

84 년도 한국음향학회 추계학술발표회 논문집

AMDF를 이용한 Digital Sonar 의

반사신호처리에 관한 연구

홍 우 영 서 호 선 차 일 환

연세대학교 전자공학과

On the reflected signal processing of
Digital Sonar using the AMDF

Woo-young Hong, Ho-seon Seo, Ji-whan Cha
Dept. of Electronic Engineering Yonsei Univ.

Abstract

Because of layer and scattering in the ocean, there are some problems in algorithm currently used for the recognition of targets. Those are time delay of processing and circuit design.

The simple method of detecting direct sound wave in noise caused by time delay is proposed-recognized, estimated, and then direct sound wave is reconstructed by the AMDF and μ -processor. 2 KHz, 4 KHz, 8 KHz, 12 KHz, 16 KHz sound waves are used in experiment. To obtain a reference signal, anechoic water tank is used in processing and aluminium water tank used instead of real ocean.

As a result, there are a few errors which caused by anechoic water tank error, decreasing of frequency make errors. Possibility of application to Sonar Signal Processing is proved.

1. 서 론 [1][2]

해상에서의 목표물 탐지를 위한 Sonar System은 직접음을 포함하여 여러개의 경로차에 따른 반사음 그리고 해상상태, 해상교동수단, 어류 등에 기인한 잡음으로 구분하여 Modelling 할 수 있다. 이를 나타낸 것이 그림 1로서 Sonar 의 수신부에서 수신된 신호는 다음과 같이 나타낼수 있는데

$$y(t) = \sum_{i=1}^n (x(t) h_i(t) + n_i(t)) \dots\dots\dots (1)$$

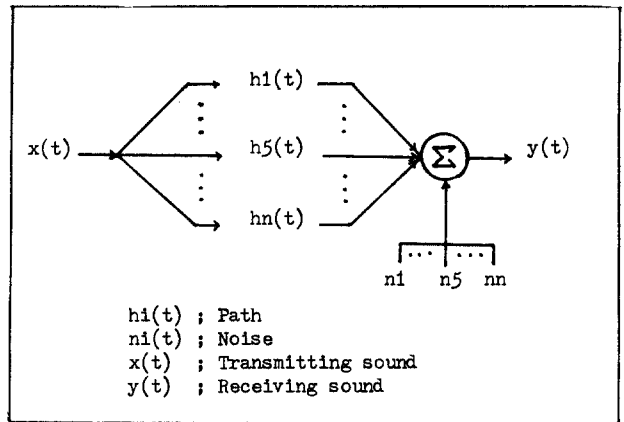


그림 1. 소나운동 시스템 모델링

여기서, 우리가 원하는 신호성분은 첫째 $h_i(t)$ 에서 목표물로부터 반사되어오는 직접음과 둘째는 $n_i(t)$ 의 제거이다. 그러나 수중에서의 전달특성에 따른 여러 경로차와 해양에서 잠재하는 여러 수파수의 Noise 성분이 작용하여 그 소나시스템 수행기능을 저하시키는데 최근에는 해상교동량의 증가로 기존 소나시스템의 문제점을 야기시키고 있다. 따라서 S/N비를 높이는 Algorithm이 요구된다.

2. Correlation과 AMDF (Average Magnitude Difference Function) [3][4][5]

1) Correlation

신호의 일치도나 동기 및 그외의 여러 목적으로 Correlation을 사용한다.

즉,

$$R_{xy}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t)y(t-\tau) dt \quad (2)$$

로서 표시될 수 있는데, Digital System의 응용에는 많은 어려움이 있다. Discret Correlation은 다음과 같이 나타낼 수 있는데

$$CF_{\tau} = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^K S_j^* S_{j-\tau} \quad (3)$$

($\tau = 0, 1, \dots, r_{max}$)

여기서 S_j^* 은 input signal의 samples이고 $S_{j-\tau}$ 는 time τ shifted samples이다. 식(3)에서 보는 바와 같이 Discret Correlation을 수행하는데 필요한 연산은 multiplication과 adding이 필요하나 multiplication은 digital 처리에 큰 장애가 된다.

