Multi-Beam 超音波振動子의 水中遠隔制御에 관한 硏究

崔 漢 圭·辛 亨 鎰
釜山水產大學校
(1991년 2월 20일 접수)

Underwater Telemetering by Ultrasonic Multi-Beam Transducer

Han-Kyu Choi and Hyeong-Il Shin
National Fisheries University of Pusan
(Received February 20, 1991)

This paper described on the availability of the underwater telemetering by the ulterasonic multi-beam system made as a trial to expand detectable range of the fish school.

The ultrasonic multi-beam system consisted of four transducers which reconstructed with the existing net recorder. The experiment for the telemetering carried out in the set net fishing ground.

The results obtained are summerized as follows:

1. The detectable distance of a target by the linear arrangement of four transducers increased according to the sea depth and the interval between transducers.

2. When the fish school in the entrance of set net was measured by linear arrangement of transducers it was entered in depth of 2.5~3.5m at near position of leader, and in depth of 3.5~4.5m at near position of door net.

3. The deviations of error between the actual position and the position by transducer in case of the target depth 1m, 1.5m, 2m were 5.9~27.1cm, 3.2~28.9cm, 3.5~25.8cm respectively, and 68.3% probability radius of them were 14.6cm, 17.7cm, 17.0cm respectively.

4. When the fish school in the fish court of set net was measured by plane arrangement of transducers it was entered toward the opposite direction of tide current.

5. The available distance of telemetering by the multi-beam transducer was 1.8km and the telemetering was possible to control everywhere in case of sea depth more than three meters.

緖 論

魚群을 탐지하는 기술은 魚群探知機가 개발된 이래 電子工學의 발전과 더불어 급진적인 발전을 거듭하여 기본적으로는 垂直魚探에서 水平魚探까지 개발되었고, 黑白記錄式魚探에서 칼러魚探까지 개발되었으며, 최근에는 컴퓨터산업의 발전으로 어체의 크기별 資源量을 계측할 수 있는 科學魚群探知機도 개발되었다.

또한, 魚群의 行動과 回遊經路 등을 파악하거나, 船舶間의 어군탐지정보 교환과 漁場으로부터의 魚群情報를 육상에서도 즉시 파악할 수 있게 하기 위한 遠隔制御方式이 채택되게 되었다. 이러한 遠隔制御方式에는 net recorder, net zonde, telesounder 등이 있으며, 최근에는 이의 정도 개선이나 이용에 관해 많은 硏究가 진행되고 있다.

이러한 硏究로는 申[13], 辛[14] 등의 水中情報의 遠隔

制御, 加藤[3], Konagaya[6] 등의 魚群에 대한 遠隔制御 등이 있다. 그러나 이들 대부분은 單一振動子에 대한 것으로 遠隔探知範圍가 제한되고 있다.

本 硏究는 遠隔測定에 의한 魚群의 탐지범위를 넓히기 위하여 기존 net recorder를 4개의 振動子로 사용할 수 있는 멀티비임진동자 시스템으로 바꾸어, 이들을 直線配列과 平面配列하여 魚群探知範圍의 확대폭과 魚群의 位置測定에 대한 遠隔制御 實驗을 행하고 그 유용성을 檢討·分析 하였다.

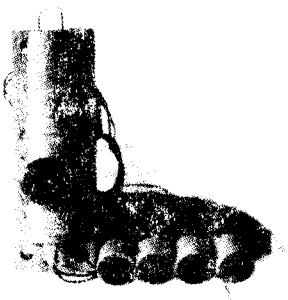
裝置 및 方法

1. 實驗裝置

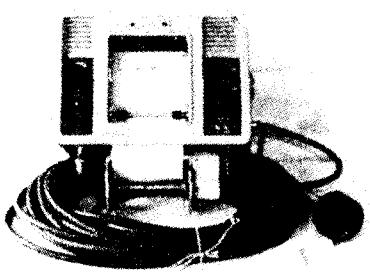
1) Multi-beam system의 構成

본 실험에 사용한 超音波 멀티비임시스템 (ultrasonic multi-beam system)은 기존 net recorder를 개조하여 Fig. 1과 같이 送信部, 受信部로 구성하였으며, 各部의 性能諸元은 Table 1과 같고, 작동계통도는 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2에서 수중의 水溫, 魚群 및 海底 등의 정보를 얻기 위해 382.5kHz 發振器에서 여진된 파를 分周器를 통해 180kHz 발진, 증폭시켜 발진 relay를 통하여 4개의 振動子가 순차적으로 발진 되도록하여 초음파를 발사 하였다.

4개의 振動子와 水溫 sensor로부터 수신한 수중정보신호는 50kHz FM반송파 주파수로 복조, 증폭하여 遠隔制御用 50kHz 送信振動子에 입력시켜 수중으로 송신 하였다. 한편, 선상이나 육상측에서는 50kHz 受信振動子로서 이들 送信信號를 수신하여 수신기에서 검파, 증폭하여 256개의 multi-pen에 입력시켰으며, 슈밋트회로를 통하여 동기신호에 의한 펄스파를 基準信號로 잡아 F.F(flip flop)에 가하였다.



(a)



(b)

Fig. 1. An exterior view of the experimental equipments.
(a) : Transmitting part, (b) : Receiving part.

