

魚種識別을 위한 廣帶域 超音波 變換器의 設計 - I *

- 電極分割型 壓電振動子の 周波數特性 制御 -

李 兌 在

(釜慶大學校)

(1997년 6월 28일 접수)

The Design of Broadband Ultrasonic Transducers for Fish Species Identification

- Control of the Resonance Frequency of a Piezoelectric
Transducer with Two Pairs of Electrodes -

Dae - Jae Lee

Pukyong National University

(Received June 28, 1997)

Abstract

A method for designing a broadband transducer was investigated experimentally. Control of the resonance frequency of a piezoelectric circular transducer with two pairs of electrodes was achieved by varying the inductance of external coil connected across the terminal of one pair of electrodes of transducer.

The conductance curves of transducer in water were obtained as a function of the inductance value in *mH* of the coil used in the tuning. As the tuning inductance is increased in value, the resonance frequency is reduced toward the fundamental frequency of 50 *kHz*. This interesting result suggest that it is possible to produce a continuously tunable transducer covering a frequency range between 61.3 *kHz* and 121.7 *kHz* by varying the inductance value of external coil from 2.7 *mH* to 15.0 *mH*.

One of other problems in the design and construction of such broadband transducer is the transducer efficiency, but this will be the subject of our future work.

序 論

현재 많은 어선에 보급되고 있는 어군탐지기의 대부분은 좁은 주파수 대역폭을 갖는 초음파 진동

자를 송수파기로서 사용하고 있기 때문에 이 시스템을 통해 수집되는 어군의 초음파 산란신호에 의해 파악할 수 있는 어군의 생물학적인 정보는 그 시스템의 주파수 대역폭에 의해 큰 제한을 받는다.

* 이 논문은 1996년도 한국과학재단의 핵심전문연구과제 연구비지원(과제번호 : 961 - 0609 - 082 - 2)에 의한 연구결과의 일부임.

이 때문에 어군의 초음파 산란신호를 해석하여 어족생물의 군집특성에 관한 각종의 정보를 추출해내는 데에 많은 어려움이 있고, 특히 어군을 구성하는 어족생물의 종류, 즉 어종을 식별하기 위한 정보의 수집이 매우 어려운 실정이다.

이와같은 현용의 어탐 시스템에 대한 문제점을 개선하기 위해 최근에는 각종의 기법을 도입한 어종의 식별에 관한 연구가 세계 여러나라에서 활발히 진행되고 있다.

Rose, Leggett(1988)는 종래의 어군탐지기를 이용하여 어군에 의한 산란신호의 통계분석을 통해 어군을 식별하기 위한 연구를 시도하였고, Zakharia(1987), Simmonds, Armstrong(1990), 平野(1994)는 주파수 대역이 넓은 변환기를 사용하여 어군 echo 신호의 진폭, 지속시간, 최대진폭의 간격 및 반사강도 등에 대한 정보를 측정하고, 이것과 시험조업에 의한 어획물의 어종조성과의 상호 연관성을 조사하였다. 또한, Lee, Lu(1995)는 초음파 산란신호의 패턴인식 및 영상화 기법을 도입하여 어종식별정보를 추출하기 위한 연구를 행하였고, Simmonds, Armstrong, Copland(1995)는 신경망회로를 이용하여 어탐신호에 포함되어 있는 어군의 식별정보를 추출하기 위한 연구를 행한 바 있다.

본 연구는 광대역 변환기에 의한 초음파 산란신

호의 반사주파수특성을 분석하면 어종식별을 위한 정보를 추출해 낼 수 있다는 점에 주목하여 이를 위한 연구의 하나로써 電極分割 圓盤型 壓電振動子を 이용하여 共振周波數를 가변시켜 넓은 주파수 대역에 걸쳐 사용할 수 있는 어군탐지기용 송수파기를 설계한 결과에 대하여 보고한다.

材料 및 方法

1. 超音波 變換器의 設計

본 연구에서는 고주파용 어군탐지기의 송수파기에 대한 超音波 素子로써 많이 이용되고 있는 Fig. 1의 圓盤型 壓電振動子を 그대로 활용하여 그것의 공진 주파수를 자유롭게 가변시킬 수 있는 주파수 가변형 광대역 초음파 변환기를 설계하였는데, 여기서, 전극분할형 진동자를 선택한 이유는 이 형태의 진동자의 경우, 어군탐지기의 발진 출력과 주파수 가변을 위한 부하 임피던스를 동시에 접속할 수 있다는 잇점이 있기 때문이다.

