어군 행동 원격감시 시스템의 개발에 관한 연구(I)*

-하드웨어 및 소프트 웨어-

신형일 · 이대재 · 신현옥 · 이원우* · 안장영**

부산수산대학교 · 군산대학교* · 제주대학교**

(1994년 7월 9일 접수)

Development of the Underwater Telemetry System to Monitor the behavior of fish(I)

-Hardware and Software-

Hyeong-Il SHIN, Dae-Jae LEE, Hyeon-Ok SHIN, Won-Woo LEE* and Jang-Young AHN**

National Fisheries University of Pusan,

Kunsan University*, Cheju University**

(Received July 9, 1994)

The hardware and the software of the prototype telemtry system to monitor the behavior of the fish are designed. This system consistes of five parts i. e. three omni-directional hydrophones, three ultrasonic receivers, a single board computer for the signal processing, two RF transceivers for the data communication, and a personnel computer.

The sensitivty of the hydrophones is $-170dB$(re $1V/\mu Pa$), the gain and the $3dB$ receiving bandwidth of the ultrasonic receivers are $115dB$ and $1500Hz$ respectively, and the sampling period is 33.3μsec in the signal processing part. The positioning error of the system using hyperbolic method is estimated to be less than $0.2m$ in case that the pinger locates inside of the baselines. The perfomance of the system considering a practical use was examined by numerical simulation and a water tank test of a pinger tracking experiment. In results, the system developed in prototype was confirmed that it could be useful for monitoring the behavior of fish in the limited water area.

서 론

어류의 생태 등을 조사함에 있어 해면 위에서의 관찰은 곤란한 경우가 많다. 그 때문에 다이버가 잠수하여 관찰하거나 수중 TV카메라를 장착한 ROV(remotely operated vehicle)를 이용한

* 본 연구는 1993년도 교육부 학술연구조성비(해양 · 수산과학분야)의 지원에 의한 것임.

관찰, 어군탐지기의 영상기록 해석, 표지방류어의 채포상황에 의거하여 생태조사를 하는 경우가 대부분이다. 잠수나 수중 TV의 경우는 광선을 이용하므로 수중 시계의 제한이 크다. 어군탐지기는 어군의 분포상황을 파악하는데는 도움이 되지만 특정 어종을 대상으로 하기에는 어려운 점이 많다. 표지방류의 경우 비교적 저렴한 비용으로 어류의 분포상황을 조사할 수 있어 널리 쓰이는 방법이나 방류어의 채포가 전제되어야 하고, 이동중의 어류의 생태 파악에는 역부족이다. 이에 비해 어떤 신호를 능동적으로 송신하는 표지(능동형 표지)의 경우는 그 신호원을 추적할 수 있어 어류의 생태 조사에 점차 많이 이용되고 있다.

능동형 표지에는 전파 표지, 초음파 표지, 전파 및 초음파 조합 표지 등이 있다. 일반적으로 전파 표지는 에너지 전달손실이 작은 공중에서 주로 사용되고, 초음파 표지는 수중에서 사용된다. 초음파 및 전파 조합 표지는 초음파와 전파의 강점을 이용한 것으로 극히 수심이 얕고 유체의 흐름으로 인하여 기포가 많은 곳에서 편리하게 사용할 수 있다(Armstrong., 1988).

초음파 표지중 핑거의 추적은 일반적으로 1개의 수파기를 이용하거나 복수개의 수파기를 이용하는 것 두가지 방법이 있다. 핑거를 붙인 어체로부터의 신호를 지향성 수파기를 이용하여 수신하면 어체의 유영방향을 알 수 있고, 그 방향으로 따라가면 어체의 회유 경로를 알 수 있다. 어체의 위치는 배의 위치로 대신하거나 혹은 추적하는 배가 어체의 바로 위를 통과하였을 때의 배의 위치를 구하여 어체의 위치로 한다(Ichihara., 1972, Stasko and Pincock, 1973).이 방법은 관측선을 이용하여 직접 추적하는 것이므로 비용이 꽤 소요되지만 수신점의 이동이 자유로우므로 측정범위의 제한이 거의 없다는 장점이 있다.

다른 한 방법은 3개 이상의 수파기를 이용하는 것이다. 이것은 일정한 범위내에서 움직이는 어체의 유영행동을 관찰하는데 편리하여(Konagaya, 1982, Shin., 1990), 수파기 간의 거리를 적절하게 선택하면 상당히 높은 정확도로서 어체의 위치를 구할 수 있다. 또한, 이것은 수신신호를 무선으로 육상기지에 전송하기에도 용이한 편이다. 수신장치는 앞서 언급한 선박을 이용한 추적장치보다 복잡하지만 장기간 및 연속적인 관측에 알맞다.

본 연구에서는 고정점에서 수신하는 후자의 방법을 사용하여 어체의 유영행동을 무선으로 관측할 수 있는 시스템을 개발하였으며, 이 시스템의 구성과 성능 시험 결과에 관하여 기술하고자 한다.