2) AMDF (Average Magnitude Difference Function)

AMDF는 다음식에 의해 정의될 수 있는데,

$$D_n = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^L |S_j - S_{j-n}| \quad (4)$$

식(4)의 AMDF를 Schwartz Inequality에 의해

$$\frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} |x_k| \leq \left(\frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x_k^2 \right)^{1/2} \quad (5)$$

식(4)를 변형하면,

$$D_n = \frac{1}{N} \sum (S_k - S_{k-n}) \cong \beta_n \left[\frac{1}{N} \sum (S_k - S_{k-n})^2 \right]^{1/2}$$

$$= \beta_n \left(\frac{1}{N} \sum S_k^2 + \frac{1}{N} \sum S_{k-n}^2 - \frac{2}{N} \sum S_k S_{k-n} \right)^{1/2} \quad (6)$$

식(6)에서 Gaussian Sequence인 경우는 수식적인 관계에 의해서 β_n 을 결정할 수 있으나 그외의 경우는 많은 Sequence를 시험함으로써 값을 얻을 수 있다.

또한 β_n 은 S_k 와 S_{k-n} 의 결합확률밀도(joint probability density function)에 따라 변한다. S_k 와 S_{k-n} 의 결합확률밀도 함수는 delay index n 에 따라 변하기 때문에 β_n 은 n 의 함수로서 보통 0.6에서 1.0 사이에 존재하는 값이다.

식(4)의 Sequence $\{S_k\}$ 는 Stationary라고 가정한다. 식(6)의 처음 두항은 $n=0$ 에서 auto cor-

relation function으로 볼 수 있으므로

$R_0 = \frac{1}{N} \sum S_k^2 \cong \frac{1}{N} \sum S_{k-n}^2$ 이 되고 따라서 $D_n = \beta_n [2(R_0 - R_n)]^{1/2}$ 의 관계가 성립된다. 이를 그림으로 나타내면 다음과 같다.

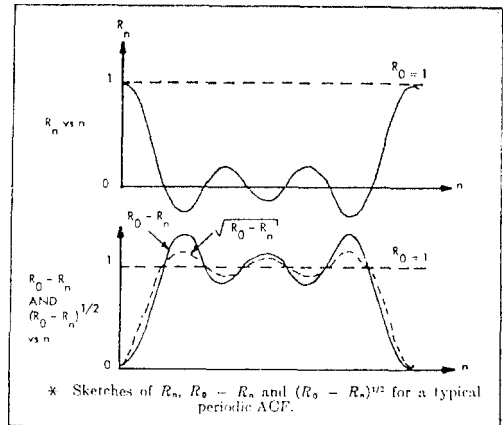


그림 2. 주기적인 ACF와 경우 $R_n, R_0 - R_n, (R_0 - R_n)^{1/2}$ 의 비교

지금까지 Correlation과 AMDF를 비교 설명한 것을 토대로 보면 Digital Correlator가 제동화되었다 할지라도 가격과 그것으로 구성되어지는 회로의 복잡성으로 인해 Correlation은 많은 문제점을 내포하고 있다.

3) AMDF를 이용한 Digital Sonar의 반사신호처리

그림 3에서 보는 Flow chart와 같이 Anechoic water Tank에서 기준신호를 얻은 후, 실험상에서 발생할 수 있는 반사신호를 얻기 위해 Aluminium water Tank에서 얻은 신호와 Anechoic signal과의 Cross Correlation과 동일한 효과의 AMDF를 시킨 후 그 차를 구한다.

직접음만이 존재하면 그 차는 0이 되며 그렇지 않을 경우는 그 값이 존재하게 되므로 불일치의 정보를 얻을 수 있다.

