

구형 하이드로폰의 가속도 감도 특성

Acceleration sensitivity features of spherical hydrophone

김경섭† · 조치영* · 서희선* · 조요한*

Kyungseop Kim, Cheeyoung Joh, Heeseon Seo and Yo-Han Cho

1. 서 론

잠수함에 탑재되는 다양한 종류의 수동소나 (passive sonar) 센서는 일반적으로 다수의 하이드로폰(hydrophone) 배열로 구성된다. 주로 선체 바깥쪽에 부착되는 이들 소나 센서는 함으로부터 전달되는 진동 및 충격을 받게 되는데 소나의 탐지성능을 극대화하기 위해서는 센서 설계 시 이에 대한 고려가 필요하다. 기본적으로 소나 센서의 내진동/내충격 설계 요소로는 단위 센서 모듈에 대한 마운트 구조 설계 등을 생각할 수 있으나, 여기서는 센서를 구성하는 하이드로폰 배열의 진동 및 충격에 대한 응답 특성 측면에서 살펴보고자 한다. 이를 위해 본 연구에서는 수동소나 센서에 대표적으로 사용될 수 있는 구형 하이드로폰에 대해 유한요소 해석을 통하여 가속도 감도 특성을 살펴보고, 센서 단위 모듈을 구성하는 하이드로폰 배열 구성 시 필요한 설계 요소에 대해 고찰하였다.

2. 구형 하이드로폰의 가속도 감도 특성

함 선체의 진동 등을 통해 소나 센서에 전달되는 가속도에 의한 힘은 센서를 구성하는 하이드로폰에 원하지 않는 전기적 신호를 발생시킬 수 있으며, 이러한 잡음은 때때로 다른 유동소음 및 배경소음 보다 커질 수 있다. 그동안 하이드로폰 설계 시 이러한 가속도 영향을 상쇄시킬 수 있는 디자인 및 기법들이 다양하게 알려져 왔는데, 중요한 점은 이러한 상쇄 기법이 하이드로폰의 음향 수신 특성을 저하시

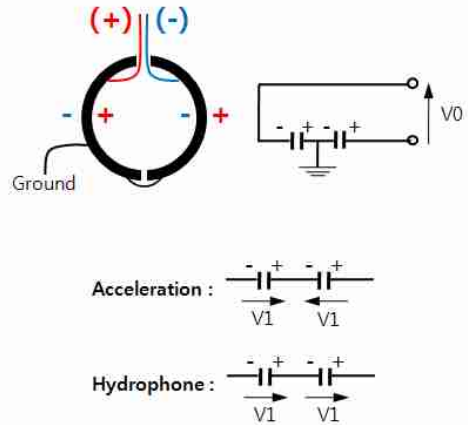


Fig. 1 Electrical configuration of radially poled spherical hydrophone

켜서는 안된다는 점이다.

본 연구에서 고려한 하이드로폰은 그림 1에서와 같이 두 개의 반구가 접합된 중공의 구형 세라믹이며, 분극 방향은 균일하게 반지름 방향이나 두 반구의 극성은 반대로 되어 있다. 하이드로폰의 감도를 높이기 위해 두 반구는 전기적으로 직렬로 연결되어 있다.

일반적으로 하이드로폰의 가속도 감도를 해석할 때 중요한 요소로는 세라믹 분극 방향에 대한 가속도의 방향, 하이드로폰의 지지구조 방식 및 위치 등을 들 수 있는데, 위와 같이 반지름 방향으로 분극된 구형 하이드로폰의 경우 간단한 방식으로 가속도 감도를 계산하기가 어렵다. 만약 하이드로폰이 부유식(free-floated) 지지구조를 가진다면, 가속도의 방향이 세라믹 분극 방향의 접선 방향에 가까울 경우 감도 영향이 적고 그 반대인 경우 크다는 점에서 위의 하이드로폰 구조는 반구의 접합면과 나란한 수직 방향으로 가속도가 주어질 경우 상쇄 효과가 가장 클 것으로 추정할 수 있다.

† 교신저자; 국방과학연구소
E-mail : kseop@add.re.kr
Tel : 055-540-6304, Fax : 055-542-3737
* 국방과학연구소

3. 해석 결과

아래에는 유한요소법을 통한 하이드로폰의 정량적 가속도 감도 해석 결과를 수록하였다. 직경 1인치의 하이드로폰은 그림 1과 같은 구조로 모델링하였으며 세라믹 물성치는 PZT5A를 사용하였다. 그림 2는 수직방향으로 1g의 가속도를 주었을 때 세라믹에 발생하는 전위 분포를 보여주고 있다.