장치 및 방법

1. 실험장치

1) 원격 감시 시스템의 구성

시험 제작한 어군행동 원격 감시 시스템은 수중에서의 정보는 초음파를 이용하여 전송하고, 이 수중정보를 육상이나 해상의 기지로 전송할 때에는 전파를 이용한다. 이 시스템은 Fig. 1과 같이 신호원으로 쓰이는 초음파 핑거, 초음파 수파기 및 수신기, 싱글보드 컴퓨터, 전파송신기 및 전파 수신기, 퍼스널 컴퓨터로 구성하였다.

Fig. 1에서 초음파 수신기로 부터의 출력신호는 인터페이스를 거쳐 8비트의 싱글보드 컴퓨터에 입력되어 수신시간차가 측정되고, 그 결과는 수신채널 번호와 함께 ASCII 코드로 출력되어 LAN용 전파 송신기를 거쳐 송신된다.

육상이나 해상에 설치된 기지에서는 LAN용 전

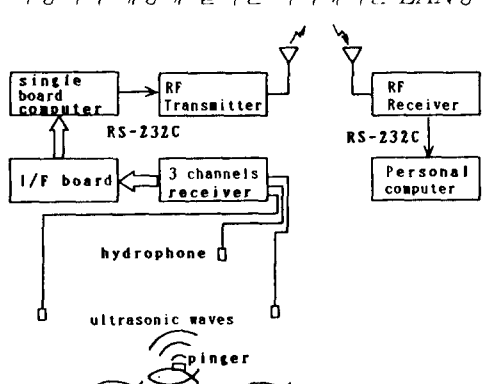

Fig. 1. Blockdiagram of the prototype telemetry system constructed.

파 수신기로 수신한 신호를 RS-232C 케이블을 통하여 퍼스널 컴퓨터에 입력시켜 핑거의 위치를 계산하고, 핑거의 좌표, 이동속도 등의 정보를 표시함과 동시에 핑거의 위치를 나타내도록 하였으며, 데이터는 자동으로 1.2*MB* 단위로 하드 디스크에 보존되도록 하였다.

(1) 초음파 핑거

이 실험에 사용한 심도형 핑거는 압력센서를 내장한 것으로 주파수 52.5*kHz*, 펄스폭 20*msec*, 음향출력레벨 160*dB*(re 1μ*Pa* at 1*m*)로서 유효거리는 1,000*m*정도이고, 펄스 주기는 심도에 따라 다르며 0*m*에서 0.95sec, 200*m*에서 약 3sec로 된다. 이 핑거는 전지 교환형으로 6*V*의 산화은 전지 1개를 사용한다. 사용한 전지는 용량이 160*mAh*이고, 펄스 신호 송신시 60*mA*의 전류가 흐르는 부하에도 정격전압을 유지할 수 있는 것이다. 전지의 사용가능 시간은 1sec마다 펄스를 송신할 경우 약 7일이다.

(2) 수파기

핑거로 부터의 신호를 수신하기 위한 무지향성 수파기는 Fig. 2와 같은 방법으로 자체 제작하였다.

Fig. 2에서 제작에 사용한 수파기의 진동자는 공진주파수가 50*kHz*인 PZT계 세라믹 링형 진동자로 수파기의 안쪽에는 내부에서의 수파를 억제하기 위하여 발포 우레탄 수지를 주입하고, 그 바깥쪽에는 수지 표면에서의 음파에너지의 반사를 최대한 줄이기 위하여 해수의 비중에 근사시킨 폴리 우레탄 수지로 몰딩하였다. 주로 횡진동을 이용하고자 하는 경우에는 진동자 외부를 둘러싸는 수지의 두께를 가능한 한 얇게하는 것이 바람직하나 모울딩 공정상 약 2*mm* 정도로 하였다. 수파기의 케이블로는 외경 5*mm*의 동축 케이블 10*m*를 사용하였다.

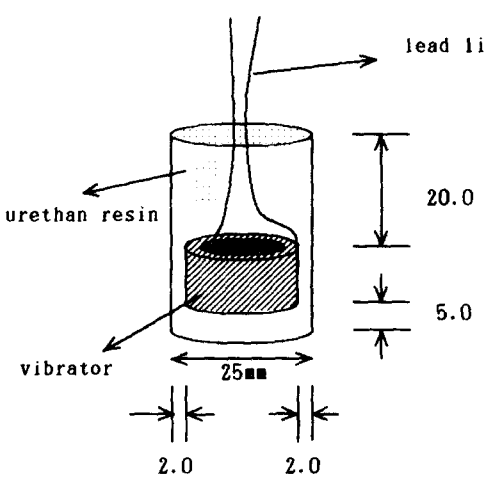

Fig. 2. Moulding method of the omni-directional hydrophone.

(3) 수신부

수신부는 Fig. 3과 같이 각 채널로 부터의 음향신호를 전기신호로 변환시키는 수파기, 미약한 고주파 전기신호를 증폭하는 증폭기, 필요한 주파수 대역만을 통과시키는 대역필터, 고주파 신호에서 저주파 신호를 검출하는 검파기, 아날로그 신호를 타이밍 신호 즉 즉 ON/OFF 신호로 변환시키는 파형정형기, 싱글보드 컴퓨터로 부터의 잡음 유입을 차단하는 포토 커플러로 구성하였다.