본 연구에 사용한 압전진동자는 Fig. 1에서와 같이 내경과 외경이 각각 9 mm, 51 mm이고, 두께가 14.5 mm인 원반형의 진동자로서, 진동자 양면에는 전극이 각각 두 부분으로 분할된 구조, 즉 한 개의 진동자가 두 쌍의 전극을 갖는 형태의 것이다.

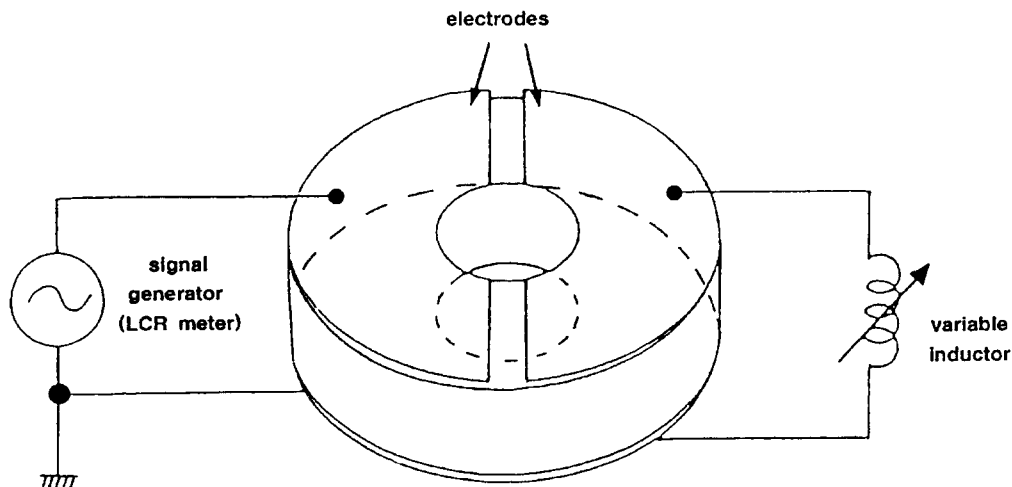


Fig. 1 Configuration of the piezoelectric transducer with two pairs of electrodes. Signal generator and variable inductor are connected to each electrode pair.

지금까지 이러한 진동자를 어군탐지기의 송수파기로써 사용하는 경우에는 양면에 있는 두 쌍의 전극중에서 한 쪽의 분할 전극에는 어군탐지기의 발진 출력을 인가하고, 다른 한 쪽의 전극은 전기적으로 단락시켜 이용하여 왔다.

그러나, 본 연구에서는 두 쌍의 전극중에서 한 쪽의 분할 전극에는 발진기를 접속하고, 다른 한 쪽의 전극에는 주파수 제어용 부하 임피던스를 접속하였다. 부하 임피던스로써는 가변 코일을 이용하였고, 실험은 이 코일의 인덕턴스(Inductance)의 값을 변화시키면서 행하였다.

이 때, 동일 초음파 소자를 사용하는 종래의 송·수파기와와의 진동조건을 같게 유지하기 위해 주파수 가변용 전극에 코일을 접속하기 위한 리드선을 설치한 후에 진동자의 전면에는 매질과의 음향학적 정합을 위한 정합층(Polycarbonate window)을 설치하고, 또한 후면에는 콜크층(cork backing)을 두어 후면방사에 기인하는 영향이 최소화되도록 하였다. 이렇게 구성된 진동자를 폴리우레탄(polyurethane) 수지를 사용하여 몰드하고, 후면 외층에는 진동자 케이블을 고정하기 위해 에폭시(epoxy) 수지를 사용한 피막층을 설치하였다.

2. 超音波 變換器의 音響特性 測定

본 연구에서 실험 제작한 초음파 변환기의 음향 특성을 조사하기 위하여 주파수 제어용 가변 코일의 인덕턴스를 2.7~15.0 mH의 범위에서 가변시키면서 진동자의 전기단자에서 본 자유 어드미턴스 및 자유 임피던스를 LCR Meter(QuadTech 7600)를 이용하여 측정하였다. 이 측정결과를 이용하여 진동자의 부하 임피던스로써 사용한 주파수 제어용 코일의 인덕턴스의 값과 그 때의 공진 주파수와와의 관계에 대하여 분석, 고찰하였다.

