심해저용 원격 착탈 제어 시스템의 개발

A Development of Acoustic Release System in the Seafloor

정 한 철*, 김 영 진, 허 경 무
(Han Cheol Jeong, Young Jin Kim, and Kyung Moo Huh)

Abstract : For the accurate inspection of the resources and space in the ocean, the method of locating the measurement equipments in the seafloor and retrieving these equipments later after a certain period of time. is generally used. In this method, the reliability of retrieving measurement equipments is very important. In our proposed remotely-controlled acoustic release system, an underwater ultrasonic wave recognition algorithm by which we can recognize the sound signal without the influence of disturbances due to underwater environment changes is developed, and a battery is used for the reduction of electric power consumption. we show the effectiveness of our proposed system through experimental results.

Keywords : acoustic release, ultrasonic-wave, underwater, remote control system

I. 서론

해양의 자원과 공간을 이용하는 첫 번째 단계는 탐사를 통한 분석이며 정밀한 탐사를 위해서 유무인 잠수정을 투입하는 경우가 많다. 해양을 정밀하게 탐사하기 위해서는 계측 장비를 해저에 장시간 위치시키고 일정기간이 지난 후 이를 회수하는 방법이 사용되는데 이를 위하여 수중 초음파를 이용한 심해저용 원격 착탈 제어장치가 사용된다. 이러한 방법에 있어서 중요한 것은 계측장비의 회수를 위한 신뢰성이며 해저 환경변화 등 외란 요소에 의한 영향을 받지 않고 수중 초음파 신호를 안정적으로 인식할 수 있으며 오동작에 대한 안정성이 확보되어야 한다[1,2]. 특히 송신 정보를 생성하고 전송한 후 필요 주파수 성분만을 추출하여 제어 정보로 활용하기 위해서는 매질과 해양 환경 변화 및 반사파에 의한 영향 등을 고려하여 음파 신호를 해석하고 판별하는 과정이 중요하다. 그래서 수중 초음파 통신을 이용한 기존의 제어 방법[3,4]은 초음파 신호와 기준 정보 신호를 하드웨어적인 방법으로 비교하며 이 과정을 수차례 반복하여 획득한 초음파 신호를 제어 정보로 활용하고 있다. 이는 탐사 및 관측장비 회수를 위한 제어장치와 같은 신뢰성이 중요시되는 시스템에서는 제어안정성 및 효율성이 떨어지고 있다. 따라서 본 논문에서는 해양환경 변화에 의한 영향 및 전파지연요소에 의한 노이즈 성분을 제거하여 필요 주파수 성분을 추출하고 이를 제어정보로 활용하며, 응답에러제어를 통하여 제어 신뢰성을 향상시킨 심해저용 원격 착탈 제어 시스템을 제안하고자 한다. 그리고 수중 초음파 통신을 이용하여 외란요소에 영향을 받지 않고 안정적으로 음파 신호를 인식할 수 있는 수중초음파 신호인식 알고리즘을 접목하였다[5]. 제어 알고리즘 및 원격제어 시스템의 효율성을 실험을 통하여 확인하였다.

* 책임저자(Corresponding Author)
논문접수 : 2005. 3. 1., 채택확정 : 2005. 5. 26.
정한철, 김영진, 허경무 : 단국대학교 전자컴퓨터학부
(incu76@empal.com/yjk574@empal.com/huhkm@dankook.ac.kr)
※ 이 연구는 2004학년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음.

II. 초음파 원격착탈 제어시스템

1. 원격착탈 제어장치의 전체 구성

초음파 원격착탈 제어장치는 그림 1과 같이 구성되어 있다. 먼저 해상에서 탐사 장비 및 관측 장비 회수를 위하여 수중초음파 신호를 발생시켜 해저로 송신하는 송신부와, 데이터 수집을 위한 탐사 및 계측장비 등과 함께 해저면에 고정시키는 수신부로 구성되어 있다. 송신기에서는 해저에 있는 수신기로 송신하는데 필요한 정보를 생성하고, 파워트랜지스터와 트로이달 코일을 이용하여 증폭한 다음 전기적인 신호를 음파 신호로 변환하는 트랜스듀서를 통하여 수중 초음파 신호를 생성한다. 수신기에서는 송신기의 트랜스듀서와 음파를 주고받을 수 있는 동일한 장치인 트랜스듀서를 통하여 초음파 신호를 수신한다. 수신된 신호는 트랜지스터와 op-amp를 통하여 증폭되고 LC 공진회로를 콘덴서 결합 방식으로 구성한 대역통과 회로에 의하여 필터링된후 검파회로를 통하여 주파수 별로 구분되어지고 비교기를 이용하여 디지털 신호로 변환되어 음파 신호 해석 알고리즘이 구현되어 있는 마이컴의 제어신호로 입력된다. 이 후 디지털 변환된 신호를 분석하여 마이컴 내부에 저장되어 있는 기준 정보와 비교한 뒤 응답 신호를 생성하고 초음파 신호로 변환하며 또한 입력 정보에 따라서 착탈 여부를 결정하여 동작을 수행한다.

