

FSK와 ASK 조합형 수중 초음파 원격제어시스템 개발

A Development of a Remote Control System for Marine Instrument Using the Combination of FSK and ASK

김영진*, 정한철**, 허경무***, 조영준****, 민병국*****

Young Jin Kim, Han Cheol Jeong, Kyung Moo Huh, Young June Cho, Byung Kook Min

Abstract -To secure abyssal resources, submarine environment should be firstly explored. On that occasion, the withdrawal of the instrument is of importance and the submarine ultrasonic wave should be stably identified regardless submarine environment and passive factor. In the existing control methods, the control informations, received from an observation instrument, are identified used by hardware and repeatedly compared with standard information. Hereupon, a marine observation instrument remote control system using the combination of FSK and ASK 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 : FSK, ASK, remote control system, ultrasonic, observation instrument

1. 장 서 론

해저에 분포되어 있는 다양한 성분의 광물 및 해저지형을 탐사하고 개발하기 위하여 해양장비를 수중에서 운용하는 경우 탐사정보를 전송하거나 관측 장비를 원격으로 제어하기 위해서 수중초음파 통신기술은 중요한 수단이 되고 있다 [1][2]. 전자파는 비김용력에 저항하는 복원력에 의하여 전달되므로 전달용력이 존재하지 않는 유체에서는 파동이 전달되지 못하여 수중통신으로 사용하기가 곤란하다. 수중 초음파를 이용하여 정보를 전송하는 경우 또한 전달손실이 [3] 발생하여 통신을 수행하는데 상당한 어려움이 있다. 그리고 기존 수중원격제어시스템은 [4] ASK 변조방식을 사용하여 음원인식을 위한 비교기준을 높게 설정하면 수신 신호의 감쇄가 심한 경우 무신호 조건으로 판단하고, 기준전압을 너무 낮게 설정하면 노이즈 성분에 의한 동작오류가 증가하는 요인으로 작용하고 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 동일한 신호를 18회 이상 연속 검출하는 알고리즘을 사용하고 있으나, 다양한 형태의 외란성 노이즈가 영향을 미치는 해양 환경에서 동작오류를 저감시키는데 별다른 기여를 하고 있지 않다. 따라서 본 논문에서는 FSK와 ASK 조합형 디지털 변조기를 설계하여 FSK의 장점인 Fading 영향 및 외란 요소에 의한 영향이 적고, FSK로 조합된 신호의 길이를 변경하여 단순하는 방법으로 많은 정보를 전송할 수 있는 FSK와 ASK 조합형 수중 원격제어시스템을 제안 하였으며, 기 개발된 수중 초음파 신호 인식 알고리즘을 [5] 적용하였다. 제안하는 수중 원

격제어시스템의 효율성을 실험을 통하여 입증 하였다.

2. 장 FSK와 ASK 조합형 수중초음파 원격제어시스템 송신부 설계

2.1 조합형 정보신호 생성 과정

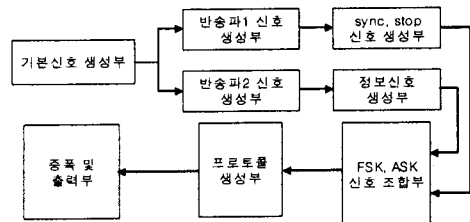


그림 1. FSK와 ASK 조합형 신호 생성 흐름도

2.2. 기본신호 생성

디지털 신호의 기본이 되는 2개의 함수 $u(t)$ 와 $-u(t-a)$ 를 합성하여 식(1)과 같은 단위 펄스 함수(unit pulse function)를 생성하였으며, 이를 라플라스 변환하면 식(2)와 같다.

$$f(t) = u(t) - u(t-a) \tag{1}$$

$$F(s) = L[f(t)] = L[u(t) - u(t-a)] = \frac{1}{s}(1 - e^{-as}) \tag{2}$$

$$F(t) = \sum_{n=0}^1 u[t - 2nT] - u[t - (2n+1)T] \tag{3}$$

이와 같이 생성된 식(1) 신호를 2회 반복하여 식(3) 같은 형태의 듀티비가 50%이고 주기 (T)를 갖는 기본 신호를 생성하였다[6].

