

다중모드형 압전세라믹 벡터 하이드로폰 음향 특성

Acoustic Characteristics of Multi-mode Piezoelectric Vector Hydrophone

조치영† · 서희선* · 노용래**

Cheeyoung Joh, Hee-Seon Seo and Yongrae Roh

1. 서 론

최근 기존의 하이드로폰이 압력의 크기만을 측정하는 한계를 극복하고 신호대 잡음비를 향상시키기 위하여 벡터 하이드로폰에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 음파의 방향성을 감지하기 위하여 다양한 개념의 벡터 하이드로폰이 있을 수 있다 여기에는 간단히 2개의 Dipole을 이용하는 방법, 압력 Gradient를 이용하는 방법, 유체 Particle Velocity를 측정하는 방법, 센서 자체의 다중모드 변형을 이용하는 방법 등이 연구개발 되어 왔다.

본 연구에서는 압전세라믹 하이드로폰 엘레먼트의 다중모드 특성을 이용한 벡터하이드로폰을 모델링하고 이를 이용한 빔패턴 및 수신 감도의 음향특성을 시뮬레이션하고 분석하였다.

2. 다중모드 벡터 하이드로폰

2.1 모델링

그림 1은 2가지 형태의 다중모드형 압전세라믹 벡터 하이드로폰을 그린 것으로, 전극의 분할 형태에 따라 다양한 종류의 엘레먼트 빔패턴을 구현할 수 있다. 튜브형 및 구형의 압전세라믹 하이드로폰을 각각 원주방향 또는 상하의 구면의; 전극을 4등분하고 각 분할 전극의 출력 신호를 이용하여 다음과 같이 omnidirectional mode와 dipole mode 빔패턴을 구현할 수 있다.

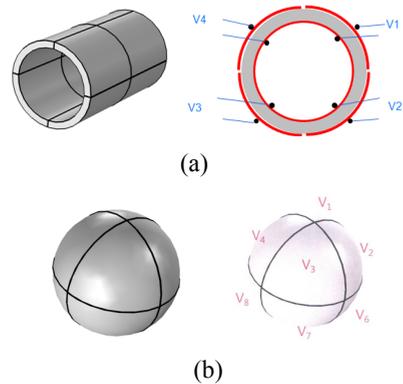


Fig.1 Multimode piezoelectric vector hydrophone : (a) tube type (b) spherical type

다중모드 벡터하이드로폰은 그림 2에서 보는 것처럼 4개의 등방성 하이드로폰이 일정거리로 배치된 배열센서로 모델링할 수 있다. 각 센서의 출력 신호는 다음과 같다,

$$\begin{aligned}
 V_1 &= Mp_0 e^{-j(kr - \omega t)} \\
 V_2 &= Mp_0 e^{-j(kr + kdsin\theta - \omega t)} \\
 V_3 &= Mp_0 e^{-j(kr + kdsin\theta + kdcos\theta - \omega t)} \\
 V_4 &= Mp_0 e^{-j(kr + kdcos\theta - \omega t)}
 \end{aligned}$$

여기서, M 은 분할된 섹터의 수신감도, p_0 는 입사된 평면파의 압력의 크기, d 는 센서간의 거리이다. 이로부터 다음 3가지의 빔패턴을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned}
 V_{omni} &= V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \\
 V_{dipole} &= (V_1 + V_2) - (V_3 + V_4) \\
 V_{cardioid} &= V_{omni} + V_{dipole} \\
 \Phi_{omni} &= V_{omni} \overline{V_{omni}} \\
 \Phi_{dipole} &= V_{dipole} \overline{V_{dipole}} \\
 \Phi_{cardioid} &= V_{cardioid} \overline{V_{cardioid}}
 \end{aligned}$$

† 교신저자; 정회원, 국방과학연구소
 E-mail : joh5708@hanmail.net
 Tel : 055-540-6323, Fax : 055-542-3737

