

초음파 원격 이탈제어 시스템용 전력제어 알고리즘 개발

A study on the power control algorithm for ultrasonic retrieval system

김영진, 정한철, 허경무, 조영준
Young Jin Kim, Han Cheol Jeong, Kyung Moo Huh, Young June Cho

Abstract - To explore the seafloor, an observation instrument should be laid there for a long time and it should be again withdrawn. This system must be designed low power consumption model because it operates for a long period. but because power control don't execute or simply control algorithm executes, power efficiency is low. Hereupon, a power control algorithm for retrieval system using the ultrasonic communication that was improved its controllability and movability was presented in this paper. Likewise, the logicity of control algorithm and remote control system were ascertained by experiments.

Key Words : power control, retrieval system, ultrasonic, observation instrument, submarine

1. 장 서 론

육상 부존자원이 절대적으로 부족한 우리나라는 해양자원의 개발이 시급한 실정이며 이를 위해 해저 사전탐사 및 지질 검사가 선행되고 있다[1][2]. 이 경우 잠수부의 접근이 곤란한 해저환경에서는 운용 장비를 해저면에 위치시키고 일정기간이 경과된 후 회수할 수 있는 장비가 요구되는데, 이때 초음파 원격 이탈제어 시스템이 사용된다[3]. 기존에 적용중인 이탈제어 시스템은 수신된 제어정보를 하드웨어적인 방법으로 식별하고 기준 정보와 비교하며 이 과정을 수차례 반복하여 획득한 데이터를 제어정보로 활용하고 있어 초음파 원격 이탈제어 시스템과 같이 제어 신뢰성이 중요시 되는 시스템에서는 제어안정성 및 효율성이 떨어지고 있다[4]. 또한 수개월동안 해저에서 운용되어야 하기 때문에 저 소비전력으로 설계되어야 하지만 전력제어를 수행하지 않거나 단순 제어 알고리즘을 사용하기 때문에 전력효율이 떨어지고 있다. 따라서 본 논문에서는 해양환경 변화에 의한 영향 및 전파 지연요소에 의한 노이즈 성분을 제거하여 회수에 대한 제어신뢰성을 향상시키고 효율적인 전력제어 알고리즘을 통하여 장시간 운용되어야 하는 시스템에 적합한 초음파 원격 이탈제어 시스템 및 전력제어 알고리즘을 제안한다. 이의 효율성을 실험을 통하여 확인하였다.

2. 장 원격 이탈제어 시스템 및 전력제어 알고리즘 2.1 절 원격 이탈제어 시스템의 구성

제안하는 원격 이탈제어시스템은 그림 1과 같이 구성되어 있다. 해상에서 수중초음파 신호를 발생시켜 해저로 송신하는 송신부와, 해저 운용 장비 등과 함께 해저면에 위치시키는 수신부로 구성되어 있다.

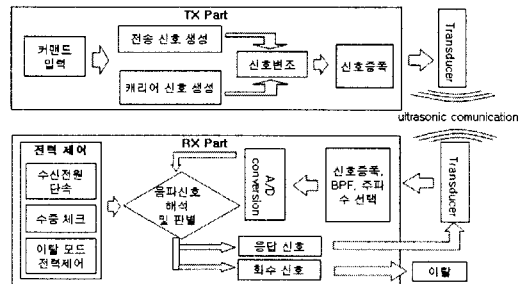


그림 1. 원격 이탈제어시스템의 구성

2.2 절 전력제어 알고리즘

전력제어 알고리즘은 수신 장치의 전원을 식(1)과 같이 초음파신호를 수신하는데 필요한 최소 시간동안 공급되게 하여 비 전력제어시와 비교하여 그림 2와 같이 소비전력이 1/50만 킬 소모되도록 단속제어를 수행하였다. 수신부에서 초음파 신호의 첫 번째 블록인 sync 신호가 인식 가능한 20ms동안 수신모드로 동작하고 송신부에서는 외란환경에 의해 손실되는 정보 및 2번 이상 신호인식을 시도할 수 있도록 sync 신호의 길이를 2.5s 동안 지속적으로 송신하도록 하였다.

$$F_p = \sum_{n=0}^{N-1} u[t - 2nT_p] - u[t - (2n + 0.02)T_p] \quad (1)$$

여기서 F_p 는 전력제어를 위한 단속 펄스 신호이다.

