

# 트롤 모니터링 시스템의 개발에 관한 연구 ( I )

- 트롤 전개판의 전개 간격 계측 시스템 -

신 현 옥 · 이 춘 우

부경대학교

(1997년 6월 30일 접수)

## Development of Trawl Monitoring System ( I )

- Distance Measuring System between Trawl Doors -

Hyeon Ok Shin and Chun Woo Lee

Pukyong National University

(Received June 30, 1996)

### Abstract

We make an ultrasonic system as a trial to measure the distance between trawl doors, and carried out a water tank (24×24 m, water depth 1 m) experiment for confirming the practical use of the system in October 1996. This system calculates the distance between the pinger (50 kHz) and the transponder (50 kHz/70 kHz) attached each one on the trawl door by measuring the time-difference of receiving with two channels receiver on the trawler. This paper assumes that both the length of the warp from the stern to the trawl door is same. At results the system shows a good relation between the distance and the time-difference of receiving while the location of the pinger is moved in variously in the water tank, and it was found that the method of measuring techniques on the prototype system could be applied to the measurement of the trawl door opening in the field experiment.

### 서 론

WTO 체제의 출범으로 국내 시장의 개방화가 가속되고 있는 현실에 즈음하여 우리 나라 수산업이 기술 경쟁력을 확보하여야만 무한 경쟁체제에서 살아남을 수 있다. 이를 위하여는 선진 수산국의 기술을 따라 잡고, 후발 수산국과의 경쟁에서도 기술적인 우위를 확보하고 계속 발전하기 위해서는 첨단기술이 접목된 조업기술을 개발하여야 한다.

트롤어업은 타 어업에 비하여 자동화가 많이 이루어진 편이나 어구의 설계 및 운용 과정 등에는 아직도 과학적이지 못한 요소가 많이 남아 있다. 이에 대한 원인으로서는 어구의 성능을 파악하기 위한 체계적인 연구와 어구 성능 계측 장비의 부족 등을 들 수 있다.

한편, 우리 나라의 어업환경은 유엔해양법 협약의 발효와 더불어 총허용어획량 (TAC)제도의 도입으로 인하여 지금까지의 어업환경과는 크게 변

모할 것으로 예상되는 바, 이와 같은 환경변화에 능동적으로 대처하기 위해서는 어획량 위주의 어업에서 질을 중시하는 선택성이 높은 어업으로 변화하여야 할 것으로 예상된다.

이상과 같은 어업환경 변화에 적극 대처하기 위해서는 어구의 성능을 적절히 측정할 수 있는 장비의 개발이 필요하다. 노르웨이에서 개발하여 시판하고 있는 ITI 같은 트롤 모니터링 시스템은 수중에서 예망 중인 트롤 어구의 전개상태, 어획상태 등의 측정에 위력을 발휘하나 고가장비인 관계로 손쉽게 사용하지 못하는 어려움이 있다.

초음파를 이용하여 어류의 행동을 원격으로 측정하고자 하는 연구는 여러 편 보고되어 있으나<sup>1,2)</sup> 어구의 움직임 특히, 트롤 전개판의 전개 간격을 원격 계측한 연구 결과는 거의 보고되어 있지 않다.

본 연구에서는 트롤 모니터링 시스템 개발의 일환으로 우선 트롤 전개판의 전개간격을 실시간으로 측정할 수 있는 장치를 시험 개발하였고, 이 장치를 수조에서 운용하여 본 결과 소기의 성과를 얻었기에 이에 관한 연구결과를 보고한다.

## 장치 및 방법

### 1. 트롤 전개판의 전개 간격 및 심도의 계측 원리

트롤어구의 상태를 정확히 알기 위해서는 전개판의 전개 간격과 심도, 그물의 전개 높이 및 심도 등이 계측되어야 한다. 본 연구에서는 우선 전개판의 전개 간격을 초음파로 계측할 수 있는 장치를 시험 제작하였다.

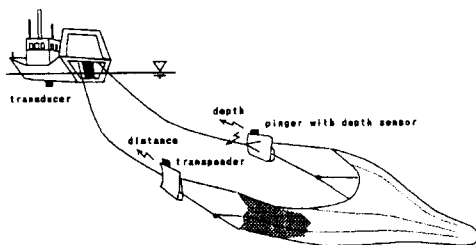


Fig. 1. Schematic diagram of the system arranged to measure the opening of trawl doors.

