84년도 한국음향학회 추계학술발표회 논문집

수동 소나 배열을 이용한 수중 음향 영상에 관한 연구

°김 형 균, 김 민 택, 차 일 환
*연세대학교, 전자공학과

°Heong-Kyun Kim, Min-Taek Kim, Il-Whan Cha
*Dept of Electronic Engineering Yonsei Unive.

Abstract

In the study, the underwater acoustic images were obtained by ultrasonicwave.

The experiment was performed in the anechoic watertank, using a passive sonar array for one and two sound source respectively by X-Y scanning technique.

The receiving array was consist of 8 disc type transducers with 1.5cm diameter at 25KHz resonance frequency.

The scanned data were processed by the FORTRAN IV algorithm for the reconstruction of image, and the image had some noise due to the surface reflected waves.

As the result, it was found that the acoustic imaging by electrical deflection and dynamic focusing technique is applicable to SONAR with the suppresion of surface reflected wave.

1. 서 론

음에 관한 최초의 연구는 1490년 Leonardo da-vinci가 공간과 수중에 음이 존재할 수 있다는 암시가 있은 후에 1912년 L.F.Richardson은 파를 발생시켜서 echo를 수신할 수 있는 시스템을 설계하였다. 1973년 Suto에 의해서 개구면 합성 소나 이론(Synthetic Aperture Sonar)을 발표한 이후 본격적인 수중 음향 영상에 관한 연구가 시작되었다.

최근에는 음향 영상의 해상도 증진을 위하여 여러 가지 진동자 배열 방식과 Scanning 방법 및 디지탈 신호처리 기법이 사용되고 있다.

본 연구는 수중에서 반사음을 줄이기 위한 anechoic water tank에서 program에 의한 시간 지연 및 수신부의 촛점을 맞추어서 단일음원 및 두점 음원에 대한 2차원적 수중음향 영상을 얻는 것이다.

2. 본 론

array를 이용한 음향 영상 시스템에서 Imaging array (영상 배열)이란 영상 평면상에서의 진동자 배열이라 한다.

선형 배열을 이용한 영상 시스템이란 각 진동자에서 받은 수신 신호에 지연 요소를 주어서 편향 및 가변 촛점 기능을 가져야한다.

그림1은 지연 요소를 갖는 선형 배열 영상 시스템이다.

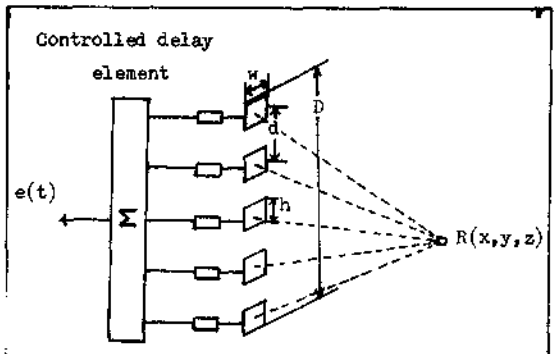

Fig.1 Linear array imaging using controlled delay

축상에서 중심에 있는 진동자와 수신 신호는 다음과 같다.

$$e(t) = K \iiint R(x, y, z)\, S_0(x, y)\, P\left(t - \frac{2z}{c}\right) dx\, dy\, dz \quad \cdots\cdots (1)$$

$S_0(x, y)$: transducer array pattern

$p(t)$: 파가 전달될 때 발생되는 pulse.

$R(x, y, z)$: scalar reflectivity

K : normalizing coefficient

α : 소리의 흡음 계수

그림 1과 같은 선형배열을 이용했을때 간격 d, 폭 w, 높이 h인 선형 배열 진동자의 방사 패턴은 전체 개구면 함수 $S_0(x, y)$의 공간 주파수 fx, fy에 대한 푸리에 변환에 의해서 얻을 수 있다. 수신부의 선형 배열 진동자가 공간을 스캐닝 하기 위해서는 편향 기능을 가져야 하며 수신부 각 진동자에서 받은 신호를 진동자의 배열 순서에 따라 시간 지연을 주어서 촛점 기능이 가능하도록 하는 것이다.

원하는 촛점으로부터의 수신 신호를 delay line (지연부)과 phase shifter (위상지연부)에 의해서 수행한다. 이것으로서 원하는 각 지점에 촛점을 맞출 수 있다.

수신부에서 가변 촛점 및 시간 지연에 의한 편향에 의한 진동자 배열 시스템은 그림 2와 같다.