저자 소개

- * 金 營 振 : 檀國大學 電子工學科 博士課程
- ** 丁 漢 徹 : 檀國大學 電子工學科 碩士
- *** 許 慶 茂 : 檀國大學 電子工學科 教授, 工博
- **** 曹 永 準 : 韓國生產技術研究院, 工博



그림 2. 전력제어 신호 1

또한 수신 장치가 수중에서만 동작 가능하도록 하기 위하여 그림 3과 같은 회로를 구성 수중에서는 SW-HIGH에서 SW-GND로 해수를 매개로 전류가 도통되어 입력('IN')에 인가되는 식(2)의 신호에 관계없이 출력('OUT')전원이 지속적으로 공급되는데 공기중에서는 SW-HIGH에서 SW-GND로의 전류가 차단되어 입력('IN')에 신호가 입력되면 그림4의 off 시간(20ms)동안 'FET1'이 turn-off 되어 출력('OUT')으로 공급되는 전원이 차단되게 된다. 그래서 공기 중에서 동작 대기모드 상태에서는 전력소비가 근본적으로 차단된다.

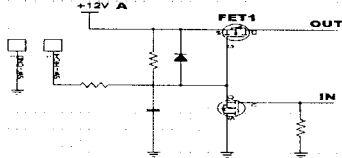


그림 3. 전력제어 회로

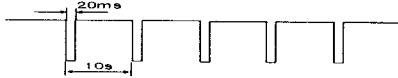


그림 4. 전력제어 신호 2

$$F_{II} = \sum_n u[t - 2nT_{II}] - u[t - (2n + 0.998)T_{II}] \quad (2)$$

제안하는 시스템은 링크의 동작상태를 모니터링 할 수 없으므로 15분 동안 지속적으로 이탈 동작을 수행한다. 그래서 이탈 동작 후에도 잔여 시간 동안 계속 전력을 소모하게 되어, 수신 장치의 부력과 무게중심을 조절하여 이탈 장치가 수면으로 부상하였을 때 그림 5와 같은 자세가 되어 링크에서 코일로의 전류 흐름이 차단, 지속적인 이탈동작으로 인한 전력소비를 차단할 수 있다. 즉, 지속적인 이탈동작으로 인한 전력소비를 차단할 수 있다. 식 (3)에서와 같이 비 전력제어에 대한 전력제어시의 동작(on)시간의 비에 해당하는 소비전력의 저감을 실현할 수 있다. 그림 6은 이탈모드시의 전력제어 형태를 보여주고 있다.

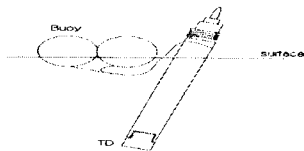


그림 5. 전력제어를 위한 구조

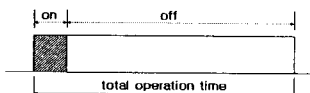


그림 6. 이탈 제어모드 시 전력 제어

$$D = \frac{T_{ON}}{T_{OFF}} \times 100[\%] \quad (3)$$

여기서 T_{OFF} 는 비 전력 제어 시 전체동작시간이고 T_{ON} 은 전력 제어 시 동작시간이다.

2.3 절 초음파 원격 이탈제어 시스템의 원격 회수

2.3.1 절 송신정보 및 초음파 신호 생성

송신장치에서는 식 (4), (5)와 같은 형태의 제어정보를 생성하여, 캐리어 주파수에 변조시켜 파워트랜지스터와 트로이달 코일을 통하여 증폭한 다음 트랜스듀서를 이용하여 초음파 신호를 생성한다[5][6]. 여기서 FS는 캐리어신호이고 FS는 제어정보이다. 또한 해저 환경 변화에 따른 외란의 영향으로 신호가 손실될 수 있는데 8진 변환 후 전송하는 방법으로 외란성 노이즈에 효과적으로 대응하였다.

$$F_C(t) = \sum_n u[t - 2nT_C] - u[t - (2n + 0.5)T_C] \quad (4)$$

$$F_S(t) = \sum_n u[t - 2nT_S] - u[t - (2n + 0.6)T_S] \quad (5)$$

2.3.2 절 초음파 신호 검출 및 디지털 신호 변환

수신 장치에서 수신된 미약한 신호는 트랜지스터의 2단 증폭을 통하여 약 1500배 증폭되고 LC 공진회로를 콘덴서 결합방식으로 구성한 대역통과 회로에 의하여 필요한 신호성분을 검출한 후 비교기를 이용하여 디지털 신호로 변환된다[7].