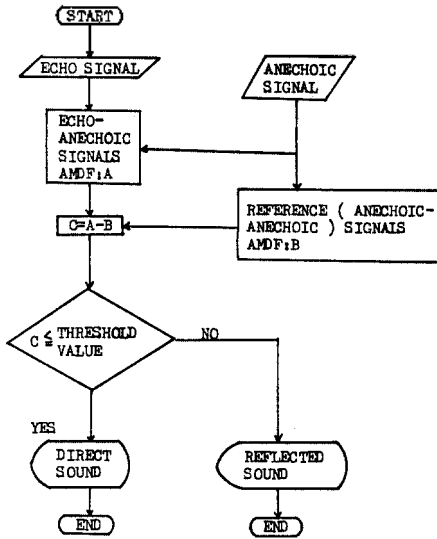


그림 3. 신호처리 Algorithm의 Flowchart

3. 실험 및 결과 고찰

그림 4는 본 연구에 사용된 실험장치의 구성도이다. Sine generator (B & K 1023)에 의해 발생된 2 KHz, 4 KHz, 8 KHz, 12 KHz, 16 KHz의 CW 신호가 Power Amplifier (B & K 2713)을 거쳐

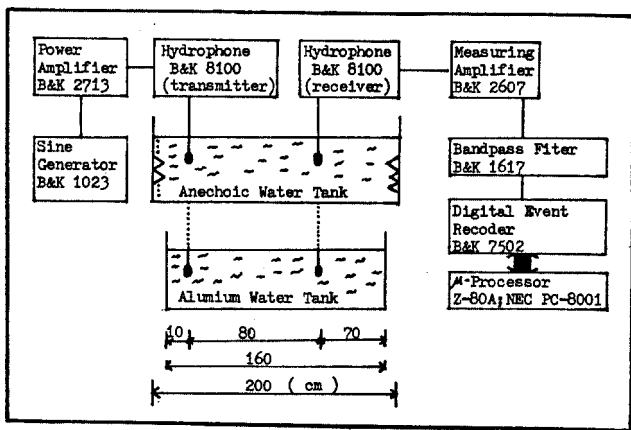


그림 4. 실험 장치

수중에 방사되며 80 cm 뒤에 있는 Hydrophone (B & K 8100)에 의해 수신되고 여기서 수신된 신호를 Measuring Amplifier (B & K 2607)를 통해, 1/3 Octave의 Band Pass Filter (B & K

1617)를 통과시켜 Digital Event Recorder (B & K 7502)로 data를 수신하였다. D.E.R을 Control 하고 신호처리를 위해, Z-80 A μ -processor (NEC PC-8001)가 사용되었다.

μ -processor에 Anechoic Signal의 AMDF 처리결과와 data를 저장시켰고, 특성 Impedance가 17.0×10^4 (MKS Rayls)인 Aluminium Water Tank에 의한 Anechoic Signal-Echo Signal간의 AMDF의 차를 구해 직접음과 반사음을 식별하였다. 여기서 평가된 직접음 신호를 GS PRT-5의 plotter printer로 graphic하였다. 그 결과 16 KHz, 12 KHz, 8 KHz, 4 KHz, 2 KHz에서의 직접음과 반사음의 관계를 나타낸 그림과 거기서 평가 재 생성된 직접음을 나타내 보면 다음과 같다.

(그림 5), (그림 6), (그림 7), (그림 8), (그림 9)

4. 결론

수중에서 AMDF를 이용한 직접음과 반사음의 식별에서 평가된 직접음의 재생은 Sonar Signal Processing에서 큰 장애가 되고 있는 Channel Reverberant Noise로부터 원하는 신호의 동기나 그 정보를 얻기위해 사용되는 Correlation의 연산 수행상 복잡성을 해결할 수 있으며 회로구성상 많은 잇점을 준다.

한편 S/N비를 높이기 위해 Sonar Matched Filter 등에 응용될 수 있으며 그 System을 소형·단순화 할 수 있다.

