

# 기중 파라메트릭 송파기 개발을 위한 기초 연구

문병천\* 김무준\*\* 하강열\*\*

\*부경대학교 대학원 음향진동공학과 \*\*부경대학교 물리학과

## The Basic Study for Development of Parametric Transmitter in the Air.

Byung-Cheon Moon\* Moo-Joon Kim\*\* Kang-Lyeol Ha\*\*

\*Dept. of Acous. & Vib. Eng. in Pukyong National University.

\*\*Dept. of Phys. in Pukyong National University.

### 요 약

파라메트릭 송파 방식을 공기중에서의 음향 변환기에 적용시키기 위한 검토로써, 비교적 공진 주파수가 낮은 기중 초음파 발생 소자를 이용하여 파라메트릭 송파기를 제작하였다.

실험에서는 송파기로서 공진주파수 38.6kHz를 갖는 음원을 제작하여 이용하였다.

비선형 왜곡으로부터 파라메트릭 어레이에 의한 차주파수가 발생함을 알아보기 위하여 1 kHz의 차주파수를 갖도록 38.1kHz와 39.1kHz의 1차파를 신호발생기로부터 인가하고 마이크로폰을 사용하여 수신하였다.

공기중에서 파라메트릭 효과의 확인을 통하여 파라메트릭 송파기에서 방사되는 1차파와 전파경로중에서 생성하는 2차파의 거동을 이론면에서 고찰하고, 실험 결과와의 비교 검토를 행하여 기중 파라메트릭 송파기 개발의 가능성을 검토하여 보았다.

### 1. 서 론

파라메트릭 어레이가 지향성이 뛰어나며 부엽이 거의 없다는 중요한 특성을 갖는다는 것은 Westervelt의 이론적 해석 이후로 많은 연구가 진행되어 왔다.<sup>1-5)</sup>

그러한 연구는 주로 수중에서 파라메트릭 어레이를 이용한 해저 매설물의 탐사, 심해의 측심, 수중 통신등에

이용되어 왔다.<sup>6)</sup>

최근에는 기중에서의 파라메트릭 지향성 스피커 등의 응용을 위한 연구가 진행되고 있다.<sup>7-10)</sup>

본 연구에서는 기중 파라메트릭 송파기 개발을 위한 기초 연구로서 초음파 송파기를 이용한 파라메트릭 어레이를 제작, 그 특성을 실험적으로 검토하였다.

### 2. 트랜스듀서의 제작

스피커로서 사용하기 위한 트랜스듀서는 고음압을 발생시킬 수 있고, 더구나 공진점 부근에서의 주파수 특성이 평탄한 것이 바람직하다. 하지만 공기중에서 이들의 조건 모두를 만족하는 트랜스듀서가 적다는 것이 현실이다. 따라서, 실험에서는 다른 목적을 위해 개발되어 있는 트랜스듀서 중에서 비교적 사용에 알맞다고 생각되는 것을 이용했다. 실험에 사용한 트랜스듀서의 공진의 중심 주파수는 38.4 kHz 였는데, 실험에는 특성이 동일한 소자 10개를 평면 어레이시켜 제작하였다. 그림 1에는 실험에 사용한 단일 트랜스듀서의 외관을 나타내었다. 사용된 소자의 제원은 표과 같으며 소자 하나에 대한 주파수 특성을 알기 위해 전기단에서 본 입력 어드미턴스를 측정된 결과 그림 2와 같은 결과를 얻었다.

표 1 단일 트랜스듀서 제원

모델명	C40-16U
Center Frequency (kHz)	38.4
-6dB Directivity (deg)	55
Capacitance (pF)	2200
Size (mm)	φ 16
Material	metal

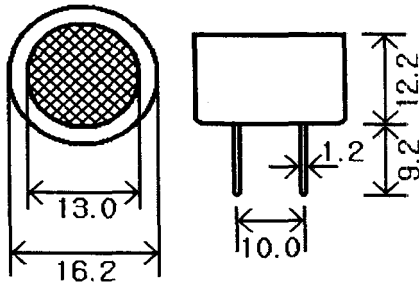


그림 1 사용된 단일 트랜스듀서 외관

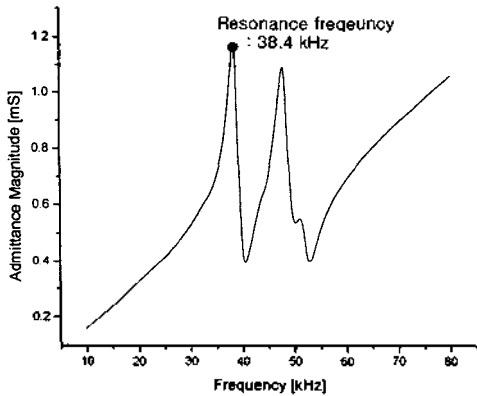


그림 2 단일 트랜스듀서 주파수 특성

파라메트릭 송파기를 구현하기 위해 그림 3과 같이 평면 어레이 시켰다. 이때 그림 4는 그림 3에 나타난 트랜스듀서 어레이의 주파수 특성을 측정된 결과로, 공진주파수는 38.6 kHz임을 보이고 있다. 10개의 소자는 병렬로 연결시켰다.

