

ASK 변조를 이용한 수중 가시광 통신에 관한 연구

손진환* · 김성민* · 성규열* · 권세익* · 김남호**

부경대학교 공과대학 제어계측공학과

A Study on Underwater Visible Light Communication using ASK Modulation

Jin-Hwan Son* · Seong-Min Kim* · Kyu-Youl Sung* · Se-Ik Kwon* · Nam-Ho Kim*

*Dept. of Control and Instrumentation Eng. Pukyong National University

E-mail : nhk@pknu.ac.kr

요 약

최근 통신 기술의 눈부신 발전과 함께 무선 통신 시스템은 넓고 다양한 영역에서 활용되고 있다. 수중 무선 통신에서 음향 통신 시스템은 기존의 RF에 비해 전송 성능이 우수하여 수중 통신에 다양하게 활용되고 있다. 그러나 음향 통신 시스템은 저속통신, 전송지연 및 제한된 대역폭과 같은 문제점이 있으며, 이러한 음향 통신 시스템의 문제점을 개선하기 위해 수중 가시광 통신에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 따라서 본 논문에서는 효과적인 수중 가시광 통신을 위해 ASK 변조를 이용한 수중 가시광 통신을 제안하였다.

ABSTRACT

Recently, wireless communication system has been widely used in a variety of fields along with the remarkable advancement of communication technology. Sound communication system in underwater wireless communication is utilized in underwater communication since it has better transmission capacity than the existing RF. However, sound communication system has the problems such as low speed communication, transmission delay and limited bandwidth, and the studies have been actively conducted on the visible light communication underwater to improve these problems. Therefore, the visible light communication underwater using ASK modulation is suggested for the effective communication in this article.

키워드

발광다이오드, 수중 가시광 통신, ASK 변조

1. 서 론

최근 통신 기술의 눈부신 발전과 함께 무선 통신 시스템은 다양한 영역에서 활용되고 있다. 공기 중에서 RF통신은 데이터 전송율이 높고, 장거리 전송이 가능하지만 수중에서는 매질의 전도 특성 때문에 데이터 손실이 발생하여 통신에 한계가 있다[1].

수중에서 음향과 통신은 RF통신과 달리 데이터 신호의 손실이나 감쇠현상이 적고, 장거리 전송이 가능하여 수중 통신에서 넓게 활용되고 있다. 하지만 제한된 대역폭에 의한 저속통신과 전송 지연 등의 문제점을 갖고 있다[2].

이러한 수중 음향과 통신의 문제점을 개선하기 위해 수중 가시광 통신이 새로운 대안으로 주목

받고 있다. 수중에서 가시광은 기존의 음향과에 비해 넓은 범위의 대역폭을 사용하여 대용량 데이터 전송이 용이하고, 맑은 해수 조건에서는 고속 통신이 가능하여 가시광을 수중 통신 방법으로 활용하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다 [3].

따라서 본 논문에서는 ASK 변조를 이용하여 공기와 물, 해수 그리고 오염된 물에서 가시광 통신의 전송 특성에 관한 연구를 진행하였다. 이를 통해 효과적인 수중 가시광 통신을 위한 ASK 변조 기반의 수중 가시광 통신 시스템을 제안하였다.

II. 시스템 구성 및 설계

본 논문에서는 ASK 변조 기반 가시광 통신의 성능을 확인하고, 이를 활용하여 효과적인 수중 가시광 통신 방법을 제안하였다.

2.1. 시스템 구성

ASK 변조 기반의 가시광 통신 시스템을 아래 그림 1과 같이 구성 하였다.

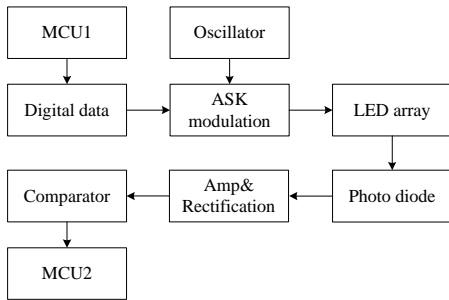


Fig. 1. Entire System Configuration

Step 1. MCU1은 지속적으로 디지털 데이터를 발생시킨다.

Step 2. 발진기는 100KHz의 발진 주파수를 생성한다.

Step 3. 디지털 데이터와 100KHz의 발진 주파수는 결합하여 ASK 변조를 한다.

Step 4. LED array는 변조한 데이터를 송신한다.

Step 5. Photo diode는 변조 데이터를 수신하며, 증폭 및 정류부 그리고 비교기는 변조 데이터를 원래의 데이터로 복원한다.

Step 6. 복원한 데이터를 MCU2로 전달한다.

2.2. 시스템 설계

본 논문에서 제안한 수중 가시광 통신 시스템은 송신부와 수신부로 구성하였으며, 아래와 같이 설계하였다.

2.2.1 송신부

송신부는 MCU1, 발진부, 변조부, LED array로 구성하였으며, 데이터 신호의 흐름은 다음과 같다.