본 원격 감시 시스템에서는 수신부는 3개의 수파기와 3채널 수신기로 구성 되어 있으나, 8채널까지 확장할 수 있도록 주변 회로를 갖추고 있다. 핑거의 위치는 3채널로도 계산은 가능하나, 수신채널을 4개로 하는 경우, 위치의 정확도를 향상시킬 수 있고, 기준선 연장선상에서의 위치 해가 구해지지 않는 문제를 해결할 수 있으며, 1개의 채널에서 수신되지 않는 경우에도 나머지 3개의 채널로 위치측정이 가능하다는 잇점이 있다.

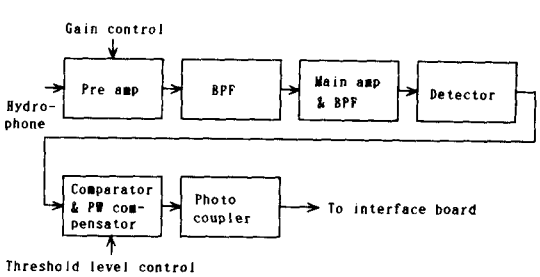

Fig. 3. Blockdiagram of one channel receiver construction. BPF is band pass filter, PW, pulse width.

다채널 수신기에서는 각 채널의 증폭도, 문턱치(threshold level)등을 같게 할 필요가 있고, 또한 한 점에서 조정할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 본 연구에서는 OP 앰프를 사용하여 전류를 조정하므로서 각 채널의 증폭도, 문턱치 등을 각각 한 점에서 조정할 수 있도록 하였다.

(4) 신호처리부

신호처리부는 Fig. 4와 같이 싱글보드 컴퓨터(블럭도의 점선 내부)와 인터페이스로 구성하였다.

Fig. 4에서 각 수신 채널로 부터의 신호는 C MOS 인버터(74HCO4)를 경유하여 싱글보드 컴퓨터(Z80 CPU, 6.144*MHz*)의 병렬 입출력 A 포트인 PA0~PA7에 입력되며, 사용하지 않는 채널은 항상 LOW 레벨로 한다. 병렬 입출력 B 포트인 PB0~PB7에는 LED 유니트를 연결하여 각 채널의 수신상태를 감시할 수 있도록 하였다. RS-232C 드라이버(MAX232)는 무선으로 데이터 전송할 경우를 고려한 것이며, 통신속도는 4800*bps*로 하였다. 싱글보드 컴퓨터에서는 EPROM에 써넣은 프로그램에 따라 표시부(노트북형 퍼스널 컴퓨터)에서 필요로 하는 신호 즉 수신 채널번호, 수신시간차, 수신시간, 핑(ping)수 등을 계산하여 출력하고, 출력된 신호는 RS-232C드라이버를 경유하여 데이터 통신용 트랜시버(219*MHz*, 10*mW*)에 입력된다.

핑거로 부터의 신호를 입력처리하여 핑거의 위치를 나타내는 프로그램의 흐름도를 나타내면 Fig. 5와 같다.

Fig. 5에서 프로그램을 작동시키면 초기값이 설정되고, 핑거로 부터의 신호가 수신될 때까지 대기한다. 신호가 수신되면 인터럽트 처리 서브루틴으로 점프하여 수신부의 출력신호로부터 펄스성 잡음을 제거하고 위치계산에 필요한 수신시간차를 계산하여 수신 채널번호와 수신시간차를 ASCII 코드로 출력한다. 핑거로 부터의 신호가 각 수파기에 도달하기까지의 수신시간차는 시스템 클럭 6.144*MHz*를 이용하여 측정한다. 신호의 입력처리에 요하는 시간(샘플링 시간)은 33.3μsec로 하였으며, 거리차의 측정 분해능은 수중 음속을 1500*m*/sec로 하였을 때 5*cm*(기준선상에서의 거리차의 분해능은 2.5*cm*)이다. 펄스주기의 검출에 사용하는 수신시간은 시스템 클럭

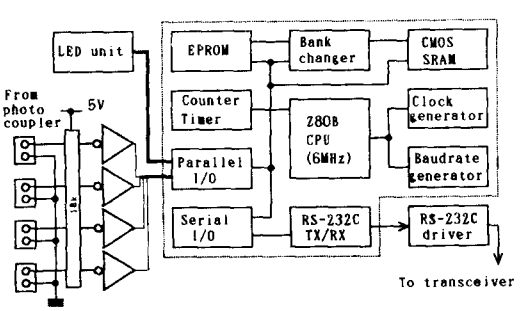

Fig. 4. Blockdiagram of the single board computer construction(closed by the dotted line), and the interface parts.