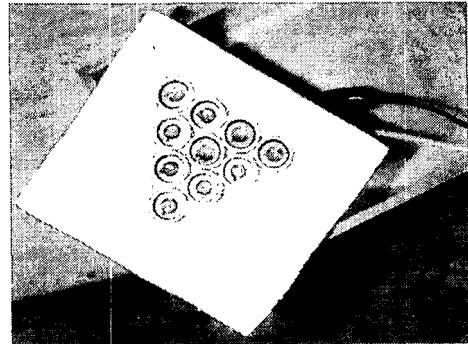


그림 3 제작된 트랜스듀서 어레이의 외관

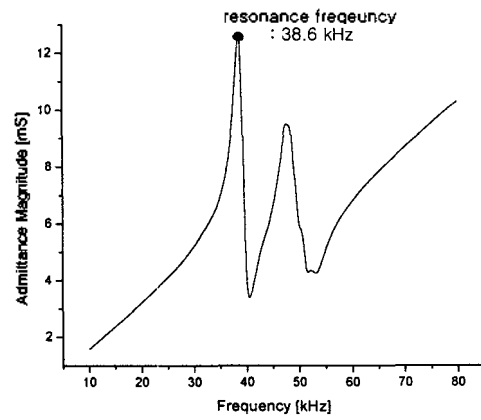


그림 4 트랜스듀서의 주파수 특성

### 3. 음향 방사 특성의 측정

제작된 트랜스듀서 어레이를 음원으로 하여 기중에서 그 특성을 조사하였다.

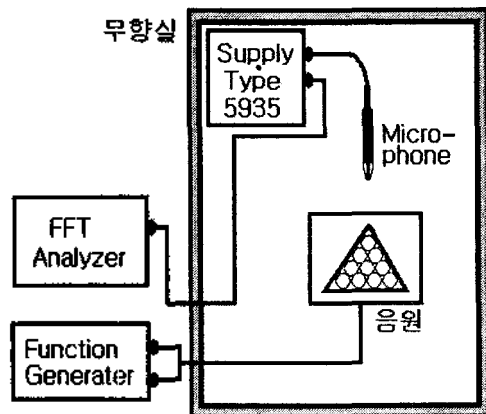


그림 5 실험 개략도.

그림 5의 개략도와 같은 실험 환경에서 파라메트릭 작용에 의해 일어나는 2차파를 측정하였다.

실험은 무향실에서 행하여 졌으며 제작된 트랜스듀서와 마이크로폰 그리고 마이크로폰용 Supply를 제외한 모든 장치는 무향실 밖에 위치시켜 외부의 영향을 제거하였다.

HP8904A Multi Function Synthesizer로부터 음원의 공진주파수인 38.6 kHz 부근에서 차주파수 1 kHz가 되도록 각각 38.1 kHz와 39.1 kHz의 정현파 신호를 20Vpp로 인가하여 트랜스듀서를 구동시키고 수신용으로 Condenser Microphone Type 4135를 사용하여 음축상의 거리에 따른 차주파수를 수신하였으며 수신된 파형은 Onosokki CF500 FFT Analyzer로 분석하였다.

음축상의 거리에 따른 차주파수의 음압레벨을 측정하기 위하여 그림 6과 같이 음원을 고정시킨 후 마이크로폰을 음축상에서 거리를 1cm씩 높여 가면서 음축상의 음압 레벨을 측정하였다. 그 결과를 그림 7에 나타내었다.

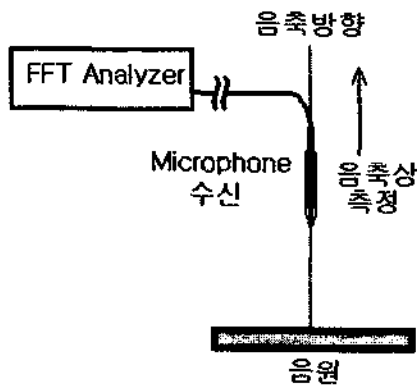


그림 6 음축상의 음압측정

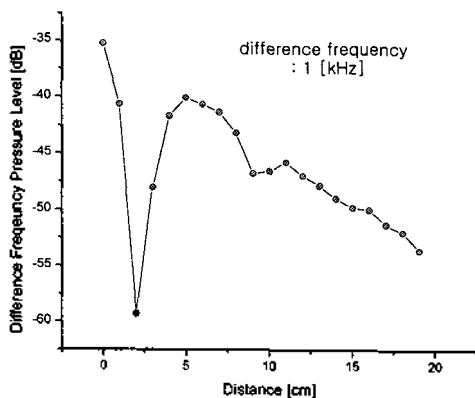


그림 7 음축상의 거리에 따른 차주파수 음압레벨

그림 7의 결과로부터 차주파수 음파의 음압이 근거리 영역에서 -35dB로부터 -55dB의 영역에 걸쳐 분포함을 알 수 있었다.