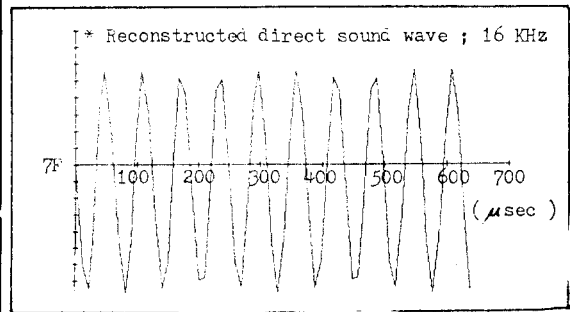
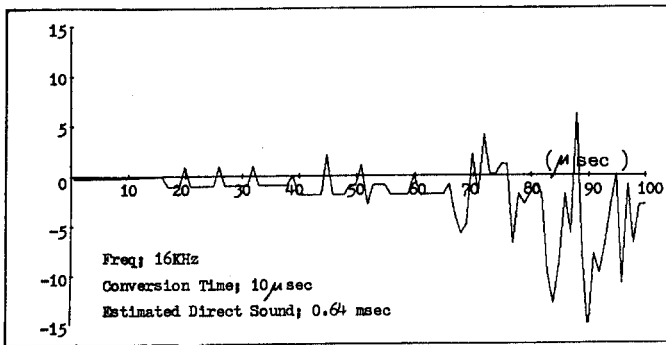


그림 5. 16 KHz 에서의 직접음과 반사음관계 및 직접음

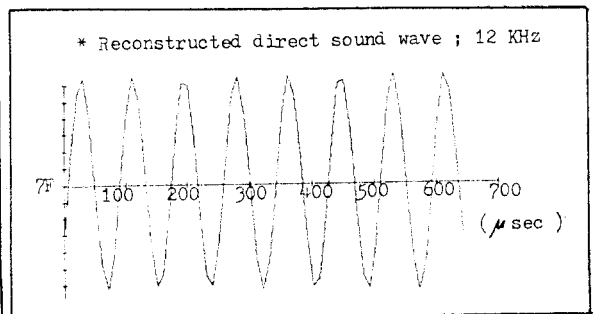
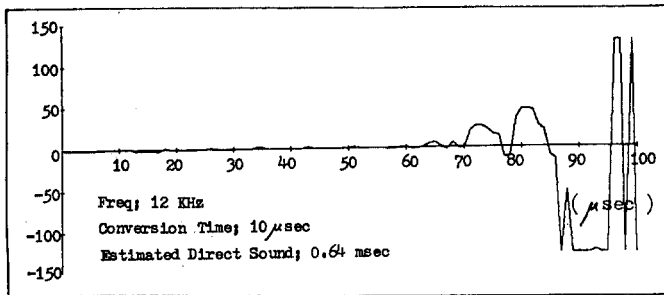


그림 6. 12 KHz 에서의 직접음과 반사음관계 및 직접음

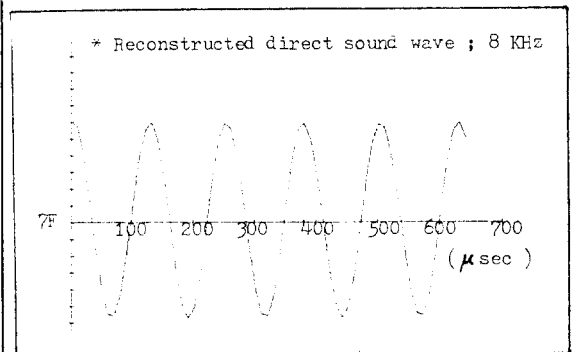
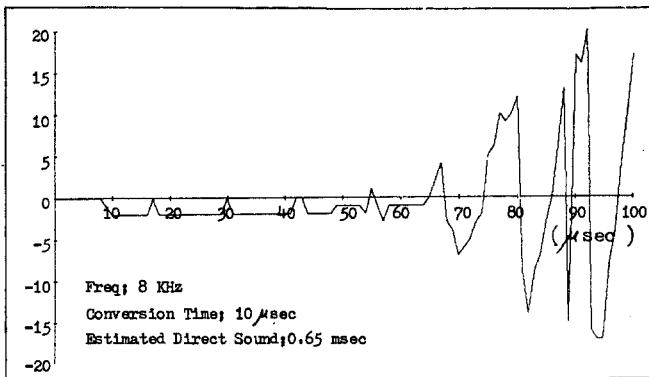