저자 소개

- * 김영진: 檀國大學校 電子컴퓨터工學科 博士課程
- ** 정한철: 韓國生産技術研究院 碩士
- *** 허경무: 檀國大學校 電子컴퓨터工學科 教授 · 工博
- **** 조영준: 韓國生産技術研究院 工博
- ***** 민병국: 韓國폴리텍대학 教授 · 工博

2.3 반송파 신호 생성

이 시스템에서는 2개의 반송파를 사용하고 있으며, 첫 번째 반송파는 식(3)의 기본 신호의 주기 T 를 $28\mu s$, 듀티비를 25%로 하고, n 회 반복하여 식 (4), 그림 2와 같은 반송파 1 신호를 생성한다. 이 신호는 송수신간 동기를 위한 sync 신호와 정보 신호의 끝을 구분하기 위한 stop 신호로 사용된다. 여기서 T_{SYNC} 는 Sync 신호의 주기이다. 반송파 2 신호는 식(3)의 기본 신호의 주기 T 를 $32\mu s$, 듀티비를 25%로 단속하고, n 회 반복하여 생성하며, ID, Action 등의 정보신호를 생성하기 위하여 사용된다.

$$F_{SYNC}(t) = \sum_n u[t - 2nT_{SYNC}] - u[t - (2n + 0.5)T_{SYNC}] \quad (4)$$

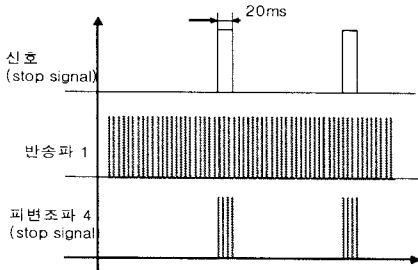


그림 2 반송파 생성 및 신호 변조과정

2.4 sync 신호 및 stop signal 생성

전 단계에서 생성된 두개의 반송파는 용도에 따라 각각 다른 주기와 Duty 비를 가지는 신호로 변조 과정을 거친다. 첫 번째 용도로서 sync 신호의 피변조파를 생성하기 위하여 2.5[sec] 길이의 신호를 생성한다. 이 신호를 앞서 생성된 반송파 1에 변조시켜 피변조파 1 신호를 생성하였다. 그리고 정보 신호를 구분하기 위한 stop 신호는 반송파 1을 20ms 길이로 단속하여 그림 2와 같이 생성하였다.

2.5 정보신호 생성부

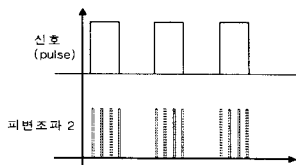


그림 3 피변조파 2 신호 생성



그림 4 피변조파 3 신호 생성

두 번째 용도는 헤더(Header), ID(Identification)등의 정보 신호를 생성하기 위하여 사용되며 이를 위하여 기본 펄스 신호를 생성한다. 기본 펄스 신호는 Duty비 30%(on 0.8ms, off 2.6ms)로 생성되며 이를 반송파 2에 변조시켜 식 (5), 그림 3과 같은 형태의 피변조파 2 신호를 생성하였다.

$$F_{SIC2}(t) = \sum_n u[t - 2nT_{SIC2}] - u[t - (2n + 0.6)T_{SIC2}] \quad (5)$$

이 신호를 다시 정보 신호의 길이에 따라 단속하여 그림 4와 같은 피변조파 3의 신호를 생성하였다.

2.6 FSK와 ASK 조합형 신호 생성

마지막으로 피변조파 3과 피변조파 4를 결합하여 정보신호의 한 블록을 나타내는 피변조파 5를 생성한다. 피변조파 5 신호는 서로 다른 두개의 주파수를 조합하는 변조 방식인 FSK 방식을 적용하여 생성하였다[7]. 설계된 FSK와 ASK의 조합형 변조 방식은 그림 5와 같이 주파수가 다른 두개의 신호를 FSK 방식으로 결합하고, 다시 진폭을 조정하여 정보 신호로 변조하는 ASK 방식을 적용하여 단속하는 방법으로 최종적인 신호인 피변조파 5를 생성하였다. 이 신호를 증폭하고 TD를 이용하여 수중음파로 변환하여 수신장치로 신호를 송출하였다. 그림 6은 FSK와 ASK의 조합형 변조 신호이다.