F. F에서 buffer inverter에 가해진 負의 기준펄스를 trigger시켜 gate에 보내었으며, 그리고 F. F電壓의 緩衝을 위해 삽입한 buffer inverter에서는 펄스레벨, 波高値 및 極性을 변환하여 temp. F.F와 A 및

Table 1. Specifications of experimental equipments

Equipments	Specifications
Receiver	Recording range(m) : 0~20, 0~40, 0~80 Temp. recorfing range(℃) : -3~24 Receiving frequency mode : 50kHz ultra sonic FM Recording paper speed (mm/min) : 10, 20 Power source : AC 110/220V
Transmitter	Transducer frequency : 180kHz Signal transmitting frequency : 50kHz Validity receiving distance : 2000m Source voltage : 12V Consumption power : 250mA Relay control box : Time interval 1 $min.$
Power	Inverter out : AC 110V, 1.5A×2

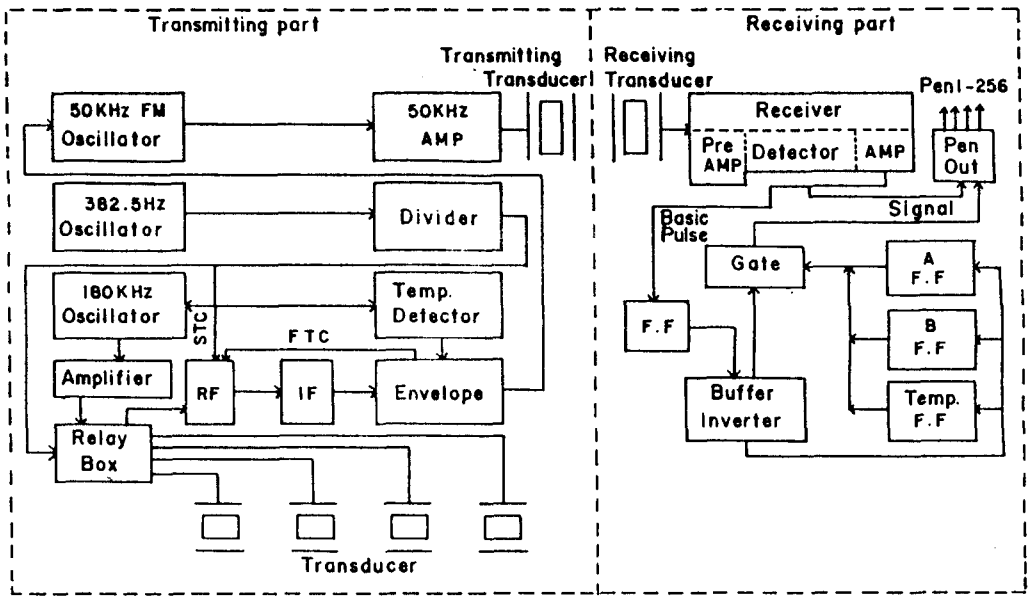


Fig. 2. Block diagram of the experimental equpments.

B F.F에 가해지도록 하였다.

Temp. F.F에는 水溫情報, A F.F에는 어군에 대한 연속 정보, 그리고 B F.F에서는 3개의 어군에 대한 정보가 1分 간격씩 순차적으로 입력되도록 하였으며 이들은 gate회로에서 제어하여 기록지에 수중정보가 기록되도록 하였다.

2) **Multi-beam** 振動子의 指向特性

實驗水槽 (LxBxD, 3x3x2m)내에서 측정한 振動子의 指向特性은 Fig. 3과 같고, 그 指向角은 약 14°였다.

$$R=\left|\frac{2J_1(Z)}{Z}\right| \quad \cdots\cdots(1\text{-}1)$$

단, R : 指向性函數, $Z=ka\ sin\theta$

$k=2\pi/\lambda$, λ : 波長, a : 振動子의 半徑

J_1 : 제 1종 Bessel 函數, θ : 指向角

指向特性을 나타내는 이론식(1-1)[5]에 위한 計算値는 測定値와 거의 일치하였다.

2. 實驗方法

1) 直線排列에 의한 標的 및 魚群의 探知

直線排列에 의한 標的 및 魚群探知에 대한 실험은 Fig. 4 및 Fig. 5에서 나타낸 바와 같이 거제도 능포 축양조와 부산 수영만 沿岸定置網漁場에서 실시하였다.

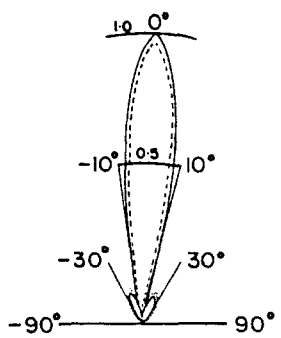


Fig. 3. Beam pattern for an element of the multi-beam transducer.
···: Observed values. -: Calcuated values.

直線排列에 의한 標的探知는 Fig. 6과 같이 水深 2m에서 10m까지 50cm간격으로 標的을 좌, 우로 이동시키면서 측정하였다.

魚群探知는 Fig. 7과 같이 길그물을 중심으로 4개의 振動子를 좌, 우 2개씩 直線配列하여 실시하였으며, 아울러 振動子 4개를 길그물을 중심으로 좌, 우 교대로 直線配列하여 실시하였다.

魚群의 遠隔測定은 발신기를 定置網入口의 수심 3m에서 外海로 향하게 고정하고, 受信振動子는 발신기 방향으로 선박에 고정하여 기록지의 기록이 완전히 없어질때까지 선박을 이동시키면서 실시하였다.