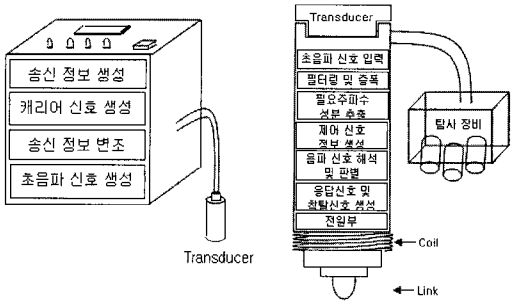


그림 1. 초음파 원격제어장치의 전체 구성.
Fig. 1. Entire composition of acoustic release of ultrasonic wave.

2. 송신부

2.1 송신 정보 생성

초음파 원격착탈 제어시스템에서 사용하는 프로토콜은 8개의 블록으로 구성되어 있다. 첫 번째 블록인 sync. 블록은 통신의 개시를 알리기 위한 신호이며, header 블록은 수신장치 종류를 나타내는 식별신호이다. ID 신호는 4개의 블록으로 구성되며 각 블록은 8진수로 변환되어 사용되기 때문에 $0000_{(8)}$부터 $7777_{(8)}$사이의 숫자로 구성되어 총 4096개의 ID를 생성할 수 있으며 블록의 형태는 header 정보와 같다. action 신호는 표 1과 같은 초음파 원격제어장치가 수행하는 동작에 대한 신호이며 패리티 신호는 에러 체크 블록으로써 ID 4개 자리 정보와 action 정보를 이용하여 (1)과 같은 방법으로 생성한다.

$$PARITY = ID(1) \oplus ID(2) \oplus ID(3) \oplus ID(4) \oplus ACTION \quad (1)$$

2.2 캐리어 신호 생성

프로토콜은 2개의 주파수를 사용하고 있으며, 두 가지 형태의 블록으로 구분된다. 첫 번째 블록인 sync 블록은 그림 2와 같은 형태로서 7㎲(ON) + 21㎲(OFF) 주기로 2.5초 길이의 신호로 생성되며, 이후의 ID 신호, action 신호, 패리티 신호는 그림 3과 같은 형태로 8㎲(ON) + 24㎲(OFF) 주기를 갖는 구형파를 펄스(ON 0.8㎳ + OFF 2.6㎳)의 형태로 단속하여 생성하며 stop 비트와 결합한 형태의 블록으로 구성된다[6].

표 1. Action 신호 구성.

Table 1. Structure of action signal.

Octal	Action
0	Pinger Action
1	Battery Report
2	Range Enable
3	Fast Ping
4	Brief Erosion
6	Release with Range
7	Release with Ping

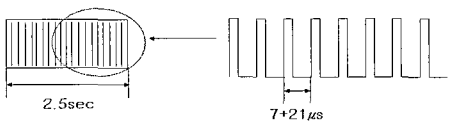


그림 2. 캐리어 신호의 형태 1.

Fig. 2. Carrier signal type 1.

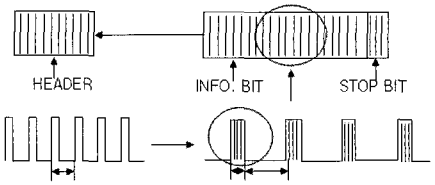


그림 3. 캐리어 신호의 종류 2.

Fig. 3. Carrier signal type 2.

2.3 송신 정보 변조

송신 정보의 변조는 그림 4에서 A의 송신정보와 B의 stop 비트를 결합하여, 마이컴에서 생성된 캐리어 신호에 변조시키는 방법으로 C 형태의 송신 신호를 얻는다.

2.4 초음파 신호 생성

변조된 신호는 파워트랜지스터 및 트로이달 코일을 통하여 12V의 신호를 400V로 약 33배 증폭하여 트랜스듀서를 거쳐 50% duty의 초음파 신호로 변환된다[7,8]. 또한 해저환경 변화에 따른 외란의 영향으로 신호가 손실될 수 있는데 이를 방지하기 위하여 초음파 신호를 8진 변환 하여 송출하는 방법으로 외란의 영향에 효과적으로 대응시켰다.

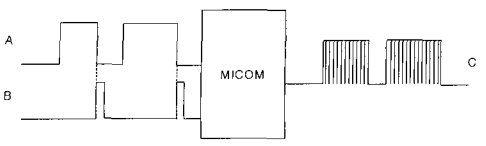


그림 4. 송신 정보 변조.

Fig. 4. Modulation of transmitting information.