그림 5 FSK와 ASK 조합 신호 생성

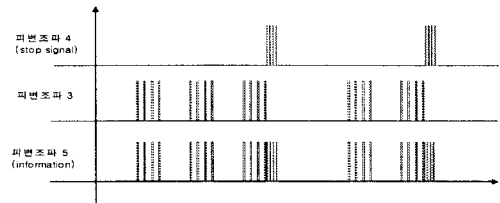


그림 6 FSK와 ASK의 조합형 변조 신호

3. 장 FSK와 ASK 조합형 수중초음파 원격제어시스템 수신부 설계

송신장치의 트랜스듀서와 음파를 주고받을 수 있는 동일한 장치인 트랜스듀서를 통하여 초음파 신호를 수신한다. 수신된 신호는 트랜지스터와 op-amp를 통하여 증폭되고 LC 공진회로를 콘덴서 결합방식으로 구성된 대역통과 회로에 의하여 필터링 된 후 검파 회로를 통하여 상이한 주파수 별로 구분되어지며 비교기를 이용하여 디지털 신호로 변환되어 음파 해석 알고리즘이 내재되어 있는 마이크로로 입력된다. 디지털 변환된 신호를 분석하고 기준정보와 비교하여 이탈 및 응답 신호를 생성한다. 이탈 신호는 하드웨어를 통하여 원격이탈동작을 수행하고, 응답신호는 초음파 신호로 변환하여 송신부로 송출한다.[8][9]

4. 장 실험

4.1 시스템의 구성

FSK와 ASK 조합형 원격이탈 제어 시스템의 성능을 평가하기 위하여 해상에서의 유사한 형태의 외란요소가 작용하는 구조를 준비하였으며 송신기의 역할을 대행하고 송신 상태와 응답신호등을 시각적으로 확인할 수 있는 평선컨트롤러와 시스템에 전압을 공급하는 DC12V 배터리, 송수신 겸용 트랜스듀서를 이용하여 송신부를 구성하였고 수신부는 음파의 수신 상태 및 전압, 전류의 소모량을 시각적으로 확인할 수 있는 평선 시뮬레이터, DC18V 전원을 공급하는 배터리, 각 단계별 음파 수신 상태를 수치적, 시각적으로 확인할 수 있는 평선 체크, 그리고 응답 신호를 초음파 신호로 변환하여

전송하는 트랜스듀서로 구성하였다. 평선 컨트롤러에서 모드 전환 스위치를 이용하여 제어정보를 입력하면 트랜스듀서에서 음파신호가 발생하고, 평선체커를 통하여 수신된 초음파 신호의 상태를 시각적이고 수치적인 데이터로 획득하는 방법으로 실험을 수행하였다.

4.2 외란성 노이즈에 의한 영향 평가

해양환경 변화로 인해 발생하는 외란성 노이즈에 의한 영향을 평가하기 위하여 실험을 수행 하였다. 기존의 시스템은 입력신호에 노이즈가 포함되면 진폭이 저감되어 출력되며 그림 7과 같이 하드웨어로 설정되어 있지않은 상이한 주파수의 노이즈 성분은 제거되지 않고 제어입력에 영향을 미치고 있다. 그러나 그림 8은 제안하는 대역통과 필터를 사용하여 원하는 대역의 신호성분만을 통과시키고 주파수 선택회로를 통하여 필요주파수 성분만을 추출하였으며 그외의 신호성분에 대해서는 노이즈로 판단하여 제거한 결과를 보여주고 있다. 필터링된 신호에 대해서도 일정간격으로 초음파 신호 여부를 확인하며 연속적으로 초음파 신호가 검출된 경우에만 신호 정보로서 활용하고 그외의 신호는 노이즈로 판단하여 제거하는 방법으로 외란성 노이즈에 의한 영향을 제거시켰다.