結果 및 考察

1. 超音波 變換器의 周波數 特性

전극분할형 진동자의 양면에 있는 두 쌍의 전극중에서 한 쪽의 분할 전극에는 발진기를 접속하고, 다른 한 쪽의 전극은 단락시킨 상태에서 발진기의

주파수를 변화시켜 자유 어드미턴스를 측정하였는데, 그 결과는 Fig. 2와 같다. 이 그림에서 종축은 어드미턴스의 실수부인 컨덕턴스(conductance, μmhos)를 나타낸 것이고, 횡축은 송수파기의 공진주파수(kHz)를 나타낸 것이다.

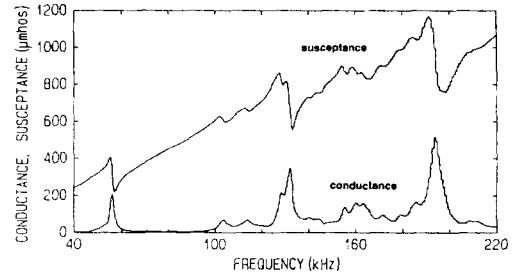


Fig. 2 A measured conductance curve in water obtained by short circuiting the inductor terminal.

Fig.2에서 외부 임피던스를 부가하지 않은 상태에서 송수파기의 徑方向에 대한 공진주파수는 56.1 kHz이고, 두께 방향에 대한 공진주파수는 192.6 kHz이다. 한편, 또하나의 이용 가능한 공진 모드는 132 kHz에 나타나고 있다. 이와같은 진동 특성때문에 현재 이 진동자는 192 kHz용 어군탐지기의 송수파기로써 사용되고 있는데, 그 전기음향변환효율은 60.7%이었다.

2. 周波數 可變型 超音波 變換器의 音響振動 特性

전극분할형 진동자의 한 쪽 분할 전극에 발진기를 접속하고, 다른 한 쪽의 전극에는 각각 2.7, 5.0, 6.0, 7.0, 8.5, 10.0, 11.5, 13.0, 15.0 mH의 코일을 부하 임피던스로써 접속한 상태에서 발진기의 주파수를 변화시켜 자유 어드미턴스를 측정하고, 그 어드미턴스의 실수부인 컨덕턴스를 주파수에 대하여 나타낸 결과는 Fig. 3과 같다.

이 그림에서 부하 임피던스로써 15.0 mH의 인덕턴스를 진동자에 접속한 경우, 이 외부부하의 영향에 기인하여 61.3 kHz에 새로운 공진 모드가 출현하였고, 그 때 경방향에 대한 공진모드의 주파수는 49.5 kHz이었다.