3. 수신부

3.1 신호 증폭 및 필터링

1) 1차 신호 증폭 및 필터링 : 트랜스듀서를 통하여 입력된 초음파 신호는 수십 ㎶ 정도의 미약한 신호이므로 트랜지스터를 이용하여 약 47배 증폭한다[9]. 또한 정확한 정보전달을 위해서 송수신장치 동기신호(sync signal), 제어정보신호(data signal), 응답신호(reply signal)의 3개 주파수를 사용하는데, 각 주파수 성분은 LC 직렬 공진회로를 콘덴서 결합방식으로 구성한 대역통과 필터를 사용하여 필요 주파수 범위인 30~40㎑ 대역의 신호 성분을 추출하고 그 외 신호는 노이즈 성분으로 판단 제거시켰다.

2) 2차 신호 증폭 : 1차 증폭 및 필터링 단을 통과한 신호는 반전 및 비반전 증폭기를 통하여 약 32배로 증폭하여 결과적으로 약 1500배로 증폭되어 제어 정보로 활용 가능한 수십㎷ 정도의 신호로 변환하였다. 증폭된 신호는 제어에 필요한 주파수 성분만을 선택하는 필요주파수 추출회로의 입력신호로 공급되어진다.

3.2. 필요 주파수 성분 추출

초음파 원격착탈 제어시스템은 3개의 상이한 주파수를 사용하는데 주파수간 차이가 적어 필요한 주파수만을 선택하는 일이 무엇보다 중요하다. 그래서 그림 5와 같은 RLC 병렬 공진회로를 사용하여 공진시 임피던스 $Z_T = R + Z_r = R + \frac{jwL}{1 - w^2LC}$가 최대가 되는 특성을 트랜지스터의 바이어스로 사용하여 그림 6과 같이 출력전압의 진폭이 $V_O = V_P \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{R}{\omega L})^2(1-\omega^2 LC)^2}}$ 인 필요한 3개의 주파수 신호 성분을 추출하였다.

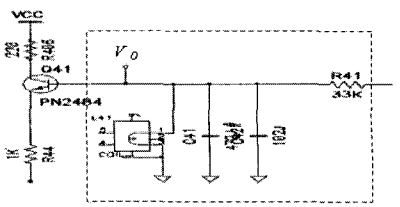


그림 5. 필요주파수 성분 추출 회로.

Fig. 5. Selection of wanted frequency.

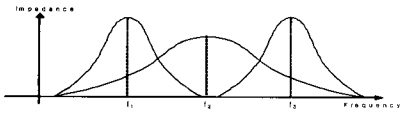


그림 6. 공진회로의 임피던스 특성.

Fig. 6. Impedance characteristics of resonance circuit.

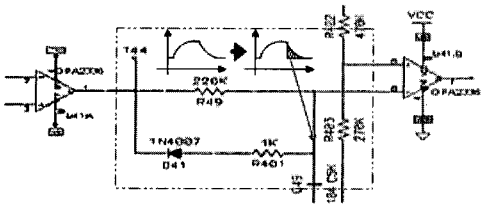


그림 7. 방전시상수 제거.

Fig. 7. Removal of discharge time constant.

3.3 제어 신호 정보 생성

추출된 주파수의 음파신호 성분을 그림 7과 같이 비교기를 이용하여 입력신호와 기준 전압을 1차 비 반전 비교기와, 2차 반전 비교기로 나누어 비교하여 제어 신호 정보로 변환한다. 출력된 신호 성분은 RC 적분 회로를 통과시켜 파형을 정형하였으나 방전 시상수에 의하여 신호가 감소하지 못하고 계속해서 증가하는 문제가 발생하여 다이오드와 저항으로 조합된 방전 루트를 생성시켜 콘덴서 방전전압 $V_C = V_i e^{-t/\tau}[V]$ $(\tau = R \cdot C)$ 성분이 0[V]가 되게 하여 방전에 의한 영향을 제거하였다.

3.4 음파신호 해석 및 판별

1) 지연요소에 의한 누적오차 제거 : 제어 신호 정보로 변환되어 마이컴으로 입력된 초음파 신호의 해석은 그림 8과 같은 알고리즘을 수행하였다. 정보로 인식되는 high 구간의 시간을 일정시간의 delay 함수를 반복하여 이 횟수를 카운트하는 방법으로 측정하였다. 이 경우 알고리즘의 반복수행에 따른 누적오차가 발생하여 실제의 프로그램 반복 수행시간보다 지연되어 나타났다. 이는 마이컴의 타이머 기능을 이용하여 오버플로우되는 횟수를 카운트하는 방법으로 지연요소를 제거하였다.

2) 반사파 영향 제거 : 반사파를 고려하지 않고 알고리즘을 작성하면 이전 신호의 정지비트가 뒤이은 정보신호 구간에 수회 반복해서 영향을 주게 되는데 이는 정보신호의 선단부를 인식하고 난 후 반사파가 영향을 미치는 시간인 약 0.5sec 동안은 데이터 구간의 길이를 측정하지 않고 대기하며, 반사파의 영향이 없는 구간부터 재차 측정하는 방법으로 반사파의 영향을 제거하였다[11].

