

# 소리의 방향성 측정을 위한 실험기기의 자동제어

장순석<sup>†</sup> · 고재하<sup>\*</sup> · 이제형<sup>\*\*</sup>

Automatic control of experimental apparatus for sound's directivity measurement  
direction acoustic wave

Sun Suck Jarang, Jae Ha Ko, Je Hyeong Lee

**Key Words :** Direction Acoustic Wave(소리의 방향성), Automatic Experiment(자동화 실험), Aechoic room(무 음향실)

## Abstract

The directivity of the sound pressure increases the sensitivity of the incoming sound from specific directions. The directivity measurement of the sound pressure is usually done in an anechoic room using a stepping motor. In this paper a replaceable anechoic chamber was designed for the acoustic directivity pattern measurement. Electrical equipments were interfaced with a PC for experiment automatic control. Some comparative results are shown in the result.

## 1. 서 론

### 1.1 소리의 방향성이란?

일반적으로 소리는 직진성과 함께 장애물을 끼고 우회해 나가면서 퍼져 나가는 회절성, 혹은 물체에 닿는다면 반사를 한다거나 오히려 닿는 면에 흡수가 되는 성질이 있다. 낮은 주파수대역의 소리일수록, 소리는 회절성이 강해서 음원이 가려져 있더라도 잘 들리게 되지만, 높은 주파수대역의 소리일수록, 직진성이 강해서 음원과의 사이에 장애물이 있다면 잘 들리지 않게 된다. 이는 주파수에 대한 서로 다른 방향성 특성 때문이다.

만약 이런 소리의 방향성을 제어하게 되면, 특정 방향의 소리만을 들을 수 있는 리시버나, 또는 특정 방향으로만 음을 전달하는 스피커가 나올 수 있다.

### 1.2 소리의 제어

이렇게 소리의 방향성을 제어 하기 위해서는 각각의 소리(주파수)에 대한 방향성의 정의가 이루어져야 한다. 특히 가청주파수대부터 초음파대역 이르기까지 방향성의 실험적인 표준이 우선 되어야 한다. 이를 위해 본 연구는 외부의 잡음을 받지 않고 1° 간격으로 움직이는 간이형 무향실을 제작하여 각 주파수에 대한 방향성 실험을 하였다.

## 2. 무향실 제작

### 2.1 반사파를 고려한 원기둥의 최적 형태

무향실이란 출력 신호에 대한 같은 반사 조건이 이루어져야 하고, 반사각이나 반사각에 따른 세기역시 똑같이 고려되어야 한다. 사각기둥처럼 각도를 이룬 벽면은 실험조건과 맞지 않고, 벽면에 각도가 동일한 조건이 되는 원기둥이 무향실 제작에 가장 알맞은 조건이라 할 수 있다.

### 2.2 최소 주파수에 따른 수치 계산

실험상 저주파부터, 고주파와 초음파에 이르기까지 다양한 주파수대역을 설정하여 실험하는데, 여기서 고려되어야 할 사항이 바로 저주파 성분

<sup>†</sup> 조선대학교 정보제어계측공학과  
E-mail : [ssjarnng@chosun.ac.kr](mailto:ssjarnng@chosun.ac.kr)  
TEL : (062)230-7107 FAX : (062)226-3211

<sup>\*</sup> 조선대학교 정보제어계측공학과

<sup>\*\*</sup> 조선대학교 제어계측공학과

이다. 저주파는 장파 성분으로 이루어져있고 저주파에서 고주파로 올라갈수록 장파 성분을 줄여들어 단파 성분으로 이루어진다. 그래서 무음향실 제작에 있어 저주파성분만 고려하여 설계하면 된다. 다음은 파장을 구하는 공식으로,

$$l = \frac{v}{f}$$

식으로 최소 주파수(500Hz)에 대한

파장을 구할 수 있다.

$$\frac{331m/s}{500hz} = 0.66m$$

66cm 에서 반사파를 고려하면 132cm 가 필요하게 된다. 이를 위해서 지름을 200cm 즉 2M 로 제작하였다.