Fig. 1은 전개판의 전개 간격 계측 시스템의 개념도를 나타낸 것이다. 전개판 간격 계측 장치는 압력 센서를 내장한 초음파 핑거, 트랜스폰더, 2개의 수파기 및 지시부로 구성된다.

전개판의 간격 계측 원리는 우측 전개판에 부착된 초음파 핑거에서 송신되는 50 kHz의 초음파 펄스를 좌측의 전개판에 부착된 트랜스폰더에서 수신하면 트랜스폰더의 송신부가 구동되어 70 kHz의 초음파 펄스를 선박을 향하여 송신한다. 선박에서는 선저 또는 예항체에 설치한 2개의 수파기를 통하여 핑거의 펄스 신호와 트랜스폰더의 펄스 신호를 수신하여 모선에 설치된 초음파 수신부에 전달한다. 초음파 수신부는 2개의 채널로 구성되고, 그 중 하나는 50 kHz의 주파수만 입력하고 다른 하나는 70 kHz의 펄스 신호를 수신한다. 2개 채널의 수신부에서 각각 증폭, 검파 및 파형 정형된 신호는 신호처리부에 입력되어 전개판의 간격 및 심도를 계산한다.

전개판의 간격 계산 알고리즘은 좌우 전개판까지의 거리인 끌줄의 길이가 같다고 가정하면 핑거에서 발사된 신호의 수신시간과 트랜스폰더에서 발사된 신호의 수신시간과의 차로부터 계산할 수 있도록 되어 있다.

전개판의 심도는 압력센서 붙이 핑거의 심도로 대체한다. 압력센서를 내장한 핑거는 핑거의 심도에 따라 초음파 펄스 주기가 변하도록 되어 있어 그 주기를 검출하면 핑거의 심도를 구할 수 있다.

### 2. 초음파 핑거

초음파 핑거는 초음파 펄스의 주기와 폭을 결정하는 타이밍 회로, 발진회로를 제어하는 트리거 회로, 송신 주파수를 결정하는 발진 회로, 초음파 송파기를 구동하기 위한 전력 증폭기, 초음파 송파기의 임피던스 정합(matching)을 위한 코일 및 전기적 펄스 신호를 초음파 펄스 신호로 변환시키는 초음파 송파기로 구성하였다<sup>3)</sup>. 이 때, 핑거의 심도에 관한 정보를 전송하기 위해서는 압력센서를 사용하며, 압력센서를 펄스 주기 발생회로에 결합시켜 수압에 따라 펄스의 주기가 변하도록 하였다<sup>4)</sup>.

실험에 사용한 핑거는 어류행동 추적용으로 자주 사용되는 것으로 송신주파수 50 kHz, 음원음압

레벨 160 dB (re 1 $\mu$ Pa at 1 m), 펄스 폭 20 msec이며, 펄스 주기는 핑거의 심도가 0~200 m로 증가함에 따라 0.9~3 sec로 길어지게 하였다.

### 3. 초음파 트랜스폰더

초음파 트랜스폰더는 질문 신호에 응답하여 신호를 송신하는 장치<sup>5,6)</sup>로서, 본 연구에서는 장치의 구성을 간단하게 하기 위해서 수신 주파수 대역을 통과한 펄스 신호가 입력되면 코드 확인 등의 작업 없이 무조건 1개의 펄스 신호를 송신하도록 하였다. 이 트랜스폰더의 수신부는 Fig. 2에 나타난 바와 같이 초음파 수파기 (50 kHz), 초단 증폭기, 대

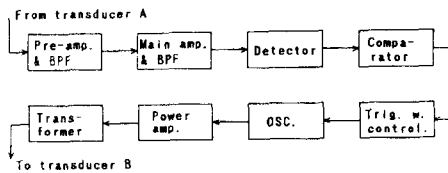


Fig. 2. Block diagram of transponder.

역 필터 (BPF), 주 증폭기, 검파기, 파형 정형기 및 트리거 폭 가변기로 구성하였고, 송신부는 발진기 (OSC), 전력 증폭기, 임피던스 매칭 코일 및 초음파 송파기 (70 kHz)로 구성하였다.