3) 음파 신호 판별 : 지연 요소와 반사파의 영향이 모두 제거되어 측정된 음파신호는 (2)를 이용하여 펄스의 개수로 환산되며 표 2의 판별 기준을 이용하여 펄스의 개수가 가장 인접한 항목으로 매핑되어 신호 정보로 판별된다.

$$pulse = ((time - 800) - 3.4) + 0.5 \qquad (2)$$

3.5 응답신호 생성 및 착탈신호 생성

1) 응답신호의 생성 : 출력신호는 트랜스듀서를 통해 응답신호만을 발생하는 형태와 착탈 신호를 동시에 발생하는 형태로 구분되며, 해석된 결과를 바탕으로 출력신호의 형태가 선택되면 이에 따라 응답신호를 생성한다. 출력 신호의 형태가 표 2에 의하여 선택되면 그림 9와 같은 형태의 응답신호 펄스를 발생시켜 해석 및 판별된 정보에 따라 휴지시간의 길이, 펄스의 개수를 상이하게 하여 응답신호의 유형을 구분하였다.

2) 응답 에러 제어 : 해저에서 수신기가 외란에 의한 노이즈 등의 영향으로 음파신호를 인식하지 못하면 정상적인 응답신호 송출이 불가능하다. 그래서 그림 10의 ID 에러, 패

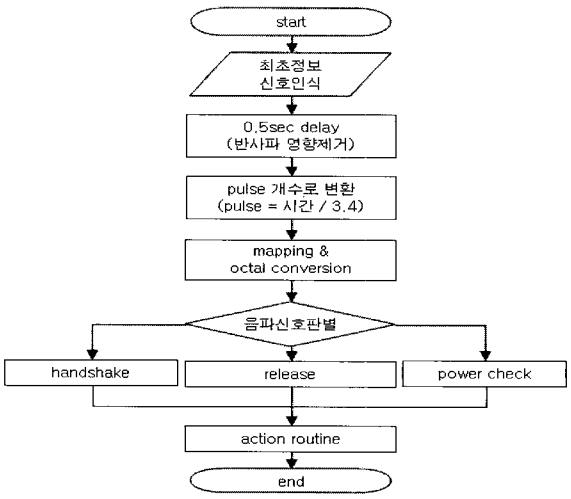


그림 8. 음파신호 해석 및 판별.

Fig. 8. Analysis and distinction of ultrasonic signal.

표 2. 음파 신호 판별 기준.

Table 2. Classification standards of ultrasonic wave.

	Time	Pulse	Octal
Pinger Action	0.978	52.35	0
Battery Report	1.268	78.82	1
Range Enable	1.166	107.65	2
Fast Ping	1.274	139.41	3
Brief Erosion	1.32	174.12	4
Release with Range	1.658	252.35	6
Release with Ping	1.81	297.06	7

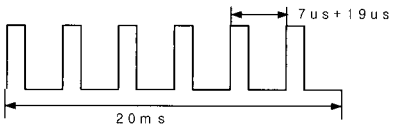


그림 9. 응답신호 기본 펄스.

Fig. 9. Basic pulse of reply signal.

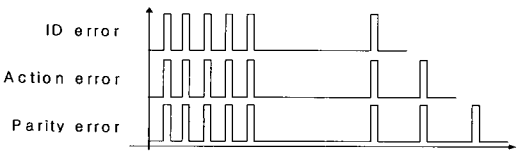


그림 10. 에러 신호 유형.

Fig. 10. Error signal type.

리티 에러 등 에러의 종류에 따라 응답신호를 펄스의 개수와 신호간 휴지구간의 길이를 달리하여 에러메시지를 생성하여 송출하며 응답에러 메시지에 따라 송신부의 제어모드를 재설정 할 수 있다. 5회 이상 반복적인 이탈 동작 에러 발생시 비상탈출모드를 수행한다. 각 에러제어 신호는 공통적으로 ON(20㎳) + OFF(20㎳)를 5회 반복 후 100㎳동안 휴지구간을 갖으며 이후에 ON(20㎳) +OFF(50㎳)를 반복하는 회수에 따라 에러의 유형을 구분한다.

III. 실험 및 고찰

1. 실험 조건 및 방법

본 심해저용 원격착탈 제어 시스템을 테스트하기 위해서 해상에서와 유사한 형태의 외란요소가 작용하는 수조를 준비하였다. 그림 11과 같이 송신기의 역할을 대행하고 송신상태와 응답신호등을 시각적으로 확인할 수 있는 평선컨트롤러와 시스템에 전압을 공급하는 DC12V 배터리, 그리고 송수신 겸용 트랜스듀서를 이용하여 송신부를 구성하였으며, 수신부는 음파의 수신 상태 및 전압, 전류의 소모량을 시각적으로 확인할 수 있는 평션 시뮬레이터, DC18V 전원을 공급하는 배터리, 각 단계별 음파 수신 상태를 수치적, 시각적으로 확인할 수 있는 평션 체커, 그리고 응답 신호를 초음파 신호로 변환하여 전송하는 트랜스듀서로 구성하였다. 평션 컨트롤러에서 모드 절환 스위치를 이용하여 제어정보를 입력하면 트랜스듀서에서 음파신호가 발생하고, 평션체커를 통하여 수신된 초음파 신호의 상태를 시각적이고 수치적인 데이터로 획득하는 방법으로 실험을 수행하였다.