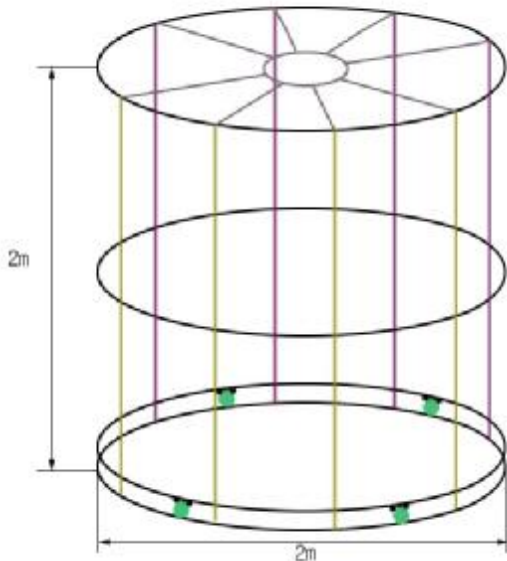


Fig. 1 Anechoic room design

2.3 1° 간격으로 움직이기 위한 장치

각 주파수에 대한 모든 방향을 측정해야 하므로 1° 식 움직이는 무향실을 갖추어야 한다. 이를 위해 원기둥 윗면과 아래면을 분리 하고, 그 사이에 베어링을 넣어 회전하게 만들었다. 여기서 각도를 체크하기 위해 원에 360 개의 홈을 주어 그 홈으로 각도를 체크 하였다.

2.3.1 구조물

원기둥 형태의 철골 구조물로 구축하였고, 여기에 흡음성 스폰지를 이용하여 외부의 소리와 내부의 소리가 들리지 않게 하였다.



Fig. 2 Real anechoic room

3. 실험장비 구성

3.1 구(Spherical) 설정

방향성이란 단어 역시 사람의 귀에 의해서 듣고 정의되는 것이므로 모든 조건을 같게 하기 위해 사람모양의 구형 강체를 놓고 실험 하였다. 이 구에서는 특히 귀 부분을 설정하고, 그 귀 좌우에 해당하는 곳에 프로브 마이크로폰(Probe Microphone) 4 개를 각각 왼쪽 오른쪽에 2 개씩 배치하고 배치간격은 구와 1mm 간격으로 프로브 마이크로폰을 설정하고, 그 프로브 마이크로폰과의 간격은 10mm 로 설정하였다. 이 역시 파장을 고려한 값으로 이와 같이 설정하였다.

3.2 계측 장비 구성

방향성을 측정하고자 하는 주파수를 보내주는 것은 신호발생기(Function Generator)[2]이다. 이 신호발생기는 스피커를 통해 소리를 내어주면, 이 소리는 무 음향실의 외벽과, 중앙에 배치되어 있는 강체의 영향에 의해 약간의 변화가 발생한다. 이 변화된 소리는 강체 주위 특히 귀 부분에 있는 4 개의 Probe (Microphone 40SA)을 통해 변화된 신호를 받게 된다. 이 신호는 다시 오실로스코프(Oscilloscope)장비에 파형을 디스플레이 하고, 이 파형은 오실로스코프 기능을 이용하여 진폭과 위상차를 구한다.[1]

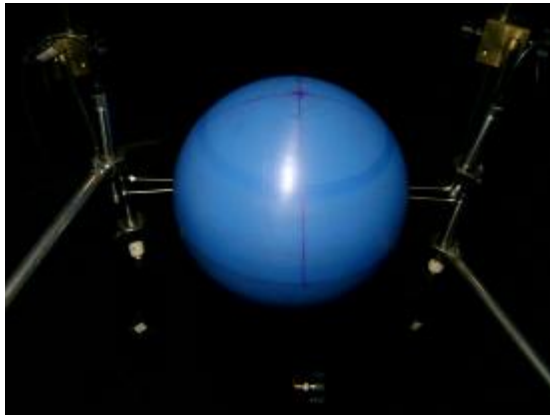


Fig. 3 Establish sphere model and Probe microphone

3.3 Active Filter

각각의 장비들이 연결되어 신호를 측정하면, 각각의 장비에서 발생하는 고 주파수 성분들의 결합으로 인해 원치 않는 고조파 성분이 잡히게 된다. 또한 외부 잡음으로 인한 깨끗하지 못한 파형이 나오게 되는데, 이는 파형분석에 도움이 되지 않을 뿐더러 잘못된 결과값을 초래하므로 이러한 고조파와 잡음을 제거하기 위해 Active Filter 을 설치하여 변화된 신호는 이 필터를 거쳐 깨끗한 신호로 변환되어 쉽게 분석 할 수 있다.