트랜스폰더의 동작원리는 초음파 송수파기 (transducer)를 통하여 수파된 50 kHz의 미약한 전기신호를 초단 증폭한 다음 대역필터를 사용하여 신호에 해당하는 공진 주파수만을 통과시키고 나머지 수중잡음을 차단한다. 초단 증폭과 1차 대역 필터만으로는 신호처리에 충분한 크기의 신호 전압이 얻어지지 않으므로 주 증폭기에서 몇 차례 더 증폭시키고 필터링하는 수법을 사용하였다. 이때 수신부의 증폭도는 90 dB, 수신대역폭은 -3 dB 점에서 3000 Hz이었다. 증폭된 신호는 검파기를 거쳐 AF 신호로 되고 이 신호는 파형 정형기를 통과하여 트랜스폰더 송신부의 트리거 신호로 사용되는 ON/OFF 신호로 바뀐다. 트랜스폰더의 송신 펄스 폭은 트리거 폭에 비례하므로, 본 연구에서는 트랜스폰더의 전력소모를 감소시킬 목적으로 단안정 멀티바이브레이터를 사용하여 트리거 폭을 0.4~10 msec 범위로 가변시킬 수 있도록 하

였다.

트랜스폰더의 송신부에서는 하강 에지 (down edge) 트리거 신호에 발진기가 구동되어 트리거 폭 만큼 지속되는 70 kHz의 송신 주파수를 출력한다. 이 신호는 선박까지 도달하기에 충분하도록 전력 증폭되고, 임피던스 정합이 이루어져 초음파 송수파기 B를 통하여 선박으로 송신된다. 트랜스폰더의 송신 주파수를 70 kHz로 한 것은 송신출력의 수신부에 피드백되는 것을 감소시키면서 초음파 에너지의 전파손실, 진동자의 크기 및 진동자 입수의 용이성을 고려하였기 때문이다.

트랜스폰더에서는 핑거로 부터의 신호를 수파하기 위하여 어군탐지기에서 사용하는 것과 같은 지향성 송수파기 (50 kHz, 원판형 세라믹 진동소자)를, 응답용으로는 무지향성 송수파기 (70 kHz, 링형 세라믹 소자)를 사용하였으며, 응답신호의 펄스 폭은 3 msec, 송수파기에 인가되는 응답신호의 펄스 전압은 400 Vp-p로 하였다.

### 4. 수신부 및 신호처리부

모선에 설치되는 트롤 전개판 간격 측정 시스템의 수신부 및 신호처리부의 구성 블럭도는 Fig. 3과 같다.

Fig. 3에서 수신부는 초음파 핑거와 초음파 트랜스폰더로 부터의 펄스 신호를 수파하기 위한 2개

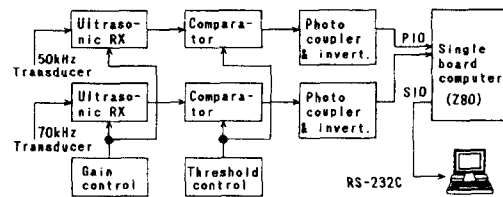


Figure 10 PMV based on each experimental modes

의 초음파 수파기와 핑거 및 트랜스폰더로 부터의 미약한 펄스 신호를 증폭하고 검파하여 수신시간 차 측정에 사용되는 타이밍 신호를 만들어내는 2 채널의 초음파 수신 보드로 구성한다.

핑거와 트랜스폰더로부터의 신호를 수신하기 위한 50 kHz 및 70 kHz 수파기는 링형 세라믹 진동소자를 사용하여 어느 방향에서도 수신 가능하

도록 하였고, 2개 채널 수신기의 이득을 각각 약 100 dB로 일정하게 하여 1 포인트에서 문턱치 (threshold level)를 조정하게 함으로써 문턱치 조정에 따른 타이밍 신호의 상승시간의 변동여지를 최소화하였다. 수신시간차는 각 채널의 타이밍 신호의 상승 에지 (up edge)를 검출하여 측정하였다.

초음파 수신기의 수신 대역폭은 그 폭이 좁을수록 S/N비가 개선되나 대신 펄스 신호의 상승 에지는 둔화되므로, 본 연구에서는 수신 대역폭을 3000 Hz (-3 dB) 정도로 조정하였다.

신호처리부는 수신 보드에서 출력되는 타이밍 신호를 싱글보드 컴퓨터에 공급하기 위한 인터페이스 보드, 수신시간차를 측정하는 싱글보드 컴퓨터 (Z80, 6 MHz), 그리고 싱글보드 컴퓨터의 수신 시간차 출력을 시리얼 통신 (RS-232C)으로 입력하여 핑거와 트랜스폰더 사이의 거리 (트롤 전개판의 전개간격)를 화면에 나타내고 이 때의 데이터를 저장하는 데 사용하는 노트북 컴퓨터 (IBM 호환, 486 SX)로 구성하였다.