* 국방과학연구소
 ** 경북대학교

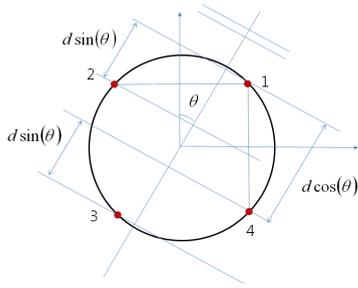
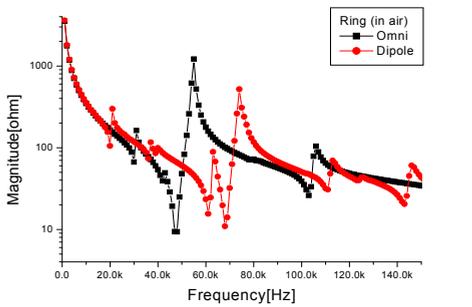


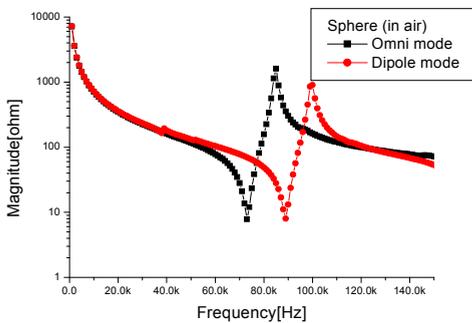
Fig.2 Two-dimensional model of multimode piezoelectric vector hydrophone

2.2 수치해석 결과

아래 그림은 튜브형(직경 1인치, 두께 1mm, 길이 2인치) 및 구형(직경 1인치, 두께 1mm) 압전세라믹 다중모드 벡터하이드로폰의 공기중 공진주파수를 유한요소해석으로 구한 것이다.



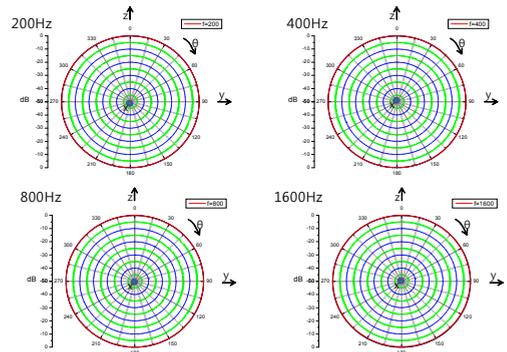
(a)



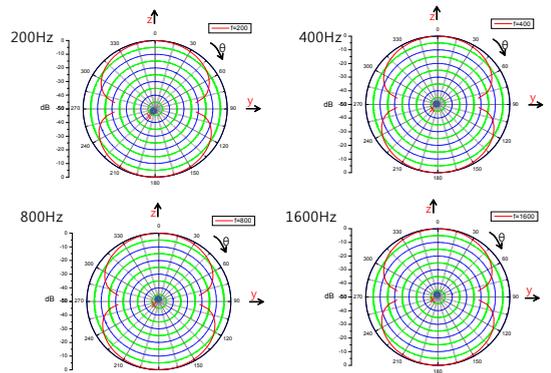
(b)

Fig.3 In-air resonance frequencies of multimode piezoelectric vector hydrophone : (a) tube type (b) spherical type

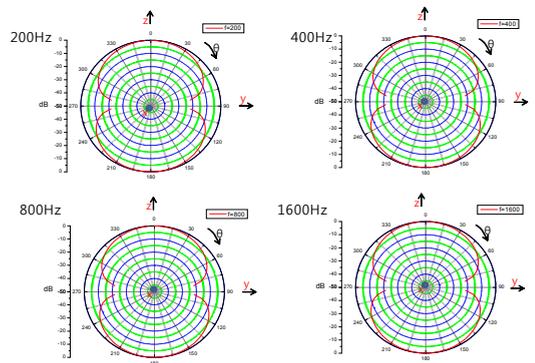
그림 4는 각 모델에 대한 주파수별 dipole beam pattern을 크기를 정규화하여 그린 것이다.



(a)



(b)



(c)

Fig.4 Beam patterns of multimode piezoelectric vector hydrophone : (a) omni-mode of tube type (a) dipole-mode of tube type (b) (a) dipole-mode of spherical type