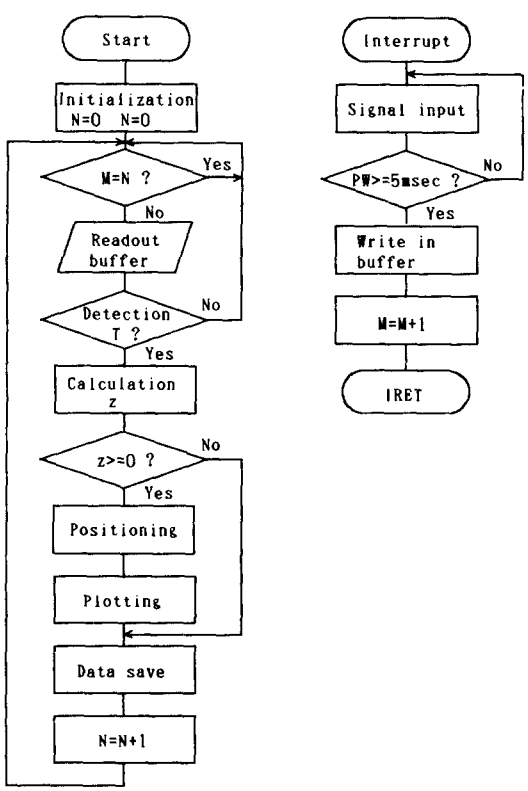

Fig. 5. Flow chart of the main program and the interruption processing one.

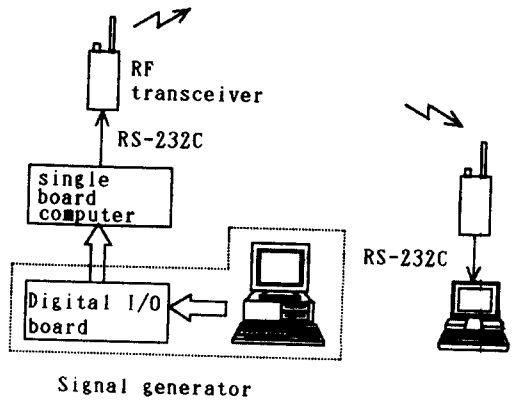

Fig. 6. Schematic diagram for a test of signal tracking. Left side is a transmitting station of the timing signals. Right side is a receiving station.

을 이용하여 1*msec* 간격으로 측정하였고, 최초의 정상적인 신호가 수신되었다고 판단될 때 메모리에 기록되도록 하였다.

또한, 메인 프로그램에서는 펄스 주기를 검출하여 핑거의 심도 z를 계산하고, 쌍곡선 위치 결정법으로 핑거의 3차원 위치를 계산하여 컴퓨터 화면에 표시하고 자료를 저장하도록 하였다.

2) 시뮬레이션 실험장치

본 연구에서 개발한 어군행동 원격 감시 시스템의 성능을 시험하기 위한 시뮬레이션 실험 장치는 Fig. 6과 같이 싱글보드 컴퓨터와 신호발생기로서 구성하였다.

2. 위치계산 알고리즘

시험 제작한 어군행동 원격 감시 시스템에서의 이동표적(pinger)의 위치는 기지의 두 점을 초점으로 하는 거리차의 쌍곡선위치결정법에 따라 다음과 같이 위치계산 알고리즘을 정립하여 구하였다.

심도가 일정한 기지의 수파기 H_0, H_1, H_2의 좌표를 각각 (x_0, y_0), (x_1, y_1), (x_2, y_2)라 할 때, H_0수파기를 주국이라 하고, 종국인 H_1, H_2 수파기와의 수신거리차를 각각 D_1, D_2, 핑거 P의 좌표를 (x, y), 핑거의 심도를 z라 하면, 미지수는 핑거의 좌표 x, y 및 핑거와 각수파기간의 거리이다. 핑거로 부터 각 수파기간의 거리 ρ_i는

$$\rho_i = \sqrt{(x-x_i)^2+(y-y_i)^2+(z-z_i)^2} \quad (i=0, 1, 2) \tag{1}$$

이다. 여기서 x_i, y_i, z_i는 수파기의 공간좌표이며, 식의 수는 3개인데 비하여 미지수는 x, y, ρ_i의 5개이므로 해를 구할 수 없다. 그래서 x, y에 알고 있는 값 즉 초기치를 주면 초기치에 따른 ρ_i를 계산할 수 있다. 초기위치를 주었을 때의 계산치의 거리차를 f_i라 두면

$$f_i = \rho_i - \rho_0 \qquad (i=1, 2) \tag{2}$$

이고, f_i를 x와 y에 대하여 각각 편미분하면

$$\frac{\partial f_i}{\partial x} = \frac{(x-x_i)}{\rho_i} + \frac{(x-x_i)}{\rho_0} \qquad (i=1, 2) \tag{3}$$

$$\frac{\partial f_i}{\partial y} = \frac{(y-y_i)}{\rho_i} + \frac{(y-y_i)}{\rho_0} \qquad (i=1, 2) \tag{4}$$

로 된다. 핑거의 실제위치와 초기위치 사이의 변위 Δx, Δy는

$$\begin{pmatrix}\Delta x \\ \Delta y\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\partial f_1/\partial x & \partial f_1/\partial y \\ \partial f_2/\partial x & \partial f_2/\partial y\end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix}D_1 - f_1 \\ D_2 - f_2\end{pmatrix} \tag{5}$$