2. 대역 통과 필터의 특성

제어 신호 정보로 활용하기 위한 주파수 신호 성분을 통과시키는 대역통과필터 특성을 확인하였다. 기존의 원격제어 시스템에서는 단일 주파수 성분을 사용하므로 한 개의 공진회로를 이용하여 필요한 주파수 성분을 획득할 수 있었으나 제안하는 시스템에서는 그림 12와 같이 3개의 주파수 성분을 사용하여 제어 신호 정보로 활용하고 있으므로 3개 주파수 성분이 포함된 사용주파수 대역인 20~50㎑ 구간의 대역통과 필터의 특성을 확인하였다. 실선으로 표시된 파형은 공진회로의 선택도가 우수하여 중간주파수 대역의 공진특성이 낮게 나타나는 특성곡선이며, 점선으로 표기된 파형은 증폭단을 통하여 신호전체를 증폭하고 중간 주파수 성분을 재차 필터링하여 선택하는 방법으로 중간 주파수 성분의 대역 통과 특성을 향상시킨 파형이다. 결과적으로 3개의 주파수 성분을 사용하여 제어 정보 신호로 조합할 수 있어 제어 정보의 보안성 및 외란에 대한 안정성을 확보할 수 있었다.

3. 필요 주파수 성분 추출

필요한 주파수 성분만을 추출해 내는 특성을 평가하기 위하여 주파수 선택성 실험을 하였다. 그림 13은 기존의 방법으로서 RLC 병렬공진회로를 이용하여 필요한 단일 주파수 성분의 신호를 추출한 결과이고 그림 14은 제안된 필요주파수 성분 추출 방법으로서 공진회로에서 공진시 임피던스가 최대가 되는 특성을 트랜지스터의 베이스 구동을 위한 바이어스로 사용하여 혼재해 있는 3개의 주파수 성분을 동시에 추출한 결과이다. 상부파형은 공진회로의 충실도(Q=XL/r) 특성이 낮아 주파수 선택성이 낮게 나타난 결과를 보여주고 있으며, 하부의 파형은"Q"값을 120에서 160으로 높여서 공진회로의 선택성이 향상된 결과를 보여주고 있다. 결과적으로 수중초음파 제어정보의 신뢰성이 향상된 결과와 같다.

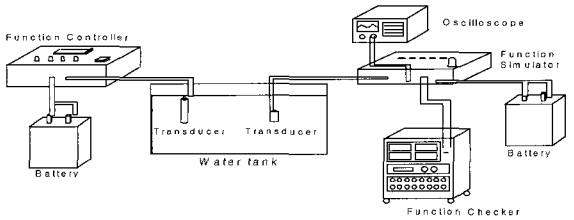


그림 11. 실험 장치 구성.

Fig. 11. Structure of experiment equipments.

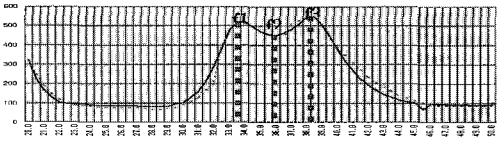


그림 12. 중간주파수 첨예화 제어 특성.

Fig. 12. Mid-frequency sharpness control characteristics.

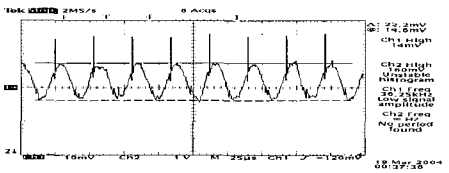


그림 13. 기존 단일 주파수 성분 추출.

Fig. 13. Generation of a conventional singled frequency component.

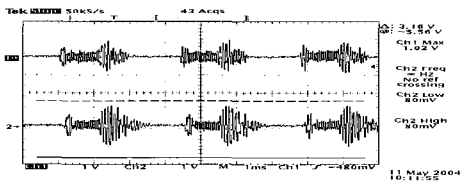


그림 14. 제안된 필요 주파수 성분 추출.

Fig. 14. Generation of a proposed wanted frequency component.

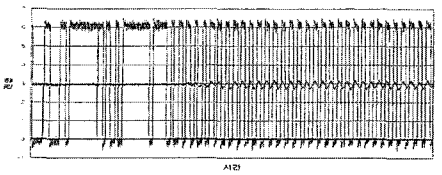


그림 15. 기존 제어 신호 정보 생성.

Fig. 15. Generation of a conventional control signal information.