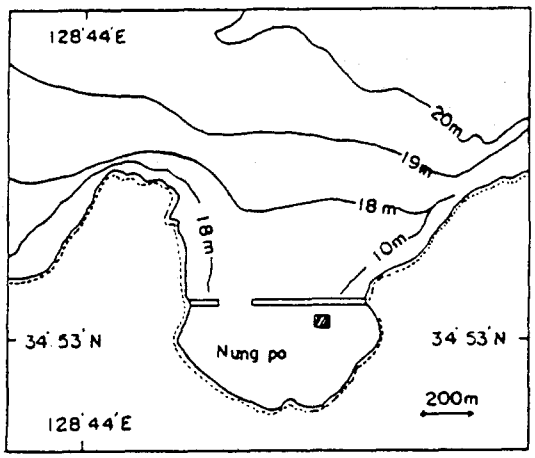


Fig. 4. The observational position in Nung-po bay.

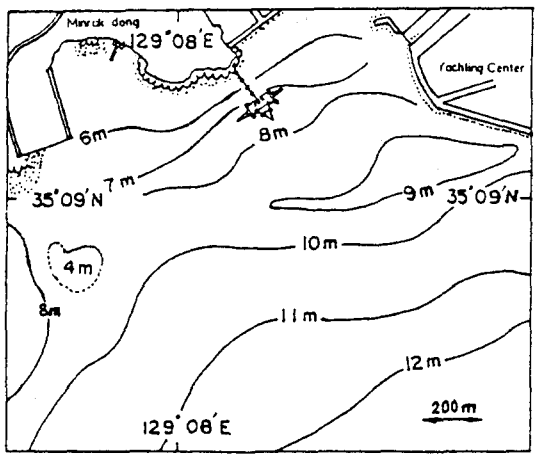


Fig. 5. The observational position in Su-yeong bay.

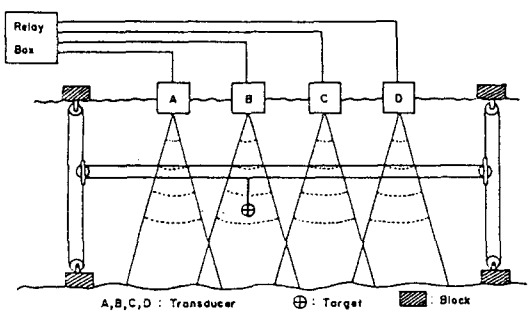


Fig. 6. The linear arrangement of transducers in breeding tank of Nung-po bay.

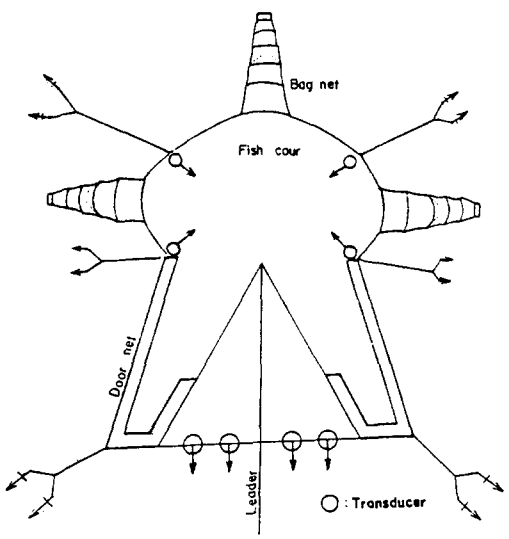


Fig. 7. The plane and linear arrangement of transducers in a set net.

또한, 발신기 방향을 沿岸쪽으로 향하게 하고, 受信振動子는 沿岸가까이에서 발신기 방향으로 설치하여 遠隔測定하였다.

2) 平面排列에 의한 標的 및 魚群 位置測定

標的의 位置測定은 거제도 능포 畜養槽 (LxBxD, 5x5x11m)에서 Fig. 8과 같이 4개의 振動子를 平面排列하고, 標的의 水深은 1m, 1.5m, 2m로 하여 각각 16지점에서 측정하였다.

標的의 位置計算은 Milne[8]의 다음 식에 의하여 구하였다.

$$(x-x_1)^2+(y-y_1)^2+(z-z_1)^2=R_1^2 \quad \cdots\cdots(2\text{-}1)$$
$$(x-x_2)^2+(y-y_2)^2+(z-z_2)^2=R_2^2 \quad \cdots\cdots(2\text{-}2)$$
$$(x-x_3)^2+(y-y_3)^2+(z-z_3)^2=R_3^2 \quad \cdots\cdots(2\text{-}3)$$
$$(x-x_4)^2+(y-y_4)^2+(z-z_4)^2=R_4^2 \quad \cdots\cdots(2\text{-}4)$$

위 식을 전개하여 x^2, y^2, z^2을 소거하고,

$$A_1=-2(x_1-x_2) \quad \cdots\cdots(2\text{-}5)$$
$$B_1=-2(y_1-y_2) \quad \cdots\cdots(2\text{-}6)$$
$$C_1=-2(z_1-z_2) \quad \cdots\cdots(2\text{-}7)$$
$$D_1=(R_1^2-R_2^2)-(x_1^2-x_2^2)-(y_1^2-y_2^2)-(z_1^2-z_2^2) \quad \cdots\cdots(2\text{-}8)$$

로 치환하여 정리하면 다음과 같다.

$$A_1X+B_1Y+C_1Z=D_1 \quad \cdots\cdots(2\text{-}9)$$
$$A_2X+B_2Y+C_2Z=D_2 \quad \cdots\cdots(2\text{-}10)$$
$$A_3X+B_3Y+C_3Z=D_3 \quad \cdots\cdots(2\text{-}11)$$