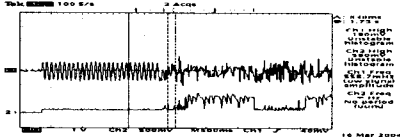


그림 7 기존의 외란성 노이즈 영향 평가

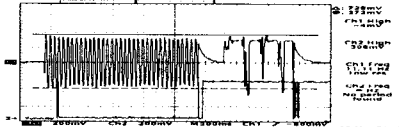


그림 8. 제안된 외란성 노이즈 영향 평가

4.3 진폭의 저감에 따른 영향 평가

수중매질의 변화로 발생하는 입력신호 진폭의 저감에 따른 영향을 평가하였다. 기존의 시스템은 입력신호에 노이즈가 미포함되면 입력신호가 증폭되어 기준전압 (3.0V) 이상으로 출력되어 정상적인 신호로 인식하나, 노이즈가 포함된 신호는 적분하여 극한을 취하면 입력전압의 절반으로 수렴하는 성질이 있어 기준전압 이하로 출력되어 노이즈에 따른 영향이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 제안된 시스템은 입력신호의 진폭이 저감되어 증폭 후 충분한 레벨이 되지 않아도 동일한 신호를 서로 다른 공진회로에 입력하여 출력된 신호 중 하나는 비교기의 기준신호로 다른 하나는 입력신호로 사용하여 상대 비교하는 방법으로 1차적인 보안을 하였으며, 비교기의 출력 신호의 펄스를 카운트하여 기준신호와 비교하여 5개 정도의 여분을 두어 음파신호가 수신장치에 도달 중 한두개의 펄스 신호가 소실되어도 인식이 가능하도록 2차적으로 보완하여 노이즈의 영향으로 진폭저감에 따른 영향을 제거하였다. 표 1은 기존 시스템과 비교한 입력신호의 진폭 저감에 따른 영향을 평가한 결과 이다.

SPEC				결과			
				Noise 미포함		Noise 포함	
거리 (×10)	입력 (mV)	증폭 (V)	비교 기준	입력	비교기 (V)	입력	출력 (V)
기존	2.32	4.85	3.0V 이상	4.87	4.61	2.45	0.02
	1.64	4.59		4.53	4.67	2.48	0.05
	1.25	3.36		4.24	4.64	2.48	0.03
	0.81	2.27		3.96	4.63	2.46	0.04
	0.46	1.29		3.51	4.67	2.47	0.02
	0.08	0.22		3.12	4.69	2.40	0.06
제안	2.32	4.87	160-170 펄스	170	4.68	164	4.64
	1.64	3.44		168	4.62	163	4.65
	1.25	2.63		166	4.65	161	4.62
	0.81	1.70		165	4.69	160	4.68
	0.46	0.97		163	4.65	157	4.66
	0.08	0.17		162	4.63	154	4.62

표 1. 진폭의 저감에 따른 영향 평가

5. 장 결론

본 논문에서는 FSK와 ASK 조합형 수중 초음파 원격제어 시스템을 제안 하였으며, 해저 환경의 변화에 따른 외란 요소에 영향을 받지 않고 안정적으로 음파 신호를 인식할 수 있는 수중 초음파 신호 인식 알고리즘을 접목하였다. 제안하는 시스템은 전달손실이 발생되어 진폭의 감쇄에 따른 영향이 적은 FSK로 변조된 신호를 단속하여 전송되는 정보의 양을 증대할 수 있는 FSK와 ASK 조합형 변조방식을 적용하였다. 기적용중인 ASK 변조방식에 비하여 외란성 노이즈에 의한 영향과 신호진폭의 감쇄에 따른 영향을 효과적으로 제거할 수 있어 동작효율을 증대시킬 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제안하는 FSK와 ASK 조합형 수중 초음파 원격제어 시스템은 기존에 적용중인 해저 탐사 및 관측 장비 운용을 위한 원격제어시스템과 비교하여 보다 효율적인 시스템이라고 할 수 있을 것이다.

※ 이 연구는 단국대 TIC의 산학공동 연구과제로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] 진강욱, "수중통신과 지중통신", 전자공학회지 제5권 제4호, 1978
- [2] P. H Milne, "Underwater Acoustic positioning systems", Gulf publishing company, 1983.
- [3] 전호경, "음파 원격 이탈기 국산화 개발연구", 한국해양연구소, 1991-1993
- [4] 씨스캔, "초음파를 이용한 수중통신 시스템 개발", 주식회사 씨스캔.
- [5] 김영진, 허경무, Acoustic releaser 제어를 위한 강인한 수중음향신호 인식 알고리즘의 개발, 전자공학회 논문지, 제41권 SC편 제 3호, 2004, 5, pp33-38.
- [6] 임승하, 구기준 "디지털 통신이론", 기한재, pp12-13, 1999.
- [7] 이승무, 김승복, 강길범, "최신디지털통신이론", 한울출판사, 1997.
- [8] Thomas L. Floyd, David Bulchla, "Fundamentals of Analog circuits", SciTech, 2002.
- [9] 최권희, "연산증폭기 회로 설계 및 응용", 청문각, 2004.