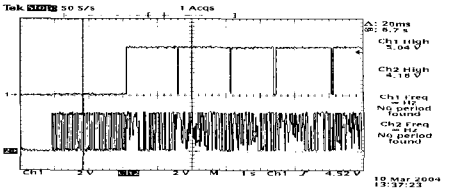


그림 16. 제안된 제어 신호 정보 생성.

Fig. 16. Generation of a proposed control signal information.

4. 신호 정보 생성

추출된 주파수를 입력으로 하여 제어 신호 정보로 변환하는 과정에서 발생하는 노이즈 성분의 저감 및 제어신호 정보의 생성특성을 확인하였다. 그림 15에서와 같이 기존의 방법은 입력신호와 기준신호를 배타적 논리합의 결과로 변환하여 이 신호를 적분회로에 통과시키고 극한값을 취한 결과를 제어 신호 정보의 기준값과 비교하여 설정한 기준값의 임계점을 넘어서면 제어신호 정보로 활용하는 방법을 사용하고 있으며 이는 비교기 입력의 임계특성에 따라 제어신호로 변환된 결과가 상이하게 나타난다. 그러나 그림 16에서는 입력된 제어신호 정보를 8진 변환하여 기준 정보와 매핑하는 방법으로 제어신호 정보를 생성하고, 변환과정에서 발생하는 노이즈에 의한 영향 및 제어정보의 손실은 복원알고리즘을 통하여 제어정보 신호로 생성되므로 비교기의 임계특성에 의한 영향을 제거할 수 있어 보다 안정된 제어신호 정보를 생성할 수 있었다.

5. 초음파 정보 손실 보정

해저 환경변화 등 외란에 의한 영향으로 손실된, 초음파 정보를 복원하는 알고리즘을 평가하기 위한 실험이다. 기존의 방법은 손실 정보가 생기면 무입력 조건으로 판단하여 신호를 재차입력 받아 제어신호 정보 인식 알고리즘을 수행한다. 결과적으로 그림 17와 같이 손실된 입력 신호가 회로를 통과하여 보정되지 않고 그대로 전달되고 있는 것을 보여주고 있으며 그림 18와 같이 제안된 손실 보정 방법은 초음파 신호를 마이컴의 제어신호 정보로 입력하고, 이를 8진 변환하고 기준 정보에 매핑하여 손실된 초음파 정보를 보정한 후 재차 출력하는 방법으로 외란에 의해 손실된 정보를 보정하였다.

6. 외란성 노이즈에 의한 영향 제거

외란성 노이즈에 의한 영향을 제거하기 위하여 노이즈 저감특성을 평가하였다. 그림 19의 상측 파형의 전반부는 정상적인 신호, 후반부는 노이즈이다. 하측 파형의 전반부는 입력신호로 인식한 구간이고 후반부는 기존의 하드웨어적인 필터링에 의해서 노이즈에 의한 영향을 제거하여 하드웨어로 설정되어있지 않은 상이한 주파수의 노이즈 성분은 제거되지 않고 제어 입력에 영향을 미치는 파형을 보여주고 있다. 그러나 그림 20은 제안하는 방법으로 대역통과 필터를 사용하여 원하는 대역의 신호성분만을 통과시키고 주파수 선택회로를 통하여 필요주파수 성분(3개 주파수)만을 추출하고 그 외의 신호성분에 대해서는 노이즈로 판단하여 제거시켰다. 이렇게 하드웨어적으로 필터링된 신호에 대해서도 소프트웨어에서 일정 간격(100㎳)으로 초음파 신호 여부를 확인하며 연속적으로 초음파 신호가 검출 된 경우에만 신호정보로 활용하고 불규칙적이고 불연속적인 신호 성분에 대해서는 노이즈로 판단하여 추가적으로 노이즈 성분을 제거하는 방법으로 외란성 노이즈에 의한 영향을 제거시킨 파형이다.

7. 기존 원격 착탈 제어시스템과의 비교

7.1 거리에 따른 제어시스템의 동작특성 비교

수중환경에서 거리의 증가로 수중초음파 신호세력이 감쇠되면 외란에 의한 노이즈 성분이 제어시스템에 영향을 미치게 되는데 이의 영향을 평가하기 위하여 거리에 따른 제어시스템의 동작특성을 평가하였다[12]. 기존 제어시스템에서는 감쇠한 신호를 단순 증폭하여 사용하므로 노이즈성분과 함께 증폭된 신호성분을 추출하기가 곤란하여 에러발생의 원인이 되고, 제어시스템의 동작효율이 낮아지는 요인으로 작용하고 있다. 그러나 표 3과 같이 제안하는 시스템에서는 미약한 신호성분을 증폭하고 이를 8진 변환된 기준신호정보와 비교하여 신호성분을 추출하는 방법으로 필요주파수 선택성능을 향상시키므로 거리에 따른 특성 변화가 없게 되어 원격착탈 제어시스템의 동작효율이 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