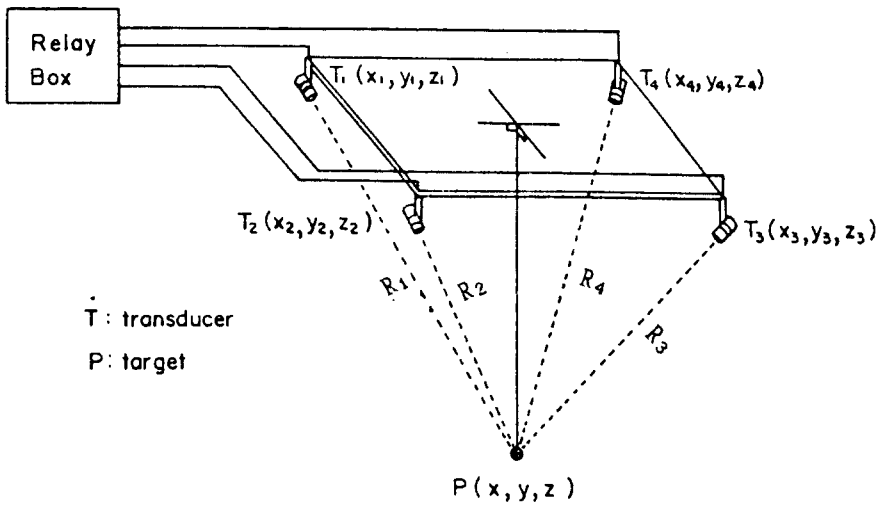


Fig. 8. The plane arrangement of transducers in breeding tank of Nung-po bay.

$$A_4X+B_4Y+C_4Z=D_4 \quad \cdots\cdots(2\text{-}12)$$

위 식을 matrix 식으로 간소화 시키면

$$AX=B \quad \cdots\cdots(2\text{-}13)$$

$$A=\begin{pmatrix} A_1 & B_1 & C_1 \\ A_2 & B_2 & C_2 \\ A_3 & B_3 & C_3 \\ A_4 & B_4 & C_4 \end{pmatrix} \quad \cdots\cdots(2\text{-}14)$$

$$B=\begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ D_4 \end{pmatrix} \quad \cdots\cdots(2\text{-}15)$$

$$\mathbf{X}=\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad \cdots\cdots(2\text{-}16)$$

$$\mathbf{X}=(A^T\times A)^{-1}\times(A^T\times B) \quad \cdots\cdots(2\text{-}17)$$

로 구한다.

遠隔測定에 의한 魚群의 位置測定은 부산 수영만 沿岸定置網漁場에서 Fig. 7과 같이 운동장 그물 (LxBxD, 14x11x8m)의 네모서리에 振動子 4개를 平面排列하여 魚群의 위치를 측정하였다.

平面排列에 의한 魚群의 遠隔測定은 발신기를 定置網入口 수심 3m깊이에서 外海로 향하게 고정하고, 受信振動子를 발신기 방향으로 선박에 고정하여 기록지의 기록이 완전히 없어질때까지 선박을 이동시키면서 실시하였다.

또한, 발신기 방향을 沿岸쪽으로 향하게 하고, 受信振動子는 沿岸가까이에서 발신기 방향으로 설치하여 遠隔測定하였다.

結果 및 考察

1. 直線排列에 의한 標的 및 魚群探知

1) 標的探知

능포 축양조에서 4개의 振動子를 直線排列하고, 標的을 좌우, 상하로 이동하여 측정한 결과는 Fig. 9와 같다.

Fig. 9에서 탐지범위는 振動子의 간격이 증가함에 따라 증가하였으며, 탐지범위 Y, 진동자간격 X로하면, Y=4X의 관계식을 얻을 수 있었다.

魚群, 水温, 海底와 같은 水中情報를 측정할 때 1개의 振動子보다 4개의 振動子를 直線排列하면 그 탐지 범위를 4배까지 확대할 수 있다.

2) 魚群探知

Fig. 10은 定置網入口에 4개의 振動子를 길그물을 중심으로 20분 간격씩 좌, 우 교대로 直線排列하여 定置網에 入網되는 魚群의 記錄面積을 10분간 평균한 값을 1/5로 축소하여 나타낸 것이다.

Fig. 10의 (a), (b), (c), (d)는 길그물에서 좌, 우측으로 각각 1m간격씩 4개의 振動子를 설치하여 좌측에 20분, 우측으로 20분씩 교대로 측정한 魚群의 시간별 변화를 각각 나타낸 것이다.

Fig. 10에서 魚群은 길그물 좌측인 수영강쪽에서

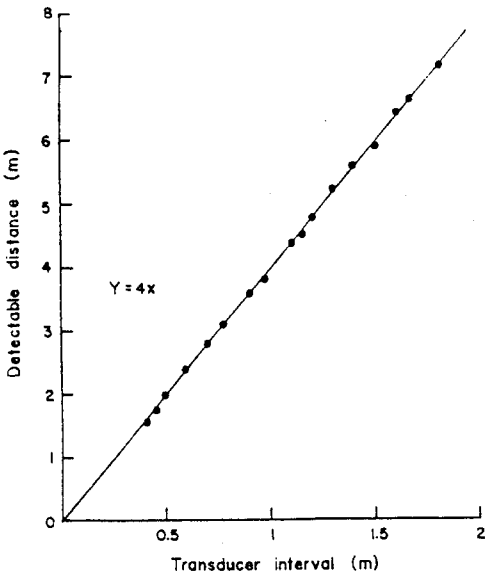


Fig. 9. The relation between transducer interval and detectable distance.

길그물에 아주 가깝게 2.5~3.5*m*의 水層으로도 어느 정도 入網되었으며, 중앙에는 거의 入網되지 않았다. 한편, 길그물 우측에는 전혀 入網되지 않았다.