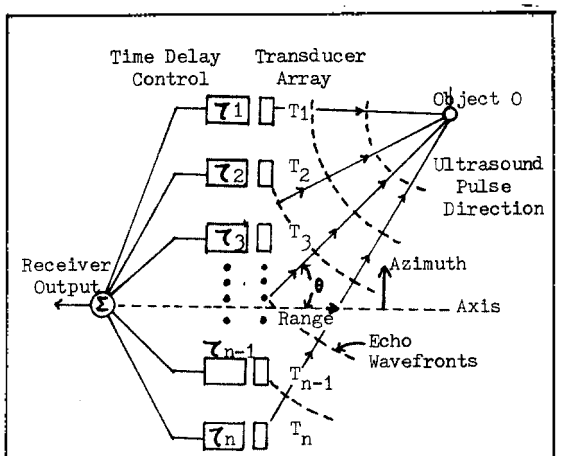

Fig.2 Block Diagram of Basic Phased-Array System

그림 2에서 수신부에서 받은 신호는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$r(t) = A(t)\ \cos(w_0 t + \phi(t)) \quad \cdots\cdots (2)$$

$A(t)$: Amplitude (진폭)

$\phi(t)$: phase (위상)

각 수신부의 진동자에서 받은 신호를 합하기 위한 delay line과 mixing (혼합)부의 그림은 다음과 같다.

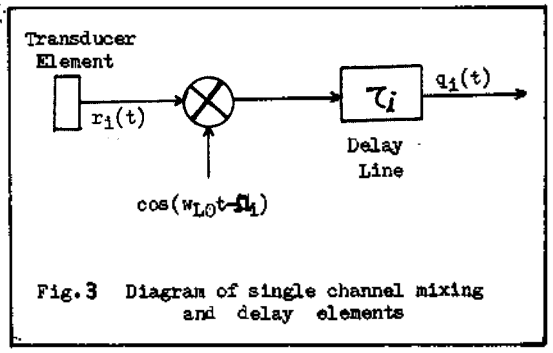

Fig.3 Diagram of single channel mixing and delay elements

$t = 0$일때 촛점으로부터 수신된 신호를 기준으로 하면 $t = \tau_i$ 일때 i번째 수신부에서 받은 신호는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$r_i(t) = r(t - \tau_i) = A(t - \tau_i)\ \cos(w_0(t - \tau_i) + \phi(t - \tau_i)) \quad \cdots\cdots (3)$$

(3)식에서 $\phi(t - \tau_i) = \phi_i$ 일때 focal point라 할 수 있다.

위와 같은 원리를 이용하여 p점에 촛점이 맞추어졌을 때 파의 형태는 그림 4와 같다.

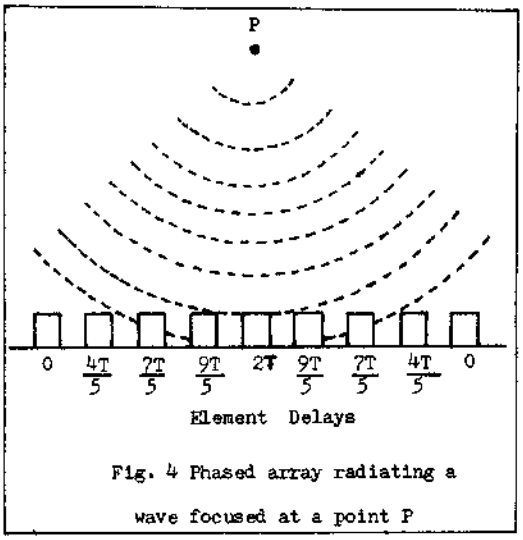

Fig. 4 Phased array radiating a wave focused at a point P

3. 실 험

본 연구에서 사용한 transducer (진동자)는 지름이 15㎜인 PZT 원형 진동자 (공진 주파수 25KHz)를 사용하였다.