2.3.3 절 음파신호 해석 및 판별

디지털 변환된 신호는 반사파가 영향을 미치는 시간동안 데이터 구간의 길이를 측정하지 않고 대기하며, 반사파의 영향이 없는 구간부터 재차 측정하는 방법으로 반사파의 영향을 제거하고 식 (6)을 이용하여 펄스의 개수로 환산되며 신호 정보로 활용된다[8].

$$pulse = ((time - 800) - 3.4) + 0.5 \quad (6)$$

2.3.4 절 응답 및 이탈신호 생성

출력신호는 트랜스듀서를 통해 응답신호만을 발생하는 형태와 이탈신호를 동시에 발생하는 형태로 구분되며, 해석된 결과에 따라 출력신호의 형태가 선택되면 이에 따라 응답신호를 생성한다. 결정된 형태에 따라 20ms 길이의 응답신호를 생성하여 해석 및 판별된 정보에 따라 휴지시간의 길이, 펄스의 개수를 상이하게 하여 응답신호의 유형을 구분하였다.

3. 장 실험

3.1 절 실험 조건 및 방법

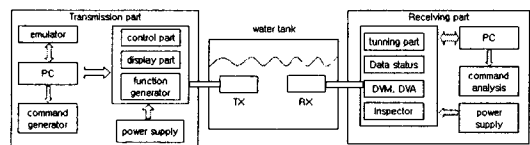


그림 7. 실험 장치 구성

본 시스템을 실험하기 위해 그림 7과 같이 해저와 유사한 형태의 외란요소가 작용하는 수조를 준비하였으며 송신기의 역할을 대행하고 송신 상태와 응답신호등을 시각적으로 확인할 수 있는 평선컨트롤러와 송수신 겸용 트랜스듀서를 이용하여 송신부를 구성하였고, 수신부는 음파의 수신상태 및 전압, 전류의 소모량을 시각적으로 확인할 수 있는 평선시물레이터, 각 단계별 음파 수신상태를 수치적, 시각적으로 확인할 수 있는 평선 체커, 그리고 응답 신호를 초음파 신호로 변환하여 전송하는 트랜스듀서로 구성하였다. 평선 컨트롤러에서

모드 전환 스위치를 이용하여 제어정보를 입력하면 트랜스듀서에서 음파신호가 발생하고, 평선제어를 통하여 수신된 초음파 신호의 상태를 시각적이고 수치적인 데이터로 획득하는 방법으로 실험을 수행하였다.

3.2 절 소비전력 저감특성 평가

초음파 원격이탈 제어시스템에서 사용되는 전력제어의 특성을 평가하였다. 소비전력의 저감을 위해 그림 2와 같이 전원을 단속하였을 때 소비되는 전류의 값을 측정하면 on 구간에서는 약 2mA가 소모되었고 off 구간에서는 200 μ A가 소모되었다. 이 때 전력제어 알고리즘을 적용할 경우 비적용 시와 비교하여 표 1과 같이 약 88.37% 정도의 전력 저감 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

표 1. 소비전력 저감특성 평가

시료	동작전류		소비전력량 [mWs]	소비저감 효과[%]
	동작구간	휴지구간		
비전력 제어	1	2.05mA	0	36.9
	2	2.10mA	0	37.8
	3	2.08mA	0	37.4
	4	2.08mA	0	37.4
전력 제어	1	2.09mA	204 μ A	4.351
	2	2.07mA	203 μ A	4.326
	3	2.06mA	206 μ A	4.375
	4	2.09mA	203 μ A	4.333

3.3 절 원격이탈 제어모드 시의 전력제어

원격이탈 제어장치가 이탈 동작을 수행할 때의 시간과 소모되는 전력을 측정하였다. 이탈 장치가 15분 동안 동작하였을 경우에는 표 2에서와 같이 1.5[Wh]만큼 전력이 소비되며 이탈 동작 수행 후 수중으로 부상되면 링크부가 공기중으로 노출되도록 하여 링크와 코일간의 전류가 도통되지 않아 전력소비가 차단되게 된다. 그 결과 표 2에서 보는 것과 같이 약 80퍼센트의 소비전력 저감효과를 얻을 수 있어 배터리의 사용 시간을 연장하는 효과로 나타나게 되었다.