이와같은 현상은 潮流의 방향이 길그물을 중심으로 좌측에서 우측으로 향하였기 때문으로 생각된다.

Fig. 11는 定置網入口에 4개의 振動子를 길그물을 중심으로 좌, 우 교대로 直線排列하여 定置網에 入網되는 魚群의 記錄面積을 10분간 평균한 값을 1/5로 축소하여 나타낸 것이다.

Fig. 11의 (a), (b), (c), (d)는 길그물을 중심으로 4개의 振動子를 1*m*간격씩 좌측 20분, 우측으로 20분씩 교대로 측정한 魚群의 시간별 변화를 나타낸 것이다.

Fig. 11에서 魚群은 길그물 우측인 수영강의 외해쪽에서 길그물에 아주 가까운 2.5~3.5*m*의 水層으로 入網되었으며, 중앙에는 거의 入網되지 않았다. 그러나, 길그물 좌측에는 다소 적은 양이 入網되었다.

이와같은 현상은 潮流의 방향이 길그물을 중심으로

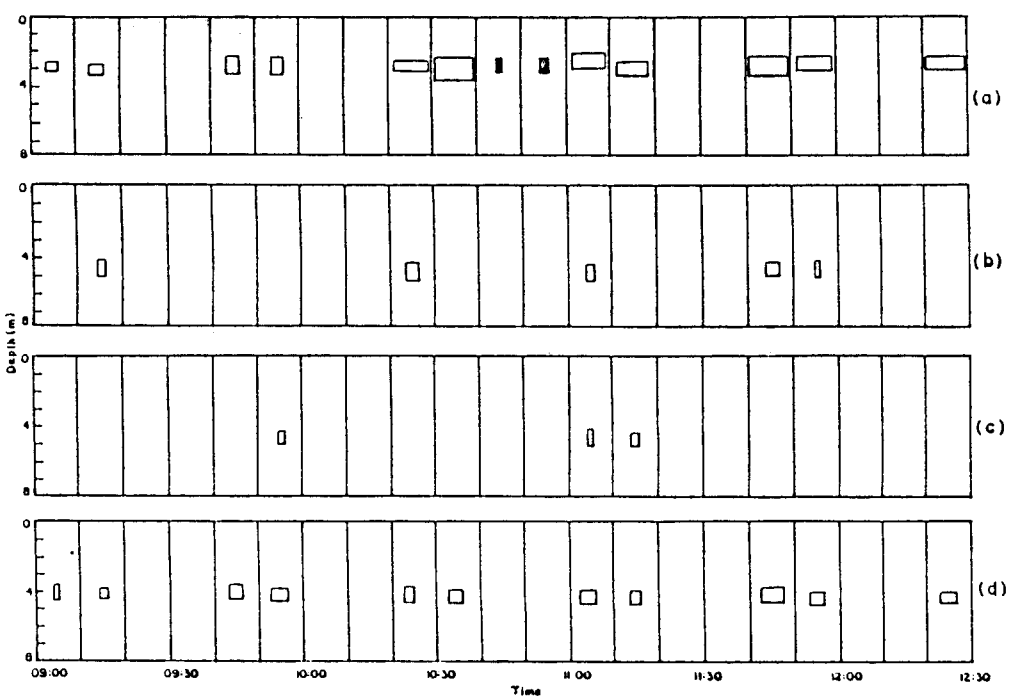


Fig. 10. Vertical distribution of the fish school observed by the multi-beam transducer from 09 : 00 to 12 : 30, in entrance of set net, 15th Oct. 1990.
(a), (b), (c) and (d) showed the vertical distribution of fish school which observed by the transducer set up intervals of 1*m* from leader net toward left and right side respecively.
■ : The fish school entered toward right from leader net.
□ : The fish school entered toward left from leader net.

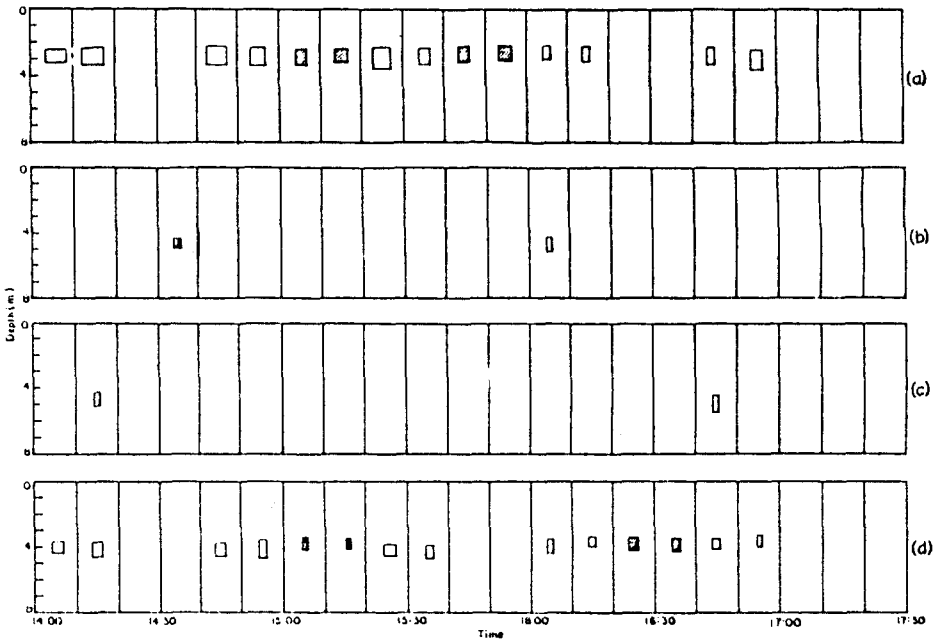


Fig. 11. Vertical distribution of the fish school observed by the multi-beasm transducer from 14 : 00 to 17 : 30, in entrance of set net, 15th Oct. 1990.
(a), (b), (c) and (d) showed the vertical distribution of fish school which observed by the transducer set up intervals of 1m from leader net toward left and right side respectively.
■ : The fish school entered toward left from leader net.
□ : The fish school entered toward right from leader net.

