

전달함수 추정에 의한 Split-beam 변환기의 FDOA 탐지

박해영*, 박순중*, 김무준*, 김천덕*, 이재봉**
 부경대학교*, 동서대학교**

FDOA Detection of Split-beam Transducers by Transfer Function Estimation

Hae-young Park, Soon-jong Park, Moo-joon Kim, Chun-duck Kim, Chai-bong Lee
 ehaeyo@hanmail.net, ultrasi@mail1.pknu.ac.kr, kimmj@pknu.ac.kr, cdkim@pknu.ac.kr, lcb@dongseo.ac.kr

요약

Split-beam 트랜스듀서의 입력신호로써 Sweep 신호를 구동한 어군탐지기 SONAR에 대하여 기술한다. Sweep 신호의 대역폭은 트랜스듀서 공간 대역의 대역폭에서 주파수 이동 변환하였다. 목표 대상물의 방위각 추정은 각 수신 채널 사이의 크로스-스펙트럼을 사용하여 추정한다. 추정 방위각의 정확도는 제안한 시스템의 알고리즘에 관계하고 있다.

그림2는 각 센서에 입사된 평면파의 시간지연에 대하여 나타냈고, 계산은 다음과 같다. 예로써, 두 트랜스듀서 M_1 과 M_2 사이의 시간지연 τ_0 는 $\frac{d \sin \theta}{C}$ 이고, 측정된 신호는 각각 $x_1(t)$, $x_2(t) = x_1(t - \tau_0)$ 이다. 두 개의 트랜스듀서에 입력된 신호를 푸리에변환 하여 계산하는 크로스-스펙트럼은 $W_{12}(w)$ 이고 $X_1(w)$, $X_2(w)$ 가 각 신호의 스펙트럼 일 때, 식(1) 로서 크기와 위상을 나타낸다.

1. 대상 목표물의 방위각 추정

Split-beam 트랜스듀서의 배열은 그림 1과 같이 선저에 설치한다. 대상 목표물의 위상각 θ_i 추정은 수신 트랜스듀서 (1+3)과 (2+4), (1+2)와 (3+4)로부터 수신된 신호를 크로스-스펙트럼을 사용하여 추정했다.

$$W_{12}(w) = X_1^*(w)X_2(w) = \overline{X_1^*(w)X_1(w)} e^{-jw\tau_0} \quad (1)$$