4. 실험

4.1 실험과정

방향성 실험은 모든 조건(입력주파수, 입력전압, 강체 구와 센서들 위치 고정)을 같이 하고, 오직 달라지는 조건은 1° 간격으로 움직이는 것으로 매 1° 간격으로 움직일 때 진폭과 각각 채널에 대한 위상 값을 측정하면 이 값으로 수치 프로그램을 이용하여 측정한 하나의 주파수에 대한 방향성 데이터를 얻을 수 있었다. [4]

4.2 실험결과값 비교

방향성 데이터 비교를 위해 구조음향 CAE 패키지인 SVS 로 계산된 방향성 데이터와 비교해 보았다.[3] 그림 6 을 보면 왼쪽의 있는 그림이 직접 실험해 얻는 결과값이고, 오른쪽에 있는 그림이 SVS 로 시뮬레이션 한 결과이다. 그림에서 비슷한 패턴으로 표시되는 것을 알 수 있다.

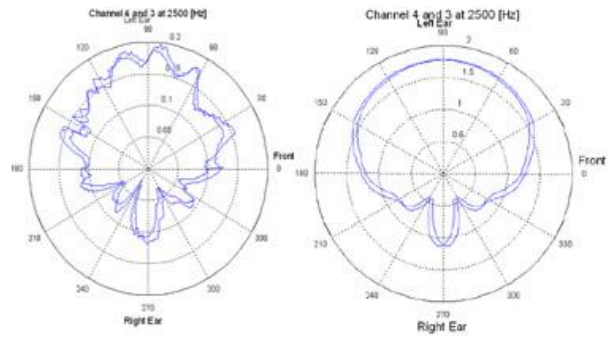


Fig. 4 Differ experiment data

5. 실험상 문제점

5.1 실험과정

방향성 실험은 모든 조건(입력주파수, 입력전압, 강체 구와 센서들 위치 고정)을 같이 하고, 오직 달라지는 조건은 1° 간격으로 움직이는 것으로 매 1° 간격으로 움직일 때 진폭과 각각 채널에 대한 위상 값을 측정하면 이 값으로 수치 프로그램을 이용하여 측정한 하나의 주파수에 대한 방향성 데이터를 얻을 수 있었다.

5.2 문제 발생

위의 실험 과정에는 각각의 작업에 따른 시간의 할당이 많이 필요하다. 더욱이 몇 개의 주파수만 분석하는 것이 여러 주파수대까지 분석해야 하므로 실험 시, 많은 시간 발생은 문제라 할 수 있다. 또한, 측정한 데이터 값을 또다시 수치프로그램으로 계산하는 두 번의 작업이 되므로 시간이 많이 허비된다.

5.3 문제 해결 방법

시간을 줄이는 방법으로는 모든 실험장비의 자동화를 생각해 볼 수 있다. 계측장비와 무향실을 자동화 시키고 이를 컴퓨터와 연결하여 컴퓨터로 제어하고 측정된 데이터 역시 컴퓨터에 저장되는 방식이다.

6. 자동화 구축

6.1 계측기기의 자동화

각각의 계측장비에는 RS-232 시리얼 포트와 GPIB 포트인 컴퓨터 인터페이스 단자가 있어 이를 응용하여 컴퓨터로 이들 장비를 제어할 수 있다. 이렇게 컴퓨터를 이용하여 제어하기 위해서는 제어프로그램이 필요한데, 각각의 계측기기에는 예제 프로그램과 소스 파일이 있기 때문에 이를 이

실험에 맞는 형태의 프로그램으로 수정하여 자동화를 이루었다. Function Generator 에서 입력 주파수를 주고 Oscilloscope 에서 센서를 통해 들어온 데이터를 받아들여서 이를 다시 컴퓨터에 저장하는 일련의 과정을 제어프로그램으로 만들었다.