그림 5는 본 연구 [illegible] 실험 장치의 블록 선도 (block d[illegible]

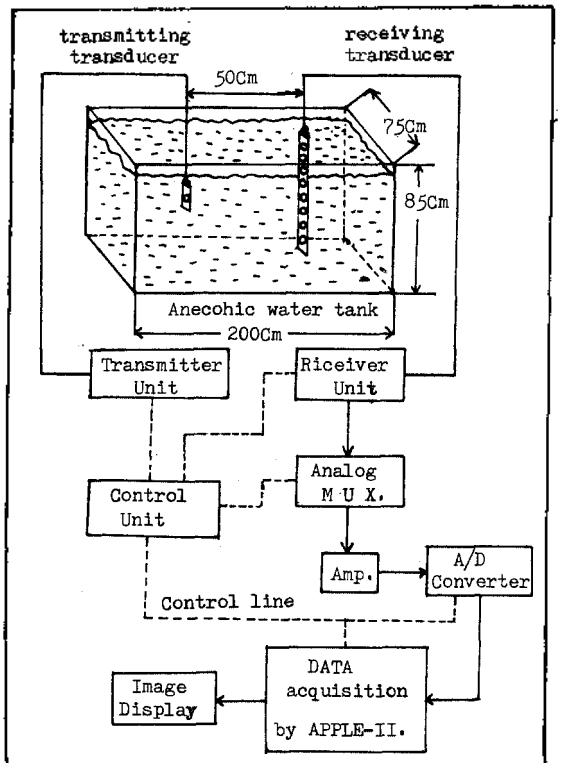

Fig. 5 The Block Diagram of Experiment

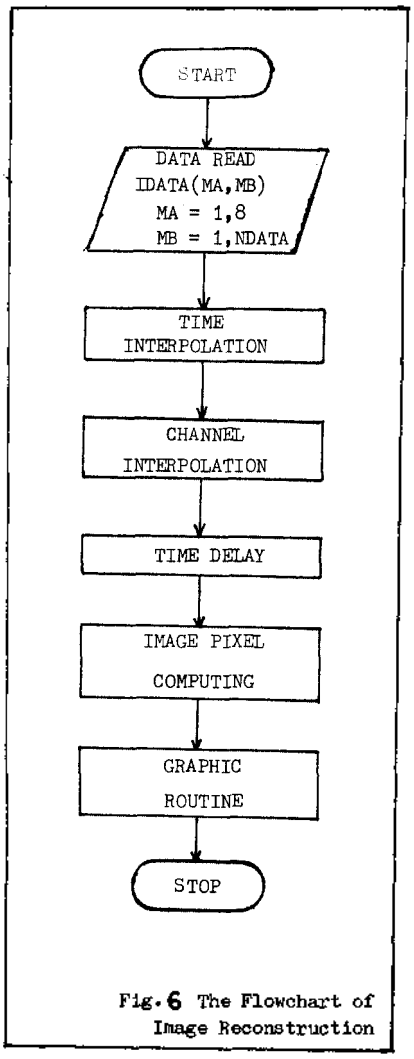

Fig. 6 The Flowchart of Image Reconstruction

송신부는 25 KHz 주파수 발생 회로와 2단 전력 증폭기를 설계 제작하여 구성하였다.

수신부는 8개의 PZT 원형 진동자를 선형 배열로 구성하여 8개의 증폭부와 3×8 아날로그 멀티플렉서, 후단 증폭부를 거쳐 A/D 변환기에 입력되도록 설계 제작하였다.

본 연구에 사용된 송, 수신부 및 A/D 변환기와 Data 수집을 위한 제어는 4개의 제어신호를 갖는 아날로그 멀티플렉서를 사용하여 APPLE-Ⅱ 마이크로 컴퓨터에 의해서 제어하도록 하였다. 특히 실험에 사용된 Water tank (수조)는 음원으로 부터 방사되는 직접음만이 수신부에 도달하도록, 즉 반사음을 최대로 줄이기 위한 anechoic watertank (무향 수조)에서 실험하였다.

수신부에서 받은 신호를 A/D변환하여 얻은 Data는 FORTRAN Program에 의하여 최종 Data를 얻었다.

그림 6은 FORTRAN Program에 의하여 Data를 얻고 그래프로 영상을 얻기 위한 flowchart (흐름 선도)이다.

영상을 재생하는 방법에는 여러가지 Scanning 방법이 있으나 본 연구에서 사용한 방법은 X-Y scanning 방법에 의한 A-scan 및 B-scan 영상을 얻었다.

X-Y scanning 방법은 수중에서 파장이 6 cm이므로 6 cm이하의 물체는 감지하지 못하므로 scanning 폭을 7 cm로 해서 다섯 지점에서 단일음원 및 두개의 음원에 대한 Data를 조합하여 2차원 영상을 얻었다. 실험에서 얻은 Data를 Program으로 처리하는 과정에서 8개의 진동자에서 받은 신호를 채널 보간과 시간 보간을 15채널로 늘려 Program을 처리하였다.