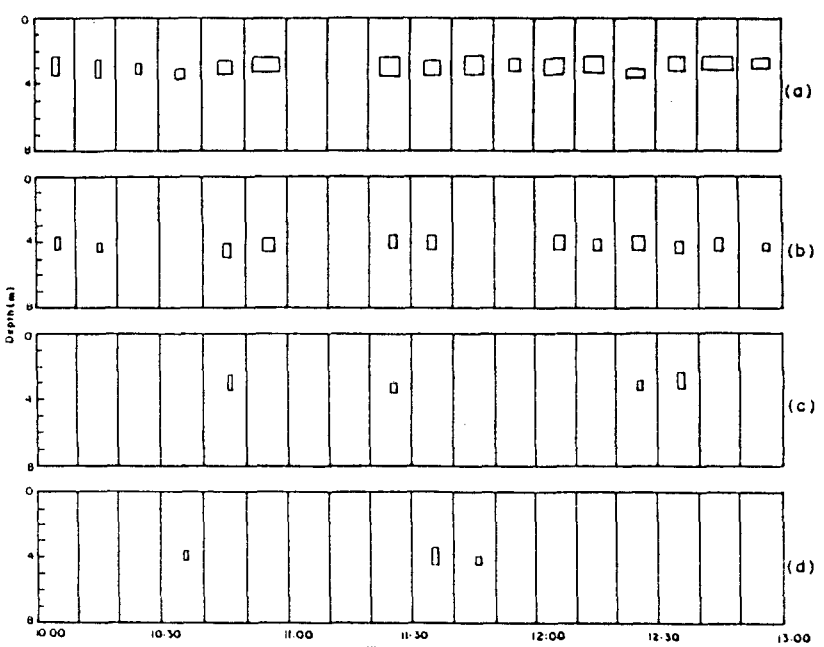


Fig. 12. Vertical distribution of the fish school observed by the multi-beam transducer from 10 : 00 to 13 : 00, in entrance of set net, 16th Oct. 1990.
(a), (b), (c) and (d) showed the vertical distribution of fish school which observed by the transducer set up intervals of 1.5m from leader net toward left and right side respectively.
□ : The fish school entered toward left and right from leader net.

우측에서 좌측으로 향하였기 때문으로 생각된다.

Fig. 12는 定置網入口에 4개의 振動子를 길그물을 중심으로 좌, 우측에 각각 2개씩 直線排列하여 定置網에 入網되는 魚群의 記錄面積을 10분간 평균한 값을 1/5로 축소하여 나타낸 것이다.

Fig. 12의 (a), (b), (c), (d)는 길그물 중심으로 4개의 振動子를 1.5m간격씩 좌, 우측으로 2개씩 배열하여 연속 측정한 魚群의 시간별 변화를 나타낸 것이다.

Fig. 12에서 魚群은 길그물 좌측인 수영강쪽에서 길그물에 아주 가까운 2.5~3.5m의 水層으로도 많이 入網되었고, 좌측 창그물 가까운 2.5~3.5m의 水層으로도 어느 정도 入網되었으며, 길그물 우측에는 전혀 入網되지 않았다.

이와같은 현상은 潮流의 방향이 길그물을 중심으로 좌측에서 우측으로 향하였기 때문으로 생각된다.

Fig. 13은 定置網入口에 4개의 振動子를 길그물을 중심으로 좌, 우측에 각각 2개씩 直線排列하여 定置網에 입망되는 魚群의 記錄面積을 10분간 평균한 값을 1/5로 축소하여 나타낸 것이다.

Fig. 13의 (a), (b)는 길그물을 중심으로 좌측으로, (c), (d)는 우측으로 1.5m간격씩 배열하여 연속 측정한 魚群의 시간별 변화를 나타낸 것이다.

Fig. 13에서 魚群은 길그물 우측인 수영강의 외해쪽에서 길그물에 가까운 2.5~3.5m의 水層으로 입망되었고, 우측 창그물 가까운 3.5~4.5m의 水層으로도 어느 정도 入網되었으며, 길그물 좌측인 수영강쪽에서 길그물과 창그물에 가까운 곳에서는 적은 양이 入網되었다.

이와같은 현상은 潮流의 방향이 길그물 중심으로 우측에서 좌측으로 향하였기 때문으로 생각된다.

2. 平面排列에 의한 標的 및 魚群의 位置測定

1) 標的의 位置測定

平面配列 의한 標的의 位置測定은 능포 축양조에 4개의 振動子를 平面排列하고 標的의 水深은 1m, 1.5m, 2m로 하여 각각 16지점에서 실시하였으며, 실제 위치와 진동자에 의한 위치와의 관계를 나타낸 결과는 Fig. 14와 같다.