로 부터 구할 수 있으므로, 구하려는 핑거의 위치 x, y는

$$\left.\begin{aligned} x &= x + \Delta x \\ y &= y + \Delta y \end{aligned}\right\} \tag{6}$$

이다. 즉 실제의 핑거위치는 초기치로 준 x, y의 값에 각각의 변위 Δx, Δy를 더한 값으로 표현된다. 이와같은 방법으로 구한 핑거의 좌표가 실제의 핑거의 좌표와 거의 일치하기 위해서는 변위 Δx, Δy의 값이 미소하여야 한다. 따라서 Δx, Δy의 값이 미소하면 이 때의 x, y를 실제 핑거의 좌표로 간주하고, 다음에 위치계산 서브 루틴을 호출하였을 때 이 값이 자동적으로 초기치가 되도

록 한다. 기준선상의 위치계산 정확도가 2.5cm이므로, Δx, Δy의 값이 미소한지를 판단하는 값은 1cm로 하였다. 만일 Δx나 Δy의 값이 미소 판정 기준치 보다 크면 x, y를 다시 초기치로 하여 식(1)~식(6)을 이용하여 Δx의 제곱 값 및 Δy의 제곱 값이 미소할때까지 반복 계산한다. 통상 반복 계산 회수는 4회 이내이다. 반복 계산을 7회까지 하여도 미소 판정 기준치를 만족시킬 수 없으면 초기위치를 0,0 즉 수파기 배열상의 평면 중심을 초기치로 주고 위치계산 루프를 벗어나도록 위치계산 알고리즘을 정립하였다.

결과 및 고찰

1. 원격 감시 시스템 각 부의 기능과 특성

1) 심도형 핑거의 심도와 펄스 주기

압력센서를 내장한 심도형 핑거의 3차원 위치계산에 사용하는 심도와 펄스 주기의 관계는 미리 구할 필요가 있다. 실험에 사용한 핑거의 경우, 심도를 0에서 200m까지 50m 간격으로 변화시킬 때, 펄스 주기는 각각 950$msec$, 1,150$msec$, 1,990$msec$, 3,190$msec$로 최소자승법에 의해 구한 심도 z와 펄스 주기 T 사이에는 다음과 관계가 있었다.

$$z = a_0 + a_1 T + a_2 T^2 + a_3 T^3 + a_4 T^4 \qquad (7)$$

단, a_0=-6.046882E+02, a_1=1.116411E+00, a_2=-6.675300E-04, a_3=1.906780E-07, a_4=-2.079662E-11이다.

2) 수파기의 임피이던스 특성

수중 초음파 정보를 수신하기 위하여 제작한 50kHz PZT계 세라믹 링형 수파기의 임피이던스 특성은 Fig. 7과 같다. Fig. 7에서 임피이던스는 최소치가 48.2kHz에서 502.5Ω이고, 최대치는 52.2kHz에서 1,626.0Ω이었다. 수파감도는 -170dB(re 1$V/\mu Pa$)로 원격 감시 시스템용 수중 초음파 정보 수파기로 적합함을 알 수 있다.

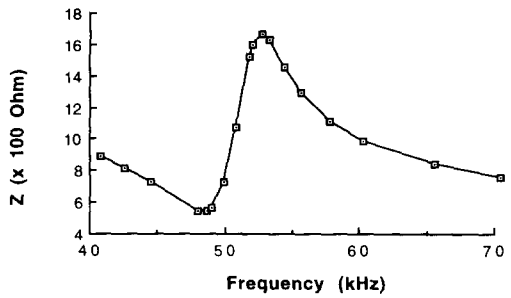

Fig. 7. Measured impeadance curve of the hydrophone.

3) 수신기의 특성

Fig. 1의 1 채널 수신기의 수신 대역폭을 측정한 결과는 Fig. 8과 같다. 수신 대역폭은 1500Hz (-3dB)로 이 시스템을 작동하는 증폭기의 이득 특성을 향상시키는 데 적합한 것으로 나타났다.

수신기의 이득을 측정하기 위하여 함수 발생기로 부터 52.5kHz의 연속 정현파 1V를 전압감쇠기로 충분히 미약하게 하여 수신기의 입력단에 공급하고, 수신기의 AF 출력단에 나타나는 검파 신호전압이 1V일 때의 전압감쇠량을 측정한 결과는 Fig. 9와 같다. 이 때의 최대 이득은 115dB이고, 이득 조정 범위는 40dB이며, 수신기의 내부잡음은 평균 25mV이었다.

파형정형기에는 아날로그 신호를 타이밍 신호로 바꿀 때 사용하는 전압비교기(comparator)에 히스테리시스를 발생 시키는 회로를 부가하였다. 히스테리시스를 발생시키는 이유를 개념적으로 나타내면 Fig. 10과 같다.

