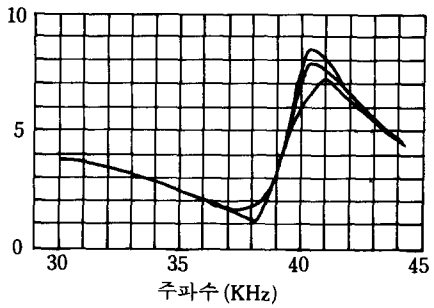
Fig. 4. Timing chart of system.



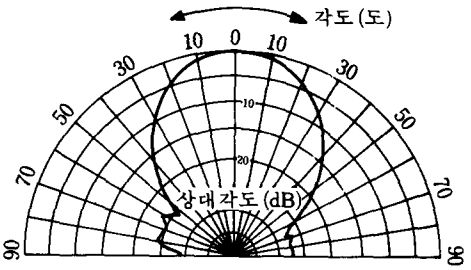
(a) 주파수특성 (SEO8F-40)



(b) 지향특성 (SEO8F-40T)



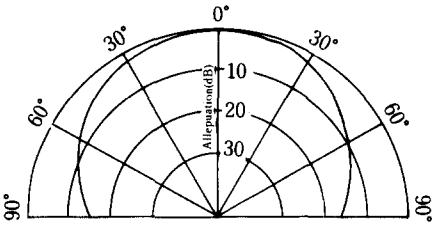
(c) 임피던스특성 (SEO8F-40)



(d) 지향특성 (SEO8G-40R)

그림 5. TDK 회사 트랜스듀서의 특성

Fig. 5. Characteristics of TDK'S transducer.



Radiation Characteristic

■ Features:

• World'S smallest ultrasonic sensor at 10mm diameter. Weighs only 0.7 grams and is aqqroximately 3/1smaller than conventional types.

• Sensitivity of over-74dB, sound pressure of over 100dB at 40KHz.

• Superior temperature, humidity, vibration, and shock resistances characteristics.

• Many uses include burglar alams, distance meters, proximity switches, counters, remote controller and other applications.

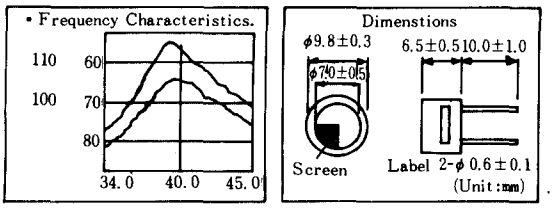


그림 6. Murata 회사 트랜스듀서의 특성
Fig. 6. Characteristics of Murata's transducer.

사진 1. 초음파 보조기 시스템
Photo. 1. Ultrasonic aid system.

송수신 변환기의 지향성에 따른 영향을 검토하기 위하여 그림 5의 특성을 갖는 1개의 송신변환기와 2개의 수신변환기를 부착(수신측 지향편각 20 °)시킨 협각특성의 안경과 그림 6의 특성을 갖는 2개의 송신변환기와 3개의 수신 변환기를 사진 1에서와 같이 기기에 부착한 광각 특성을 갖는 기기를 성인맹인에게 실험을 행하였다. 그결과 실명한지 오래되어 보행훈련을 받고 안면시력 (facialiuision)이 있는 맹인에게는 광각특성을 갖는 것이 적합하였고, 협각특성을 갖는 안경은 감지할 수 있는 범위가 좁고 또한 안면시력 기능에 장애를 주어 부적합하였다. 실명후 안면 시각기능이 발달하지 않은 상태에서 보행훈련을 받을 때에는 협각특성을 갖는것이 적합하였다. 이것은 협각특성을 가지므로 좁은 골목길이나 출입문 등도 쉽게 통과할 수 있으며, 넓은 도로 보행시 진행방향의 장애물을 쉽게 감지할 수 있었다.

기존의 초음파 보조기기인 L.Kay의 시스템은 초기 훈련 과정에서 80여가지의 기능을 1~3개월정도 훈련을 받아야만 사용할 수 있으나, 본 연구에서 제안한 시스템은 대략 1개월 정도의 훈련을 받으면 사용할 수 있는 것으로 밝혀졌다.

4. 결 론

본 연구에서 제안한 time scaling을 이용한 방법은 기존 L.Kay의 주파수 변환에 의한 장애물 인식 방법보다 더 쉽게 장애물을 인식하여 안전보행을 할 수 있다.

그리고 범용으로 사용되는 초음파변환기를 이용하였기에 저렴한 가격으로 시스템을 구성할 수있어 장애자의 복지에 기여할 수 있을 것으로 생각 된다. 이 시스템의 문제점으로는 눈 또는 비가 올때 이로인한 초음파의 산란 잡음 때문에 장애물 인식이 방해를 받게 되므로 이를 해결하기 위한 효과적인 방법이 제안되어야 하고, 사람의 청각능력에 적합한 최적송신회로, 최적송출각도, 최적 time scaling factor 등을 결정하기 위한 연구가 계속되어야 할것이다.

참 고 문 헌

1) Patrick W. Nye and James C. Bliss, ***"Sensory Aids for Blind : A Challenging problem with Lessons for the Future"***,
Proc. of IEEE, Vol.58, No12, pp.1878 — 1898, 1070

2) John A. Brabyn, ***"New Developments in Mobility and Orientation Aids for the Blind," IEEE Trans. Biomed. Eng., Vol. BME*** — 29, No.4, pp.285 — 289, 1982

3) L. Kay, ***"A Sonar Aid to Enhance Spatial Perception of the Blind; Engineering Design and Evaluation", The Radio and Electronic Engineer, Vol.***44, No.11, 1974