지향 특성을 측정하기 위하여 그림 8에 나타난 것과 같이 음원으로부터 19cm의 일정한 높이에서 음축으로부터의 수직 거리에 따른 음압 레벨을 측정하였다. 그 결과를 그림 9에 나타내었다.

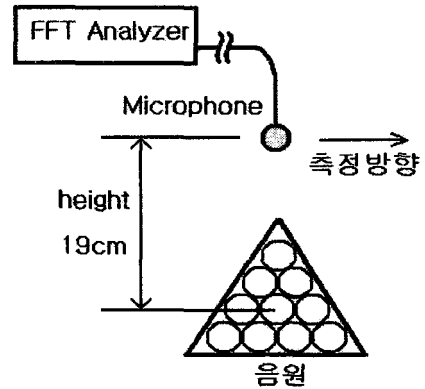


그림 8 음축으로부터 수직 거리에 따른 음압측정

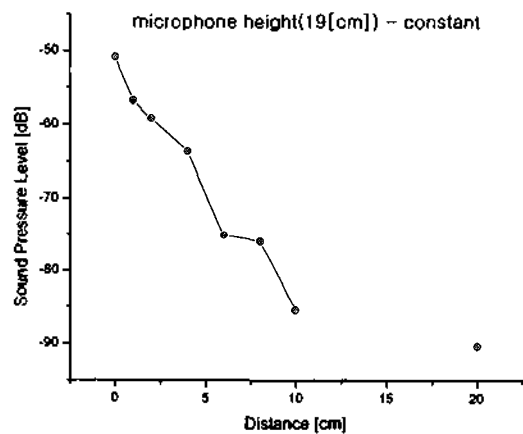


그림 9 음축으로부터 수직 거리에 따른 차주파수 음압레벨

그림 9의 결과로부터 음축상의 음압으로부터 음압이 -6dB 떨어지는 영역은 1cm 정도 됨을 알 수 있었다. 이것은 각도로 변환하면 약 3° 정도임을 알 수 있어 매우 예리한 지향 특성을 확인할 수 있었다.

#### 4. 결 론

기중 파라메트릭 송파기 개발을 위한 기초 연구로서 초음파 송파기를 이용한 파라메트릭 어레이를 제작하여 1kHz의 차주파수를 갖는 2차파를 발생시켰다. 이에 대한 근거리 영역에서 그 특성을 측정한 결과 음축상의

음압 분포는 -35dB로 음원 면에서 가장 크게 나타났으며, 점차로 감소함을 알 수 있었고, 20cm 이내의 영역에서는 음압이 -55dB이내에 분포함을 알 수 있었다.

또한 지향 특성을 측정된 결과 음축상의 음압에 비해 -6 dB 떨어지는 각도가 약 3°임을 알 수 있어 매우 예리한 지향 특성을 확인할 수 있었다.

## 참고문헌

- 1) P. J. Westervelt : "Parametric Acoustic Array", J. Acoust. Soc. Am., 35(4), pp. 535-537 (1963)
- 2) T. G. Muir and J. G. Willette : "Parametric Acoustic Transmitting Arrays", J. Acoust. Soc. Am., 52(5), pp. 1481-1486 (1972)
- 3) M. B. Moffett, P. J. Westervelt and R. T. Beyer : "Large Amplitude Pulse Propagation-A Transient Effect", J. Acoust. Soc. Am., 47(5), pp. 1473-1447 (1970)
- 4) Richard L. Rolleigh : "Difference Frequency Pressure within the Interaction Region of a Parametric Array", J. Acoust. Soc. Am., 58(5), pp. 964-971 (1975)
- 5) H. O. Berktaay and D. J. Leahy : "Farfield Performance of Parametric Transmitters", J. Acoust. Soc. Am., 55(3), pp. 539-546 (1974)
- 6) H. O. Berktaay : "Possible Exploitation of Nonlinear Acoustics in Underwater Transmitting Applications", J. Sound Vib., 2, pp. 435-461 (1965)
- 7) M. B. Bennett and D. T. Blackstock : "Parametric Array in Air", J. Acoust. Soc. Am., 57(3), pp. 562-568 (1975)
- 8) Masahide Yoneyama, Yukawano, Jun'ichiroh Fujimoto, Shoichi Sasabe : "Application of Nonlinear Parametric Interaction to Loudspeaker", 電子情報通信學會技術研究報告, EA81-65, pp. 41-48 (1981)
- 9) A. I. Kalachev and D. B. Ostrovskii : "Experimental Study of the Near Field of a Parametric Sound Radiator", Sov. Phys. Acoust., 29(3), pp. 241-242 (1983)
- 10) Mark B. Moffett and Robert H. Mellen : "On Parametric Source Aperture Factors", J. Acoust. Soc. Am., 60(3), pp. 581-583 (1976)