그림 7. 8 KHz 에서의 직접음과 반사음관계 및 직접음

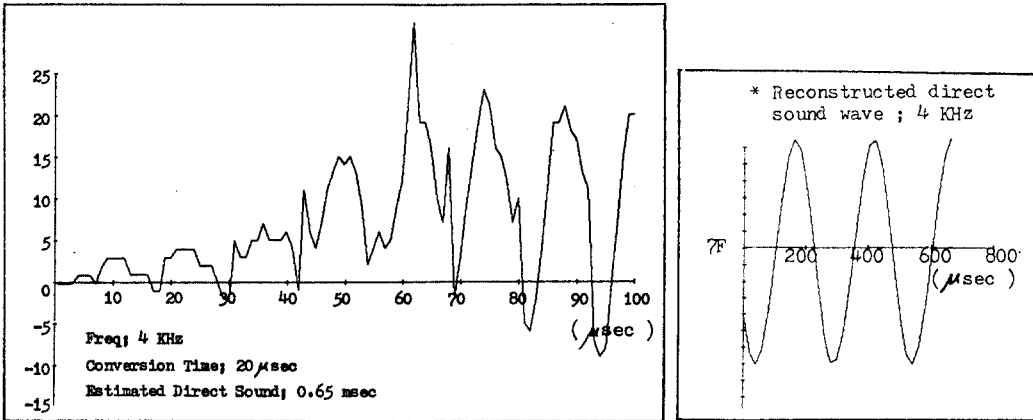


그림 8. 4 KHz 에서 직접음과 반사음관계 및 직접음

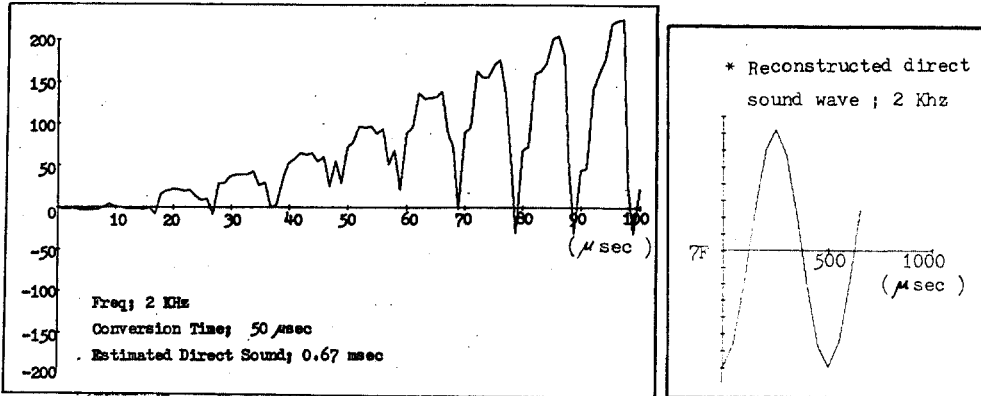


그림 9. 2 KHz 에서 직접음과 반사음관계 및 직접음

* 참고 문헌

1. Alan V. Oppenheim, "Application of Digital Signal Processing," Prentice-Hall, 1978.
2. R. J. Urick, "Sound Propagation in the Sea," Peninsular Pub., 1982.
3. L. R. Rabiner and R. W. Schafer, "Digital Processing of Speech Signals," Prentice-Hall, 1978.
4. M. J. Ross, H. L. Schaffer, Andrew Cohen, and H. J. Manley, "Average Magnitude Difference Function Pitch Extract," IEEE Trans, Vol. ASSP-22, No.5, Oct., 1974.
5. J. S. Bendat and A. G. Piersol, "Engineering Applications of Correlation and Spectral Analysis," John Wiley & Sons, 1980.