Fig. 10에서 (a)는 히스테리시스 OFF의 경우

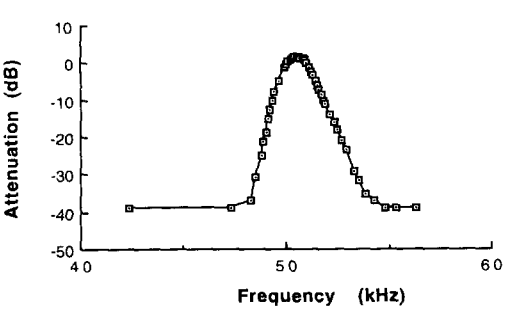

Fig. 8. Measured band width of the receiver.

이고, (b)는 히스테리시스 ON의 경우를 나타내고 있다. 핑거와 수신점에서 어느 정도 멀어지면 수신전압이 떨어져 아날로그 신호의 포락선이 불안정하여진다. 신호의 포락선이 불안정 하더라도 히스테리시스 특성을 사용하면 타이밍 펄스의 갈라짐을 어느 정도 방지할 수 있음을 알 수 있다.

4) 위치 계산 알고리즘에 의한 측정 핑거 위치의 오차계

원격 감시 시스템의 핑거의 위치 계산을 위하여 정립한 위치 계산 알고리즘에 있어서 거리차의 위치선은 쌍곡선이므로 같은 이용 범위 내에서 수파기와 핑거의 상대적 위치에 따라 단위 거리차 사이의 위치선간의 간격이 서로 다르다. 두 위치선의 교점에 의한 핑거의 위치는 위치선의 교각에 따라 다르며, 그로 인한 측정 핑거 위치의 편위량은 Fig. 11과 같다.

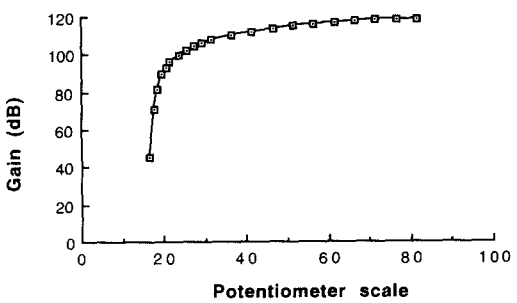

Fig. 9. Measured gain curve of the receiver.

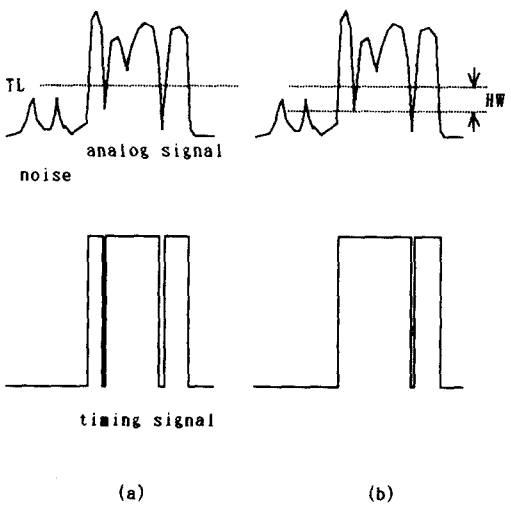

Fig. 10. Compared hysteresis function OFF (a) to ON (b). TL is threshold level, HW, width of hysteresis.

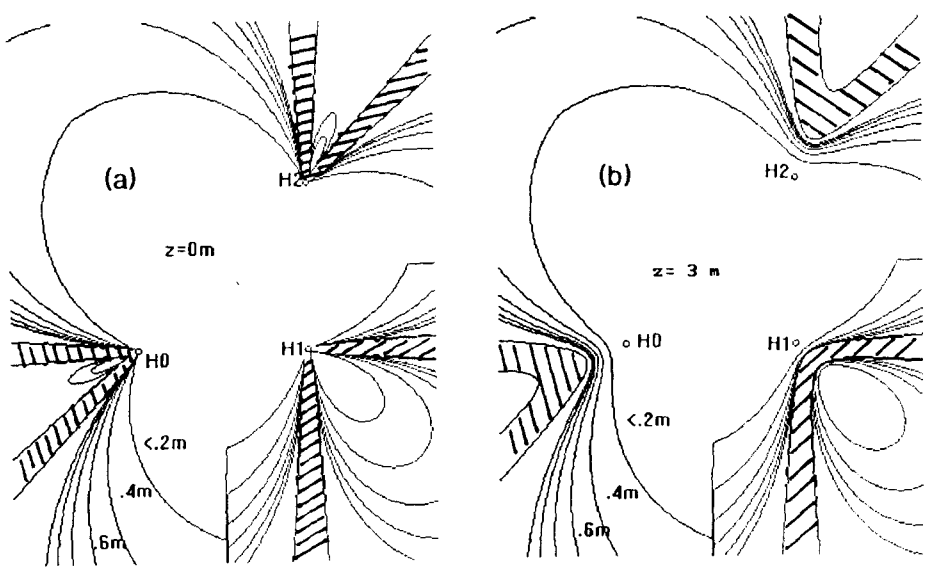

Fig. 11. Distribution of the positioning error by hyperbolic method. Master is the first hydrophone of receving order. Dashed area represents the no so solution area.