그림 3에는 가속도의 방향 별로 하이드로폰에서 발생하는 전압을 나타내었으며, 이 때 각도(theta)는 수직방향에서 시계방향으로의 양을 나타낸다. 앞서 추정한 바와 같이 가속도의 방향이 반구의 접합면과 나란한 수직방향(0도)일 때 가속도 상쇄효과가 가장 큰 것을 알 수 있으며 각도가 커질수록 급격하게 상쇄효과가 감소하고 있다.

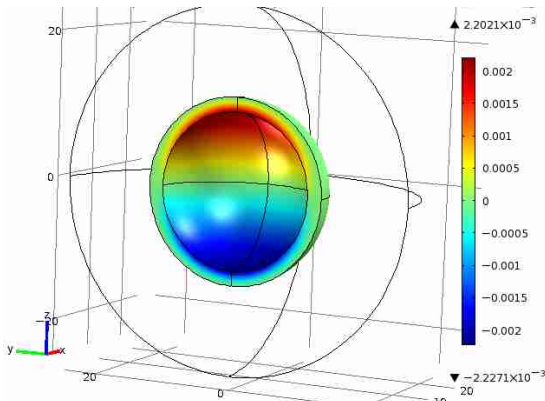


Fig. 2 Electric potential (V) distribution (theta=0deg.)

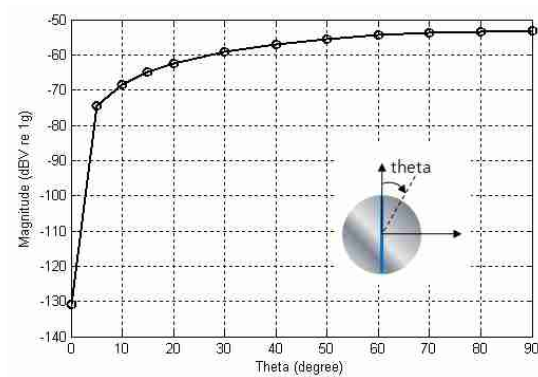


Fig. 3 Acceleration sensitivity (dBV re 1g) of single hydrophone

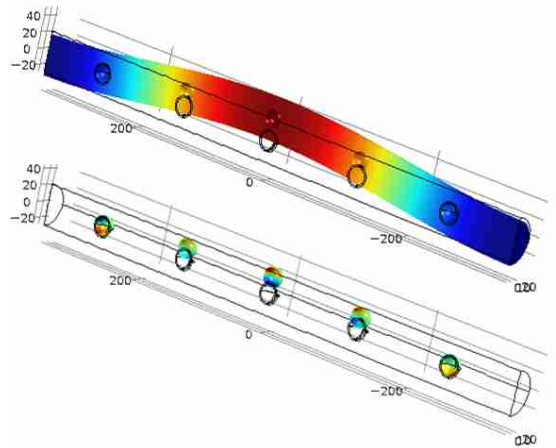


Fig. 4 Acceleration sensitivity of hydrophone array

이와 같은 결과를 통해 센서 단위 모듈을 구성하는 하이드로폰 배열 구성 시 개별 하이드로폰의 방향성이 전체 가속도 감도에 영향을 미칠 가능성이 있을 것으로 판단되어 그림 4와 같이 하이드로폰 배열 전체를 모델링하여 감도 특성을 살펴보았다. 배열을 구성하는 개별 하이드로폰은 전기적으로 병렬로 연결되어 있으며 바깥쪽의 우레탄 몰딩부는 하이드로폰을 감싸며 지지하는 역할을 한다.

이 경우 각 하이드로폰의 방향성이 모두 같다고 하더라도 몰딩부 내부의 개별 하이드로폰 및 배열 전체의 감도 특성은 센서 모듈의 지지구조 및 가속도 방향 등에 따라 다르게 나타났다. 따라서 소나 센서가 함에 부착되는 위치 및 소나 센서의 형상에 따라 센서 모듈에 전달되는 지체적인 진동 성분을 파악하고 이에 맞는 최적화된 하이드로폰 배열 설계가 필요하다.