싱글보드 컴퓨터에서는 33.3  $\mu$ sec의 간격으로 샘플링하여 수신시간차를 측정하였고, 측정 결과를 노트북 컴퓨터에 전송하는 통신속도는 4800 bps로 하였다.

### 결과 및 고찰

시험 제작한 전개판 간격 계측 시스템의 성능을 확인하기 위하여 부경대학교 양어장 (24×24 m, 수심 1 m)에서 수조 실험을 실시하였다. 실험은 트랜스폰더용 송수파기 2개와 핑거 및 트랜스폰더의 펄스 신호를 수파하는 2개의 수파기는 일정 거리를 두고 고정 시켰고, 소형 부자를 이용하여 수면 하 0.6 m 수층에 내린 핑거를 수평 방향으로 움직여 핑거와 트랜스폰더간의 거리를 변경시켰을 때의 데이터를 기록 분석하였다.

기록된 거리 측정 자료를 분석한 결과, 거리와 수신시간차 사이에 양호한 상관성이 확인되었고, 이것으로부터 본 연구의 전개판 간격 계측 기법은 현장 실험에서도 적용될 수 있음을 확인하였다. Fig. 4는 핑거와 트랜스폰더간의 거리를 측정한 예를 보여주고 있다.

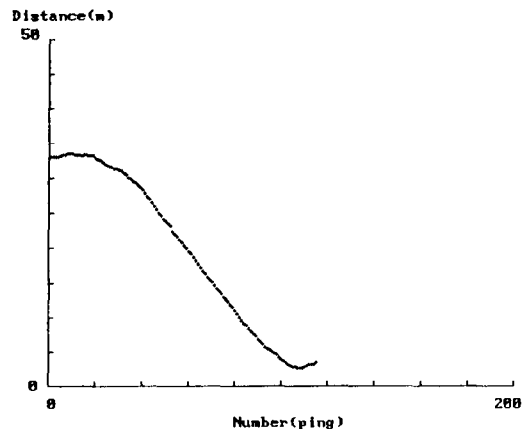


Fig. 4. Measured distance between the pinger and the transponder while pinger is moving.

### 요 약

트롤 전개판의 전개간격을 실시간으로 원격 측정하기 위한 시스템을 제작하여 1996년 10월 부경대학교 양어장 (24×24 m, 수심 1 m)에서 실용성 확인을 위한 수조 실험을 행하였다. 이 시스템은 핑거 (50 kHz)와 트랜스폰더 (50 kHz/ 70 kHz)를 각각 1개씩 부착한 전개판의 전개 간격은 트롤선에서 측정한 핑거 신호와 트랜스폰더 신호의 수신 시간차를 측정하여 계산한다. 본 논문에서는 트롤선에서 양 현의 트롤 전개판까지의 거리는 같다고 가정하여, 수조에서 핑거를 여러 가지로 움직여 본 결과, 수신시간차와 거리간의 상관성이 양호하였고, 시험 제작한 트롤 전개판의 간격 계측 시스템에 사용하였던 계측 기법은 현장 실험에 적용할 수 있음을 알 수 있었다.

### 사 사

이 연구는 1996년도 한국과학재단 지원의 Post - Doc. 과정에서 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

### 참고문헌

- 1) Shin, H. I., D. J. Lee, H. O. Shin, W. W. Lee and J. Y. Ahn, 1994, Development of the underwater

- telemetry system to monitor the behavior of fish ( I ), ( II ), ( III ). Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 30(4), 263-291. (in Korean)
- 2) Shin, H. O., 1992, Ultrasonic tracking of movements of Striped Jack (*Caranx delicatissimus*) in the Nunoura Bay, Japan. Bull. Korean Fish. Tech. Soc. 28(4), 347-359. (in Korean)
  - 3) Shin, H. O. and E. Hamada, 1991, Miniaturization pinger for biotelemetry. Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 27(3), 178-183.
  - 4) Shin, H. O., E. Hamada, H. Suzuki and Y. Koike, 1990, Guidance of ROV using multiple pingers of a single frequency. J. Japan Inst. Nav., Vol. 83, 7-11. (in Japanese)
  - 5) Mitson, R. B., 1987, Telemetry, Underwater. Systems & Control Encyclopedia, edited Madan G Singh, Pergamon Press, Oxford, 4842-4848.
  - 6) Milne, P. H., 1983, Underwater acoustic positioning systems. E & F. N. Spon Ltd., London. 284.