Fig. 11에서, (a)는 심도 0m로서 핑거가 수면에 있을 경우이고, (b)는 심도 3m인 경우의 편위량이다. 기준선 연장선상의 사선은 위치계산 불능 지역을 나타낸다. Fig. 11의 (a), (b)에서 두 수파기를 잇는 기준선상의 안쪽에서는 편위량이 0.2m이하이고, 기준선에서 멀어질수록 또 기준선 연장선에 가까와질수록 편위량이 증가함을 알 수 있었다. 본 실험에서는 수파기 기준선 내부에서 핑거를 부착한 시험어를 추적하였으므로 위치의 정확도는 0.2m이하이다.

2. 원격감시 시스템의 성능 테스트 시뮬레이션 결과

시험 제작한 어군행동 원격 감시 시스템의 성능을 테스트 하기 위하여 Fig. 6에서와 같이 원격 송신장치와 원격 수신 장치를 구성하였다.

원격 송신 장치에서는 퍼스널 컴퓨터를 이용하여 핑거로 부터 각 수파기 까지의 거리차를 계산하고, 이 거리차에 해당하는 타이밍 신호를 현장에서 핑거의 신호를 수신할 때 수신기의 파형 정형 회로에서 출력되는 신호와 같은 종류의 신호로 만들어 싱글 보드 컴퓨터에 입력하였다. 여기에 입력되는 신호는 핑거가 고정되어 있을 경우와 이동될 경우로 나누어 입력하였으며, 핑거의 이동 방향은 정현함수 및 여현함수를 조합하여 변화시켰고, 이동 속도는 난수를 발생시켜 변화시켰다. 원격 송신 장치로 부터 20m 떨어진 원격 수신 장치에서는 송신된 핑거의 위치 정보 신호를 무선 수신기로 받아 퍼스널 컴퓨터로 분석하였다.

이들 원격 송신, 수신 장치를 이용한 시뮬레이션 실험 결과, 핑거의 위치가 고정되었을 때 즉 수신 시간차가 없는 신호(펄스 폭 10$msec$, 펄스 주기 1sec)를 입력시켰을 때에는 24시간 경과하여도 거의 동일한 지점에 기점되었다.

핑거의 위치가 변하는 경우의 시뮬레이션 결과를 나타내면 Fig. 12와 같다.

Fig. 12에서, (a)는 원격 송신 장치에서의 핑거의 위치 궤적을 나타낸 것이고, (b)는 원격 수신 장치에서 수신 처리한 핑거의 위치 궤적을 나타낸 것이다. 두 궤적이 서로 잘 일치함을 나타내고 있으므로, 본 연구에서 개발한 시스템은 정상적으로 그 기능을 발휘하고 있음을 확인할 수 있었다.

3. 실험실 수조 내에서의 핑거의 실제 위치와 계산 위치와의 비교

1993년 8월 콘크리이트 수조(5m×5m×5m)의 네모서리에 수파기를 수면에 설치하고, 실에 매단 핑거를 수조 바닥에서 대각선 방향으로 인위적으로 움직였을 때 수조 내에서의 핑거의 궤적과 컴퓨터 상에서의 위치 궤적의 일치여부를 확인하

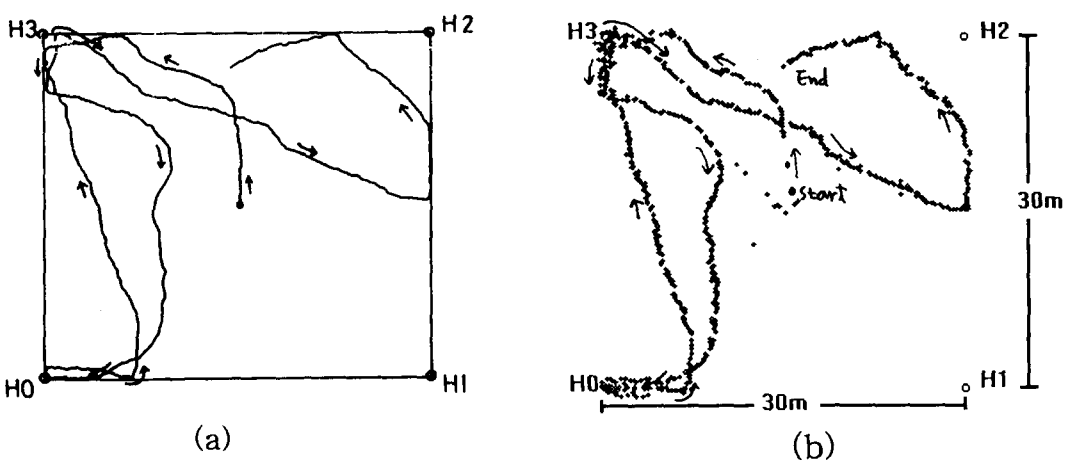

Fig. 12. Tracking test of the pinger signal generated by a simulator. Trace of (a) is tracked on the signal genarator. Trace of (b) is tracked by the receiving station showed on the figure 6.