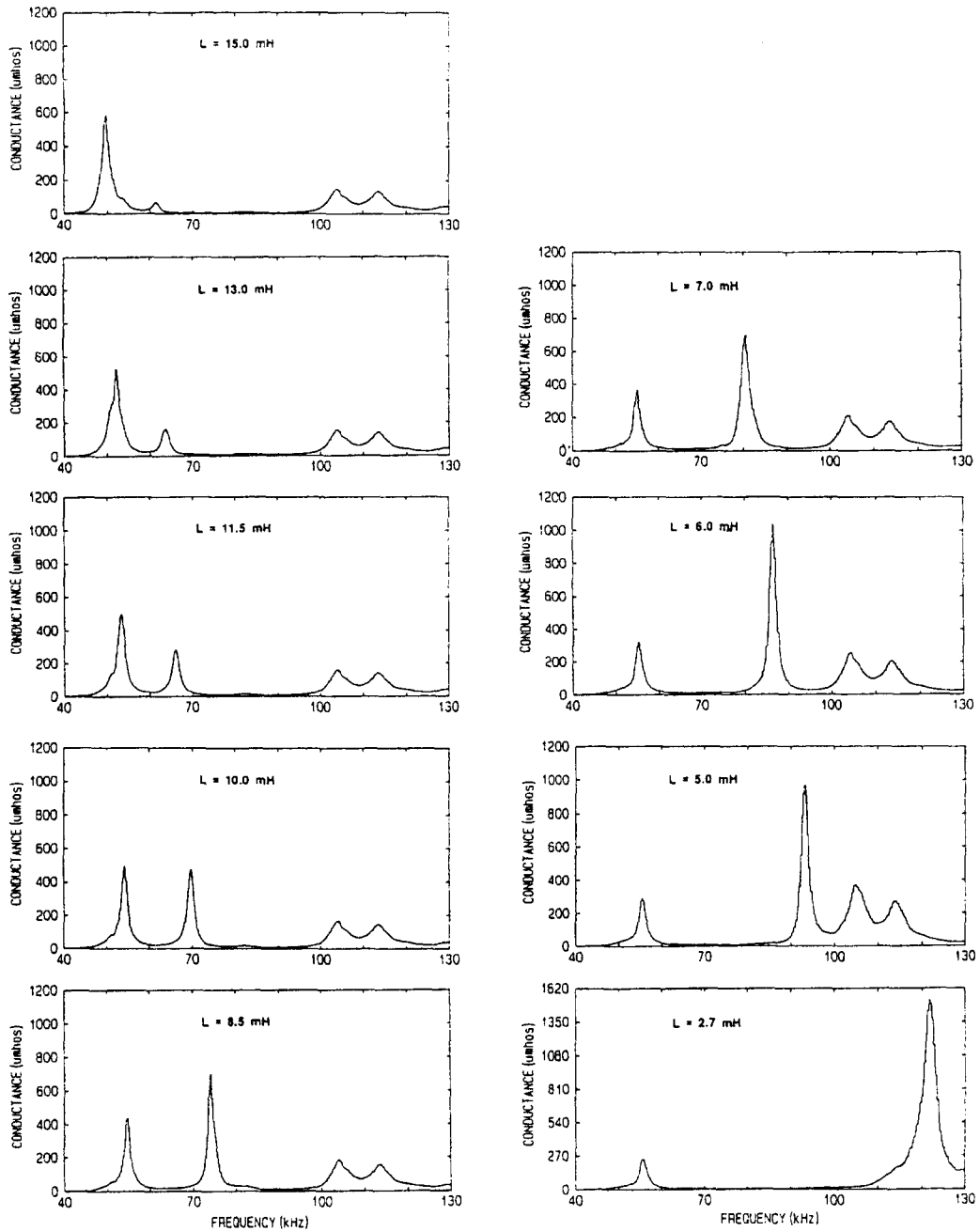


Fig. 3 Conductance curves obtained by varying the inductance value of variable inductor connected across the electrical terminal of the piezoelectric transducer.

한편, 진동자에 부가되는 부하 임피던스를 가변 시키기 위해 가변 코일의 인덕턴스를 13.0, 11.5,

10.0, 8.5, 7.0, 6.0, 5.0, 2.7 *mH*로 순차 조정함에 따라 이들 외부 부하에 기인하여 출현하는 공진 모

드의 주파수는 각각 63.6, 66.2, 69.8, 73.9, 80.4, 86.6, 93.1, 121.7 kHz로 높아졌고, 또한 경방향에 대한 공진모드의 주파수 역시 52.1, 53.1, 54.2, 54.8, 55.1, 55.3, 55.4, 55.7 kHz로 높아지는 경향을 나타내었다. 이들 가변 코일의 인덕턴스와 경방향 공진 모드의 주파수의 관계는 Fig. 4와 같고, 또한 가변 코일의 인덕턴스와 부하 임피던스의 영향에 기인하여 나타나는 공진주파수와와의 관계는 Fig. 5와 같다.

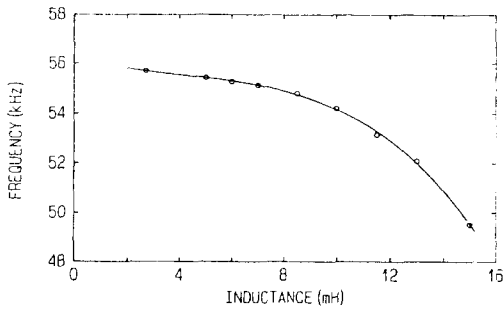


Fig. 4 The relationship between the radial resonant frequency and the inductance value of the variable inductor connected across the electrical terminal of the piezoelectric transducer.