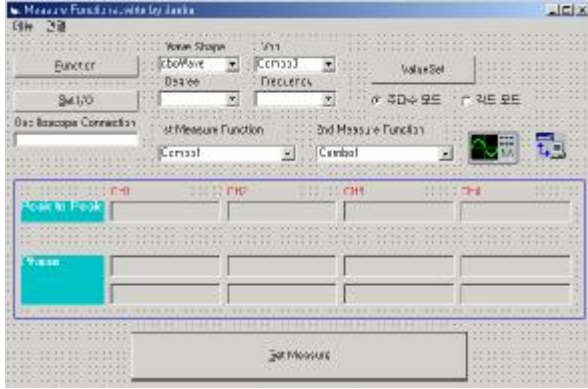


Fig. 5 Data storage Program

6.2 무향실의 자동화

무향실의 자동화 이전에는 1° 움직이는데 수동으로 하였는데, 이는 각도의 오차 발생과 오히려 측정하는 시간보다는 이를 수동으로 움직이는데 시간을 더 허비하기도 한다. 그러므로 무향실의 자동화는 필수이다. 이를 위해서 무향실에 스텝핑 모터(Stepping Motor)를 이용하여 1° 간격으로 움직이게 하고, 스텝핑 모터가 견딜수 있는 힘을 고려하여 무향실의 재설계를 하였다. 설계 시 외부와 내부프레임으로 분리하여 외부프레임에서 내부프레임의 하중을 지지하여 내부프레임을 손쉽게 돌릴 수 있게 설계하였다. (그림 5 참조)

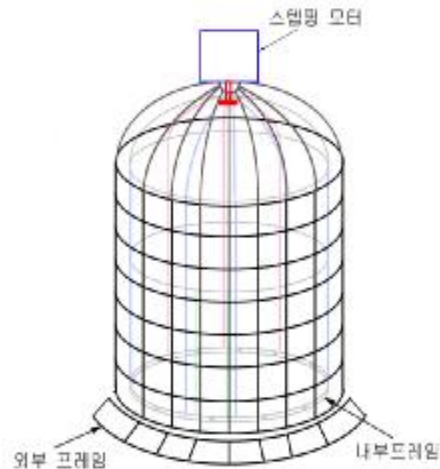


Fig. 6 Anechoic room designe used a stepping-

motor

6.3 모든 실험장비의 통합

현재까지는 측정기기의 자동화만 구축한 상태이다. 이 작업만으로도 이 실험의 자동화는 80% 이루어졌다고 할 수 있다. 무향실의 자동움직임이 안되므로 현재의 실험은 각도는 나중에 움직이고 모든 주파수에 대해서 먼저 실험을 하고, 그 다음 각도를 움직이는 방식으로 진행 되고 있다. 향후 무향실의 스텝핑 모터에 의한 제어가 이루어지면 완전한 자동화시스템으로 PC 에서 모든 제어와 실험을 한번 실행으로 끝낼 수 있다.

7. 결론

7.1 결론

본 연구는 소리의 방향성을 연구하기 위한 단계로 데이터 수집에 해당하는 과정이다. 소리의 방향성을 알고 이를 제어하기 위해서는 무엇보다 각 주파수에 대한 방향성 정의가 이루어져야 한다. 시뮬레이션 방법이 있지만 신뢰성을 고려하여 이와 같은 방법으로 실험에 임하였다. 특히 이 실험을 진행하면서 외부요인에 따른 해결 방안을 고려하였다. 저주파의 장파성분과 동일조건에서의 반사파를 고려한 무향실의 최적화 설계, 그리고 잡음으로 인한 파형분석의 어려움을 필터를 설치하여 해결하였고, 많은 양의 작업으로 인한 시간 소요를 줄이기 위해 실험 장치의 자동화 과정을 살펴 보았다. 자동화 과정의 핵심인 제어프로그램을 본 실험에 알맞게 수정하여 본 실험의 자동화를 이루었다. 이렇게 실험을 통하여 얻어진 데이터는 DSP 칩의 제어를 위한 기준으로 쓰여진다.

참고문헌

- (1) Agilent Technologies, 2000.1.27 54624A Oscilloscope Manual
- (2) Hewlett-Packard Company printed in U.S.A, August 1994, HP 33120A Function Manual
- (3) You Jung Kwon, Soon Suck Jarng, 2004.5.7, Directivity patten simulation of the ear with hearing aid microphone by BEM, Acoustical society of korea, Vol 23 No 1, pp:361-366
- (4) Je Hyung Lee, 1999. 8, Position Estimation of Underground Acoustic Source Origin Using an array of SONAR Transducers, PP:7-16,