표 2. 이탈 동작 중의 소비전력 저감특성

시료	링크동작시간		소비전력량 [Wh]	소비저감 효과[%]
	동작시간(분)	휴지구간		
비제어	1	15	없음	1.5
	2	2.1	12.9	0.2874
전력 제어	2	2.3	12.7	0.3062
	3	2.2	12.8	0.2968
	4	2.5	12.5	0.325

3.4 절 디지털 신호 변환 특성

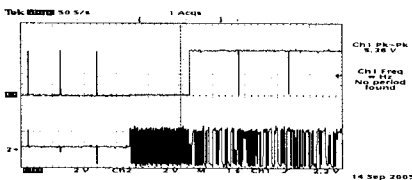


그림 8. 디지털 신호 변환 특성

추출된 주파수를 입력으로 제어 신호 정보로 변환하는 특성을 확인하였다. 그림 8과 같이 입력된 제어신호 정보를 8진 변환하여 기준 정보와 매핑하는 방법으로 제어신호 정보를 생성하고, 변환과정에서 발생하는 노이즈에 의한 영향 및

제어정보의 손실은 보정알고리즘을 통하여 제어정보 신호로 생성되므로 비교기의 임계특성에 의한 영향을 제거할 수 있어 보다 안정된 제어신호 정보를 생성할 수 있었다.

3.5 절 음파신호 인식 및 판별 실험

마이컴으로 입력된 신호를 반사파가 영향을 미치는 시간동안 데이터 구간의 길이를 측정하지 않고 대기하며, 반사파의 영향이 없는 구간부터 재차 측정하는 방법으로 반사파의 영향을 제거하고 펄스의 개수를 헤아려 음파가 정상적으로 판별이 되는지 여부를 확인하였다. 표 3은 수신된 신호에서 8진수 '4'에 해당하는 블록의 펄스의 개수를 헤아린 결과로 중심이 깊어질수록 해저의 외란성 노이즈에 왜곡되어 신호의 손실이 많아지지만 400m까지는 오차 범위에 모두 포함되어 8진수 '4'로 100% 매핑 되는 것을 확인할 수 있었다.

표 3. 음파 신호 인식 및 판별

거리 ($\times 10$)	수신 (mV)	중복 (V)	비교 기준	결과										비고		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
제어 신호	5	2.32	4.87	170	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	162	165	164	164	165	163	164	100		
	50	0.08	0.17	163	161	157	162	162	163	161	162	161	163	90		

4. 장 결론

본 논문에서는 수중초음파 통신을 이용하여 안정적인 초음파 원격 이탈제어 시스템과 전력제어 알고리즘을 제안하였다. 8진 변환과 반사파 영향 제어 알고리즘으로 외란성 노이즈에 대하여 효율적으로 대처할 수 있었으며 거리증가에 따른 제어시스템의 동작특성 변화를 없게 하여 안정적으로 해저 운용 장비를 회수 할 수 있었다. 또한 2단계의 전력제어 알고리즘을 통하여 소비전력의 저감을 실현하였다. 따라서 본 논문에서 제안하는 초음파 원격 이탈제어 시스템 및 전력제어 알고리즘은 해양 환경에 장시간 운용되어야 하는 저 소비전력형에 적합한 효율적인 시스템이라고 할 수 있다.

※ 이 연구는 단국대 TIC의 산학공동연구과제로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] 한국기계연구원 선박 해양공학 연구센터, "300m급 수중 ROV 개발", 1993.
- [2] 한국기계연구소 부설 해사기술연구소, "해양작업시스템 개발(I)", 1990.
- [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] 김 동 화, "센서공학", 태훈출판사, 2001.
- [6] Rodney F.W. Coates, "The Design of Transducers and Arrays for Underwater Data Transmission", IEEE Journal on Oceanic Engineering, Vol. 16, No. 1, 1991.
- [7] 本茂, "OP Amp. 실전기술", 도서출판 세운
- [8] A. D. Waite. "Sonar for Practising Engineers", Ferranti Thomson sonar systems Ltd., UK 1996.