7.2 수중초음파 통신 성공률 비교

해양환경의 변화로 매질 조건 등이 변화하여 수중초음파 통신에 미치는 영향을 평가하기위하여 통달거리 및 통신 성공률을 평가하였다. 기존의 시스템에서는 외란성 노이즈에 대한 영향을 하드웨어적인 필터링을 사용하여 제거되지 않

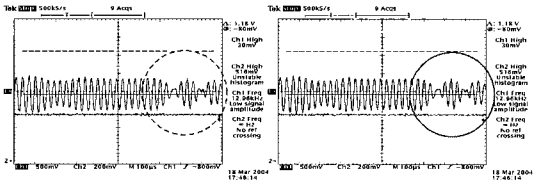


그림 17. 기존 초음파 정보 손실 보정.

Fig. 17. A proposed ultrasonic wave information loss.

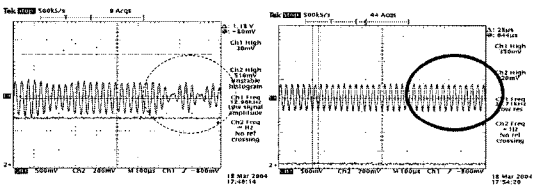


그림 18. 제안된 초음파 정보 손실 보정.

Fig. 18. Compensation of a proposed ultrasonic wave information loss.

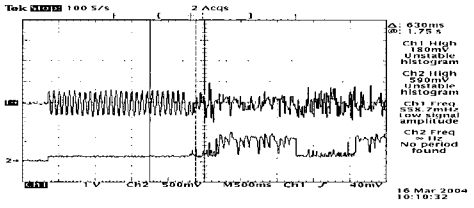


그림 19 기존의 외란성 노이즈 영향 제거.

Fig. 19. Removal of a conventional disturbance noise effect.

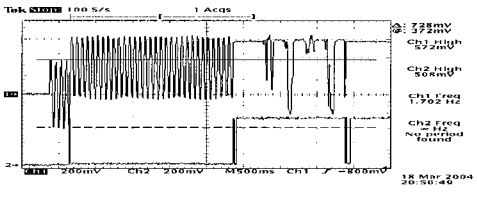


그림 20. 제안된 외란성 노이즈 영향 제거.

Fig. 20. Removal of a proposed disturbance noise effect.

표 3. 거리에 따른 제어시스템의 동작특성.

Table 3. Action characteristics of control system by distance.

구분	실험 항목					실험 결과		
거리 (m)	ID check	Request signal	Reply signal	Bat. test	이탈 동작	에러 유무	에러 코드	비고
50	2034			17.9	3.15분	X	E0	
100	2034	-Handshake	p10,1ms	17.8	3.17분	X	E0	
200	2034	-Fast ping	p20,1ms	16.4	3.14분	X	E0	E0: No Error
300	2034	-이탈모드	p15,1ms	15.7	3.15분	X	E0	
400	2034	-Pinger 동작	p60,1s	14.9	3.20분	X	E0	
500	2034			14.2	3.16분	X	E0	

표 4. 수중 초음파 통신 성공률.

Table 4. Communication success rate of underwater ultrasonic wave.

거리 (×10)		수신 (mV)	증폭 (V)	비교 기준	결과										성공률(%)
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
기존	5	2.32	5.00	3.0V 이상	4.9	4.9	4.7	4.8	4.9	4.7	4.7	4.9	4.8	4.9	100
	10	1.64	4.59		4.6	4.5	4.4	4.6	4.5	4.7	4.5	4.4	4.7	4.6	100
	20	1.25	3.36		4.3	4.4	4.1	4.1	4.3	4.2	4.3	4.1	4.2	4.3	100
	30	0.81	2.27		4.0	4.0	3.9	3.8	3.9	4.1	4.0	2.9	3.8	3.9	90
	40	0.46	1.29		3.6	2.7	3.3	3.4	2.7	3.7	3.6	3.7	2.6	3.5	70
	50	0.08	0.22		3.2	3.3	2.6	3.2	3.2	3.3	2.6	2.7	3.2	2.6	60
제안	5	2.32	4.87	160-170 펄스	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	100
	10	1.64	3.44		169	170	169	168	168	169	168	169	170	170	100
	20	1.25	2.63		167	169	167	167	168	168	168	167	167	169	100
	30	0.81	1.70		166	167	167	166	165	166	167	165	166	166	100
	40	0.46	0.97		165	164	163	158	165	164	164	165	163	164	90
	50	0.08	0.17		163	161	157	162	162	163	161	162	158	163	80