$$= |X_1(w)|^2 e^{-jw\tau_0} = |X_1(w)|^2 \angle(-w\tau_0)$$

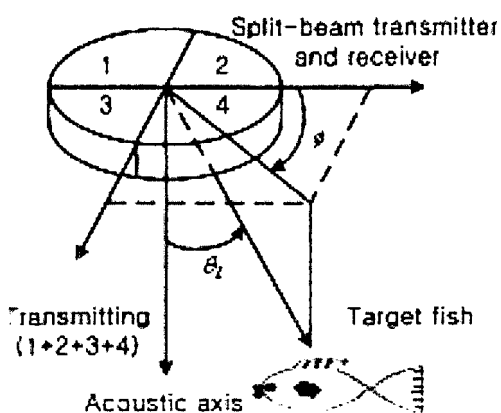


Figure 1. Split-beam transducers and bearing estimate

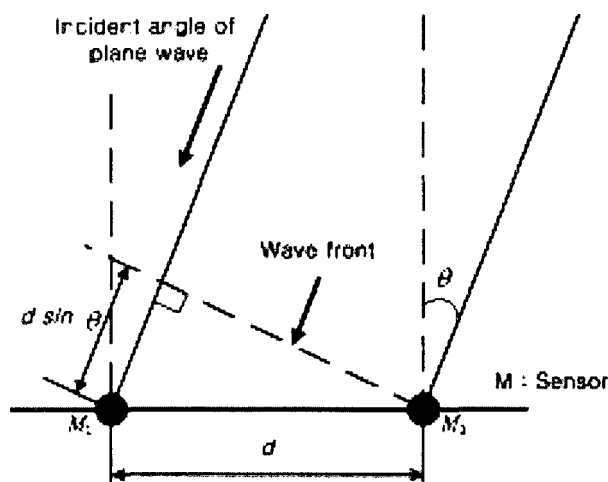


Figure 2. Time delay between two transducers

입력신호로서 Sweep 신호를 사용하였으므로 시간지연 τ_0 는 주파수에 따라 그 값이 바뀐다. 시간지연 τ_0 를 구하기 위하여 방정식(1)에서 편미분을 취하면 $\frac{-\partial \Delta(-w\tau_0)}{\partial w}$ 로 나타낼 수 있다. 여기서 구한 τ_0 에는 주파수 성분이 소거되고, 동작 주파수 대역폭에 대한 특정한 값을 구할 수 있게 된다. 방위각 θ 는 $\sin^{-1}(\frac{C\tau_0}{d})$ 로서 주어진다. 이와 같은 방법으로 수직과 수평 방위각 θ 를 구하고, 두 방위각의 조합을 통하여 실제의 방위각 θ_L 을 구할 수 있다.

2. 시뮬레이션과 결과

트랜스듀서의 빔 폭은 12° 보다 적은 각도로 설정하고 목표 대상물은 깊이 200m, 음축으로부터 $3^\circ \sim 11^\circ$ 에 위치하는 것으로 가정했다. 또, 트랜스듀서가 65kHz~85kHz, 중심 주파수는 75kHz로 수신한다고 가정했다. 주파수 이동을 통하여 0~20kHz, 중심주파수 10kHz의 Sweep 신호를 사용하였다. 방위각 정확도는 다섯 개의 다른 방위각 $3^\circ, 5^\circ, 7^\circ, 9^\circ$ 그리고 11° 에서 구했다. 결과는 표1 에 나타났다. θ_L 의 추정 정확도는 어떤 방위각에 놓더라도 오차가 0.33%보다 작았고, 거리의 오차는 0.005%로 실제 거리와 0.1m 차이 밖에 나지 않았다.

표 1. 방위각 추정

Incident angle			Estimation			Error
θ_L	θ_{e_1}	θ_{e_2}	θ_{e_1}	θ_{e_2}	θ_L	%
3°	1.8	2.4	1.79	2.39	2.99	0.33
5°	3.4	3.7	3.39	3.69	5.01	0.2
7°	4.23	5.56	4.22	5.55	6.98	0.29
9°	5.37	7.23	5.35	7.21	8.99	0.11
11°	6.96	8.52	6.92	8.49	10.99	0.09
r=200m			r=199.9m			0.005

3. 결론

송수신 트랜스듀서로써 split-beam 방식을 적용한 어군 탐지기의 방위각 추정 정확도에 관한 시뮬레이션 실험은 구동신호로서 0~20kHz Sweep 신호를 사용하며

다섯 개의 다른 방위각과 거리에 대하여 조사하였다. 방위각 추정 알고리즘은 편미분을 사용한 군지연을 구하였다. 군지연을 이용함으로써 어떤 동작 주파수에 대해서도 방위각을 구할 수 있고, 방위각의 추정오차 또한 위치에 고려치 않고 0.33 % 보다 작았다.

참고문헌

1. H. Medwin, C. S. Clay, *Fundamentals of Acoustical Oceanography* (Academic Press, New York), Chap. 10, pp. 405-469. (1998)
2. D. J. Lee, *Instrument Engineering for Fishing*, pp. 198-200 (1999)
3. S. Hongo, Y. Kikuchi, M. Abe, Y. Nemoto, N. Chubachi and K. Kido, "Precise Measurement Method of pipe length using sound as a test signal with cross spectrum and least mean squares technique", *J. Acoust. Soc. Jpn.* Vol. 51, pp. 745-754