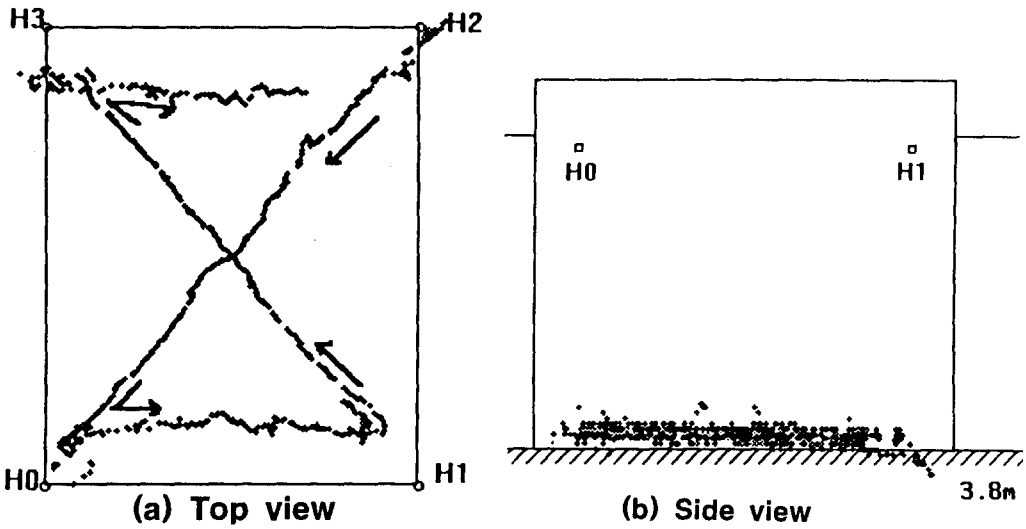

Fig. 13. Trace of pinger moved in a water tank using the prototype telemetry system.

는 실험을 행하였으며, 이 때 무선 송신기와 무선 수신기간의 거리는 10m이다. 그 실험 결과를 Fig. 13에 나타낸다.

Fig. 13에서, (a)는 평면도이고, (b)는 측면도를 나타낸 것이다. 이 실험을 통하여 컴퓨터 상에서 계산한 핑거의 이동 궤적은 실제로 움직인 핑거의 이동궤적과 거의 일치함을 알 수 있고, 앞서 언급한 시뮬레이션의 결과를 실험으로 입증하였다.

결 론

본 논문은 초음파 핑거를 이용하여 어류의 행동을 감시할 수 있는 시스템을 3개의 무지향성 수파기 및 초음파 수신부, 싱글보드 컴퓨터, 2대의 VHF 무선 송수신기, 퍼스널 컴퓨터로 구성하여 그 하드웨어 및 소프트웨어의 구성과 성능시험 결과에 대해 기술한 것이다. PZT계의 세라믹 링형 진동자를 이용하여 제작한 수파기의 수파 감도는 -170dB(re 1$V/\mu Pa$)이고, 초음파 수신기의 최대 이득은 115dB, 수신대역폭은 1500Hz(-3dB)이었으며, 신호처리부의 샘플링 간격은 33.3μsec였다. 핑거의 위치는 쌍곡선위치결정법으로 계산하였으며, 이 시스템의 핑거의 위치 계산 오차는 기준선 내부에서 0.2m이하를 나타내었다.

신호 추적 시뮬레이션에서는 원격 송신 장치에서의 핑거의 신호 궤적과 원격으로 수신 처리한 핑거의 신호 궤적이 거의 일치하였고, 수조 실험에서는 핑거의 실제 위치와 계산 위치가 측정 오차 범위 내에서 잘 일치함을 확인할 수 있었다. 본 연구 결과, 이 시스템은 충분히 현장에 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구의 일부는 부산수산대학교 해양산업개발연구소(소장 조규대)의 연구비 지원으로 이루어졌다. 수파기의 제작에 적극 협력하여 주신 (주) 東西우레탄 박대규 사장님 이하 관계자 여러분께 깊은 감사를 표한다.

참고문헌

1) Armstrong, J.D., M. Lucas, J. French, L. Vera and I.G. Pride(1988) : A combined radio and acoustic transmitter for fixing direction and range of freshwater fish (RAFIX). J. Fish Biol., 33, 879-884.

2) Ichihara, T., T. Soma, k. Yoshida and k. suzuki(1972) : An ultrasonic device in biotelemetry and its application to tracking a yellow tail. Far Seas Fish. Res. Lab. Bull., 7, 27 - 38.

3) Stasko, A.B. and D.G. Pincock(1977) : Review of underwater biotelemetry, with emphasis on ultrasonic techniques. J. Fish Res. Board Can., 34, 1261 - 1285.

4) Konagaya, T.(1982) : New telemtric method of determining the positions of the swimming fish. Nippon Suisan Gakkaishi, 48, 1545 - 1550.

5) Shin, H.O., e. Hamada, H. Suzuki and Y. Koike(1990) : Guidance of the ROV using multiple pingers of a single frequency. J. Japan Inst. Nav., 83, 7 - 11.(in Japanes).