은 노이즈성분이 신호입력에 영향을 주고 있다. 이는 무신호입력조건으로 판단하여 통신에러를 발생하고 재차 신호인식 알고리즘을 수행하는 방법을 사용하므로 외란성 노이즈 발생시 통신성공률이 낮아지는 요인이 되고 있다. 제안하는 시스템에서는 초음파 정보손실보정 및 외란성 노이즈에 의한 영향 제거 알고리즘을 적용하여 표 4와 같이 통달거리 약 400m 정도까지 90% 정도의 높은 통신 성공률을 나타냈다. 결과적으로 외란환경에 의한 통신장애가 효과적으로 제거되어 통신 성공률이 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

IV. 결론

본 논문에서는 수중 초음파 통신을 이용하여 안정적으로 탐사 및 계측 장비 회수를 위한 심해저용 원격 착탈 제어시스템을 제안하였다. 해저 환경의 변화에 따른 외란 요소에 영향을 받지 않고 안정적으로 음파를 인식할 수 있는 수중 초음파 신호 인식 알고리즘을 접목하였다. 공진회로를 이용한 대역통과 필터와 주파수 추출 회로를 통하여 필요한 신호 성분만을 안정적이고 효과적으로 검출해 낼 수 있었으며, 8진 변환과 반사파 영향 제거 알고리즘으로 외란성 노이즈에 대하여 효율적으로 대처할 수 있었다. 그리고 전력제어를 통하여 해양환경에서 장시간 운영되어야 하는 시스템에 적합한 저소비 전력형으로 설계되었다. 기적용중인 원격착탈 제어시스템과 비교하여 거리증가에 따른 제어시스템의 동작특성 변화를 없게 하여 동작효율을 높일 수 있었으며, 수중 초음파 통신에 있어서 손실정보 보정 알고리즘을 이용하여 외란성 노이즈에 의한 영향을 효과적으로 제거할 수 있어 통신 성공률을 높일 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제안하는 심해저용 원격착탈 제어 시스템은 기존에 적용중인 해저 탐사 및 관측장비 회수를 위한 원격 이탈제어 시스템과 비교하여 보다 효율적인 시스템이라고 할 수 있다.

참고문헌

[1] 진강옥, "수중통신과 지중통신," 전자공학회지 제5권 제4호, 1978.

[2] P. H Milne, *Underwater Acoustic Positioning Systems,* Gulf Publishing Company, 1983.

[3] 한국해양연구소, *Development for a Domestic Model of Acoustic Release System, 1993.*

[4] 러시아 극동 해양연구소(IMTP), 대우중공업 주식회사, "초음파를 이용한 수중통신 시스템 개발," 1999.

[5] 김영진, 허경무, 우종식, 조영준, "Acoustic releaser 제어를 위한 강인한 수중음향신호 인식 알고리즘의 개발," 전자공학회지 제41권 SC편 제3호 33~38 page, 2004.

[6] 이종락, "초음파와 그 사용법," 세화, 1997.

[7] M. H. Rashid, *Power Electronics,* Principle-Hall International, Inc., 1988.

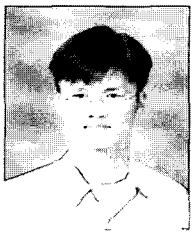
[8] R. F. W. Coates, "The design of tranducers and arrays for underwater data transmission," *IEEE Journal on Oceanic Engineering,* vol. 16, no. 1, 1991.

[9] 本茂, "OP amp. 實戰技術," 圖書出版 세운

[10] A. P. Malvino, "Electronic principles," 보성문화사, 1990.

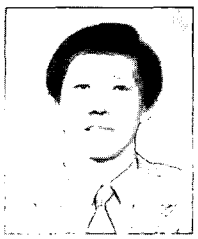
[11] A. D. Waite. *Sonar for Practising Engineers,* Ferranti Thomson Sonar Systems Ltd., UK, 1996.

[12] R. J. Urick, *Principles of Underwater Sound,* McGraw-Hill Book Company, 1975.



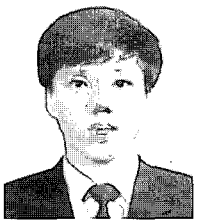
정 한 철

1976년 8월 29일생. 2001년 명지대학교 전기전자공학부 학사졸업. 2002년~현재 단국대학교 대학원 전자컴퓨터공학과 석사과정. 관심분야는 초음파통신 응용분야, 서보모터 응용제어.



허 경 무

1956년 9월 1일생. 1979년 서울대학교 전자공학과 졸업. 1981년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사졸업. 1989년 동 대학원 박사졸업. 2005년~현재 단국대학교 전자컴퓨터학부 교수. 관심분야는 3차원 디스플레이, 로봇트 제어, 검사 자동화, 시스템 제어, 학습 제어, Servo Motor 제어, 디지털제어기 설계 및 시뮬레이션.



김 영 진

1964년 7월 26일생. 2002년 단국대학교 전자컴퓨터공학과 석사졸업. 2002년~현재 동 대학원 박사과정 재학중. 2001년~현재 한국생산기술연구원 위촉연구원. 관심분야는 초음파센서 응용개발, 리니어 서보모터 제어, 잉크젯분사 응용개발.