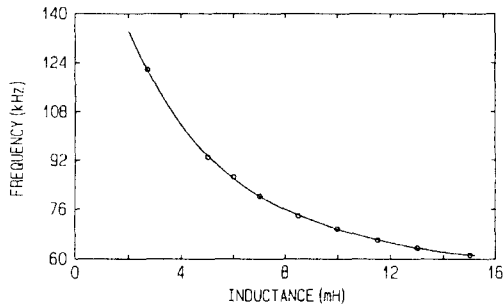


Fig. 5 The relationship between the resonant frequency obtained newly by adding the inductor and the inductance value of the variable inductor connected across the electrical terminal of the piezoelectric transducer.

그림 4에서 종축은 전극분할형 진동자의 경방향에 대한 공진주파수(kHz)이고, 횡축은 가변 코일의 인덕턴스(mH)이다. 한편, 그림 5의 종축은 부하 임피던스의 영향에 의해 새롭게 나타나는 공진

모드의 주파수(kHz)이다.

이들 그림에서 외부의 인덕턴스를 2.7~15.0 mH의 범위에서 변화시킬 때, 경방향에 대한 공진 주파수는 49.5~55.7 kHz의 범위에서 가변시킬 수 있었고, 또한 외부 부하의 영향에 의해 출현하는 공진모드의 주파수는 61.3~121.7 kHz의 범위에서 가변시킬 수 있음을 알 수 있었다.

그러나, 이들 주파수에 대한 전기음향효율을 조사한 결과, 그 값이 15.2~61.7%의 범위내에 분포하고 있어 실제로 활용할 수 있는 주파수 범위는 이것보다 훨씬 좁은 폭이 될 것이라 판단된다.

要 約

어종의 식별을 위한 음향학적 정보를 추출해 내는데 활용하기 위한 초음파 변환기를 설계하기 위한 시도의 하나로써 電極分割 圓盤型 壓電振動子를 이용하여 共振周波數를 가변시켜 넓은 주파수 대역에 걸쳐 사용할 수 있는 어군탐지기용 송·수파기를 설계하였다.

본 연구에서 설계한 초음파 변환기는 전극분할형 압전진동자의 한쪽 전극에 발진기를 접속하고, 다른 쪽 전극에 2.7~15.0 mH의 인덕턴스를 접속하였을 때, 경방향에 대한 공진 주파수는 49.5~55.7 kHz의 범위에서 가변시킬 수 있었고, 또한 외부에서 진동자에 인가한 임피던스의 영향에 의해 출현하는 공진주파수는 61.3~121.7 kHz의 범위에서 가변시킬 수 있었다.

그러나, 이들 주파수에 대한 전기음향효율을 고려 할때, 실제로 활용할 수 있는 주파수 범위는 이것보다 훨씬 좁은 폭이 될 것이라 판단된다.

參考文獻

- Zakharia M.E.(1987) : A prototype of wide-band sonar for fisheries in lakes and rivers. Int. Symp. Fish. Acoustics, 12p
- Rose G.A. and W.C. Leggett(1988) : Hydroacoustic signal classification of fish schools by species. Can. J. Fish. Aqua. Sci., 45, 579 - 604.
- Simmonds E.J. and F. Armstrong(1989) : A wide-band echosounder : measurements on cod,

- saithe, herring and mackerel from 27 - 54 kHz. Rapp P - v. Reun Cons Perm. int. Explor. Mer, 189, 183 - 191.
- Wilson O.B.(1991) : Introduction to Theory and Design of Sonar Transducers, Peninsula Publishing, California, 11 - 108.
- MacLennan D.N. and E.J. Simmonds(1992) : Fisheries Acoustics, Chapman & Hall, London, 13 - 20.
- Simmonds E.J., F.A rmstrong and P.J. Copland(1995) : Species identification using wide - band backscatter with neural network and discriminant analysis. ICES Int. Symp. on Fish. and Plank. Acoustics. No. 85, 14p.
- LEE K.T. and H,J. LU(1995) : A study on characteristics of fish shoals in coastal waters of northeast Taiwan by using echo - signal image processing system. ICES Int. Symp. on Fish. and Plank. Acoustics. No. 165, 16p.