4. 실험 결과 및 고찰

그림 7과 그림 8은 단일 음원에 대한 A-scan 및 B-scan의 2차원 영상이다. 그림 9와 그림 10은 두점 음원에 대한 A-scan 및 B-scan의 2차원 영상이다.

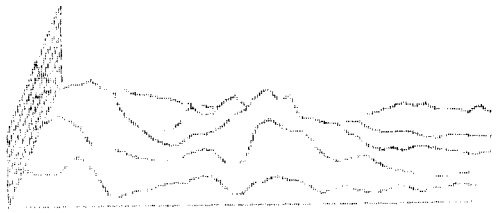

Fig 7. A-scan Image of one sound source

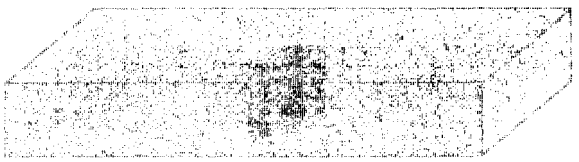

Fig 8. B-scan Image of One sound source

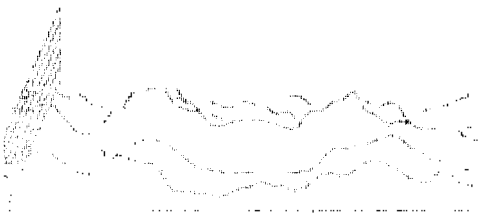

Fig 9. A-scan Image of two sound source

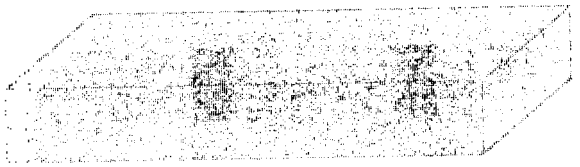

Fig 10. B-scan Image of two sound source

단일 음원에 대한 영상인 그림 7 은 중심에 위치한 영상 이외에 임의의 영상이 나타났다. 두점 음원에 대한 영상인 그림 9 에서도 두점 영상 이외에 임의의 영상이 나타났다. 이 임의의 영상은 수신부의 진동자에서 수면 가까이에 있는 진동자에 음원으로부터 전달되어 오는 직접음보다 표면 반사파에 의한 영상이다.

단일 음원인 두점 음원에 대한 B-scan 영상인 그림 8 과 그림 10 에서는 표면 반사파에 의한 신호를 보간하여 영상을 얻었기 때문에 문제점은 없었다. 그림 10 에서 한쪽 음원에 대한 영상이 약간 희미하게 나타난 것은 수신부에서 X-Y scanning할 때 수동적으로 scanning하여서 수신부의 영상 배열에 의한 평면이 동일 평면상에 완전히 일치하지 않은 결과에 의한 것이다.

본 연구의 실험에 사용한 anechoic watertank에 대한 특성 조사 결과 수조의 크기가 작아서 완벽한 영상을 얻기에는 어려우므로 단지 시스템의 modeling을 할 수 있었다.

이상의 실험 결과를 고찰하여 보면 정확한 scanning폭의 조절과 표면 반사파에 대한 영향을 줄일 수 있다면 좀더 해상도가 좋은 영상을 얻을 수 있다.

5. 결 론

본 연구를 위해 설계 제작된 수신부가 전기적 편향 및 가변촛점 기능을 갖고 있으며 주파수 및 송신부의 거리를 조절하여도 영상을 얻을 수 있고 이를 이용하여 수중에서 초음파 변환기에서 발생되는 초음파 특성 및 SONAR 시스템에 응용할 수 있을 것이다.

6. 참 고 문 헌

1. Robert J.Urick, Principle of underwater sound, McGraw-Hill book Company, 1967.
2. Albert W.Cox, Sonar and Underwater sound, D.C.Heath and Company, 1974.
3. T.Sato, "Synthetic Aperture Sonar", J.A.S.A. vol 54, 1973.
4. J.L.Snton, "Underwater Acoustic Imaging", Proc. IEEE, vol 67, 1979.
5. H.Edward Karrer and Arthur M.Dickey, "Ultrasound Imaging", Hewlett-Packard Journal, 1983.
6. 차일환, 음향공학개론, 한신문화사, 서울, 1976.