標的水深 1m, 1.5m, 2m일때 실제위치와 振動子에 의한 위치와의 위치오차는 각각 5.9~27.1cm,

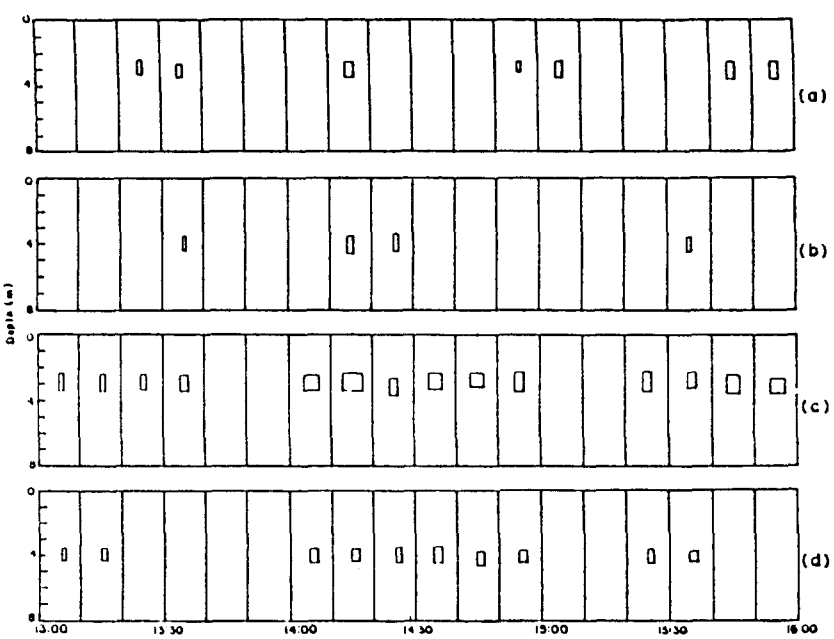


Fig. 13. Vertical distribution of the fish school observed by the multi-beam transducer from 13 : 00 to 16 : 00, in entrance of set net, 16th Oct. 1990.
(a), (b), (c) showed the vertical distribution of fish school which observed by the transducer set up intervals of 1.5m from leader net toward left and right side respectively.
□ : The fish school entered toward left and right from leader net.

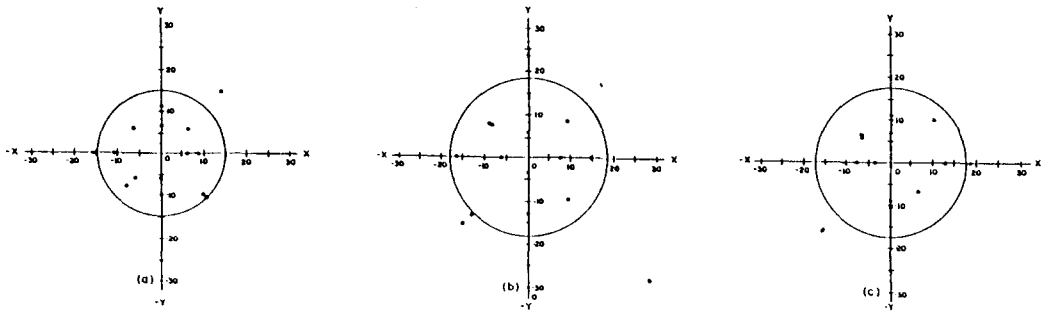


Fig. 14. The deviation error between the actual position and the position by transduer.
(a): depth of $1m$, (b): depth of $1.5m$, (c): depth of $2m$

3.2~28.9cm, 3.5~25.8cm였으며, 이들의 68.3% 확율원의 반경은 각각 14.6cm, 17.7cm, 17cm였다.

이와같은 오차가 생기는 원인은 펄스폭으로 인한 거리분해능 때문으로 생각된다.

2) 魚群의 位置測定

Fig. 15는 定置網 헛통 (LxBxD, 14x11x8m)의 네 모서리에 4개의 振動子를 平面排列하여 魚群의 시간별 위치에 대한 변화를 측정한 결과이다.

Fig. 15에서 漲潮時에는 길그물을 따라 헛통에 入網한 魚群은 헛통에서 潮流의 방향과 정반대 방향으로 거슬러 유영하면서 좌측 자루그물 안으로 入網되었다.

이와같은 현상은 潮流방향이 길그물을 중심으로 좌측에서 우측으로 향하였기 때문으로 생각된다. 그리고 落潮時에는 길그물을 따라 헛통에 入網한 魚群은 헛통에서 潮流의 방향 정반대의 방향으로 거슬러 유영하면서 우측자루그물 안으로 入網되었다.

이와같은 현상은 潮流 방향이 길그물을 중심으로 우측에서 좌측으로 향하였기 때문으로 생각된다.

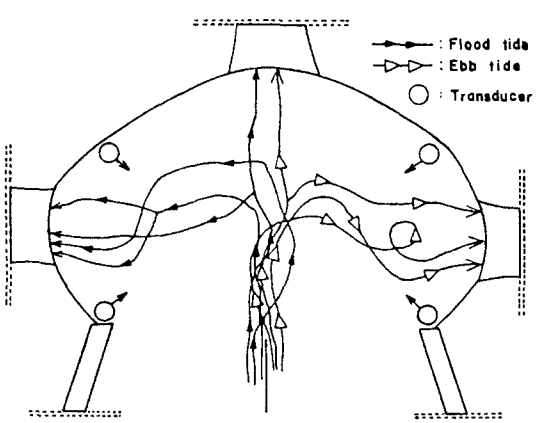


Fig. 15. Movements of fish school in fish caurt of set net, 26th Oct. 1990.

3. 直線 및 平面排列에 의한 水中情報의 遠隔測定

Fig. 16은 부산 수영만 沿岸定置網漁場에 振動子 4개를 直線 및 平面排列하고, 발신기를 外海로 향하게 고정한 후, 受信振動子를 발신기 방향으로 하여 기록지상에 水中情報의 기록이 완전히 없어질 때까지 선박을 이동시키면서 기록지 펜의 전압을 측정하여 기록지의 농도가 黑色일때를 1dB, 白色일때를 −12dB이라 하여, 直線 및 平面排列에 의한 魚群, 水溫, 海底 등의 水中情報의 거리에 대한 감도를 나타낸 것이다.

Fig. 16에서 魚群, 水溫, 海底 등의 水中情報는

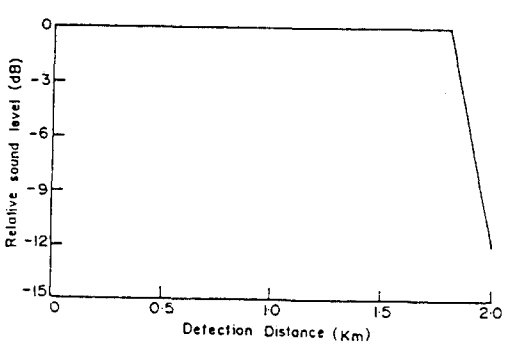


Fig. 16. The relation between detection distance and relative sound level by telemetering.

1,800m까지는 0dB로 정확하게 遠隔測定이 가능하였으며, 1,800m의 지점에서부터 급격히 감소를 보이다가 -12dB인 2,000m 부터는 측정 불가능하였다.

또한, 定置網入口의 수심 3m에서 沿岸쪽으로 향하게 고정하고, 受信振動子를 발신기방향으로 선박에 고정하여 沿岸가까이에서 관측한 魚群, 水溫, 海底 등의 정보는 遠隔測定이 가능하였다.

본 실험의 경우 발신기의 수심 3m이상이면 어느 곳에서라도 遠隔測定이 가능하였다.

要 約

遠隔測定에 의한 魚群의 探知範圍를 넓히기 위하여 기존 net recorder를 4개의 振動子로 사용할 수 있는 멀티비임 시스템으로 바꾸어, 이들을 直線排列과 平面排列하여 魚群探知範圍의 확대폭과 魚群의 位置測定에 대한 遠隔制御 實驗을 행하고 그 유용성을 檢討·分析한 결과는 다음과 같다.

1. 直線排列에 의한 標的의 探知範圍는 水深과 振動子 간격이 증가함에 따라 증가하였으며, 4개의 振動子를 排列하면 4배까지 확대할 수 있었다.

2. 振動子를 直線排列하여 定置網入口에서 魚群을 관측한 결과 길그물에 아주 가까운 2.5~3.5m의 水層으로 많이 入網되었으며, 창그물에 가까운 3.5~4.5m의 水層으로도 어느 정도 入網되었다.

3. 標的의 실제위치와 振動子의 平面排列에 의하여 구한 位置誤差는 標的의 水深이 1m, 1.5m, 2m일 때 각각 5.9~27.1cm, 3.2~28.9cm, 3.5~25.8cm였으며, 68.3% 확률원의 반경은 각각 14.6cm, 17.7cm, 17cm였다.

4. 平面排列에 의하여 헛통에서 魚群의 행동을 관측한 결과 潮流의 방향과 정반대 방향으로 거슬러 유영하면서 자루그물에 入網되는 경향을 나타내었다.

5. 直線 및 平面排列에 의한 魚群, 水溫, 海底 등과 같은 水中情報는 1,800m까지 遠隔測定이 가능하였으며, 본 실험의 경우 발신기의 수심이 3m이상이면 어느 곳에서라도 遠隔測定이 가능하였다.

參考文獻

1) Kato, M. and S. Nonaka(1967): The Relation between the Traces of Fish School recorded by the Net Recorder and the Catch of Trawl Fishing in the Northern Pacific Ocean. Bull. Jap. Sci. Fish. 34(1), 49-58.

2) Suzuki(1971): A Fundamental Study on Fish Movement to Set Net and the Function of the Fishing Gear. J. Tokyo Univ. Fish. 57(2), 95-171.

3) 加藤增夫(1975): 水中遠隔魚群探知機による trawl網口觀測. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 41(5), 515-528.

4) Urick R.J. (1975): Principles of Underwater Sound. Mc Graw-Hill Book Company, 66-79.

5) 川村雅恭(1977): 電氣音響工學概論, 昭晃堂, 47-50.

6) Konagaya, T. (1980): A Trial Method to Telemery of the Set Net Fishing Ground. Bull. Jap. Soc, Fish. 46(8), 919-923.

7) 嶺岸幸彦, 魯再東(1981): 最新魚探技術과 應用, 水產經濟社, 57-71.

8) Milne, P.H.(1983): Underwater Acoustic Positioning Systems. Gulf. Publishing Company, 71-72

9) 漁船協會(1983): 航海漁撈計器講座. 奧村社, 46-49.

10) 海洋音響研究會(1984): 海洋音響. ラボ企劃, 198-205.

11) 小倉通男(1984): 水產と情報. 成山堂書店, 200-219.

12) Shin, H.I. (1986): Schooling Behavier and Estimation of Volume of the Fish School in Set Net by Fish Finder. Bull. Korean. Fish. Tech. Soc. 22(1), 11-18.

13) Shin, H.O. and H.I. Shin(1987): Telemetering of the Underwater Noise. Bull. Korean. Fish. Tech. Soc. 23(1), 11-17.

14) Shin, H.I. (1988): A Study on the Telemetric Measuring System of the Underwater Information. Bull. Korean. Fish. Tech. Soc. 24(1), 7-11.

15) 小池篤(1989): 漁具に對る漁業行動の研究方法. 恒星社厚生閣, 26-40.