MCU1은 디지털 데이터를 지속적으로 발생하며, 발진부의 NE555는 100KHz의 발진 주파수를 생성한다. 디지털 데이터와 발진 주파수는 Analog switch인 ADG417로 전달되어 100KHz 기반 ASK 변조를 한다.

변조한 신호는 LED Array가 항상 켜져 있도록 하기 위해 사용한 인버터 74LS04로 전달된다. 3X5 형식의 LED Array는 반전된 변조 신호를 송신한다. 송신부의 회로도에는 그림 2와 같다.

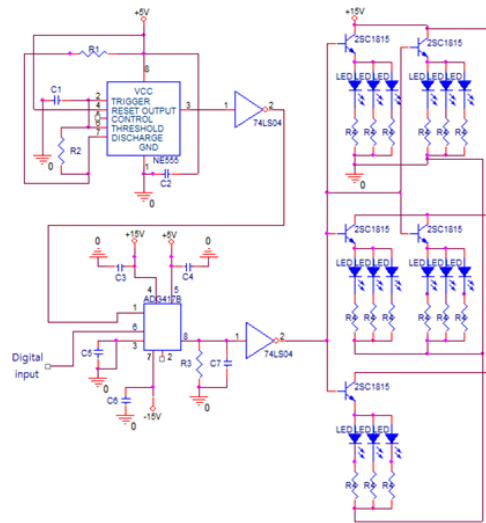


Fig. 2. Transmitter circuit

2.2.2. 수신부

수신부는 MCU2, 수광소자인 PD, 증폭 및 정류부, 비교기로 구성한다. LED array에서 송신된 신호는 PD(TSL252R-LF)로 수신한다.

수신한 신호를 OP37을 사용하여 20배 반전 증폭하고, 증폭한 신호를 다이오드 정류부와 비교기 LM2901을 이용한 검파 과정을 통해 원래의 디지털 데이터로 복원하여 MCU2로 전달한다. 수신부의 회로도에는 그림 3과 같다.

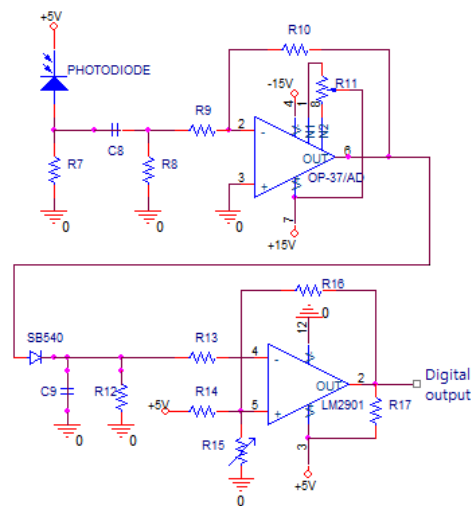


Fig. 3. Receiver circuit

III. 시스템 구현 및 실험결과

본 논문에서는 제안한 시스템을 아래와 같이 구현하였으며, 공기와 물, 해수 그리고 오염된 물에서 시스템의 전송 특성을 확인하였다.

3.1 시스템 구현

제안한 수중 가시광 통신 시스템을 송신부와 수신부로 구현하였으며, 아래 그림 4,5와 같다.

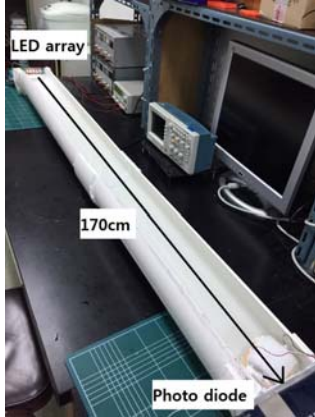
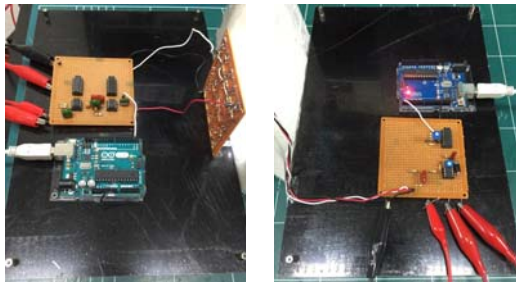


Fig. 4. Implementation of system

그림 4는 ASK 변조 기반의 수중 가시광 통신 시스템을 구현한 것이다. 최대 170cm 길이의 수조를 제작하고, 빛의 관통을 위해 투명 유리로 수조의 양쪽 끝을 막았다. 송신부 쪽의 유리 바깥에 LED array를 고정 시키고 수광소자인 PD를 방수 처리하여 수조 내에서 이동할 수 있도록 하였다.



(a) Transmission part (b) reception part

Fig. 5. Implementation of circuits

그림 5의 (a)와 (b)는 시스템의 송신 회로와 수신 회로를 구현한 것이다.

3.2 실험결과

제안한 시스템의 데이터 신호의 흐름을 측정하고, 시스템의 데이터 전송 특성을 확인하였다.

3.2.1. 디지털 데이터 흐름

그림 6은 공기 중 통신 거리 50cm에서의 데이터 흐름을 순차적으로 측정한 것이다.

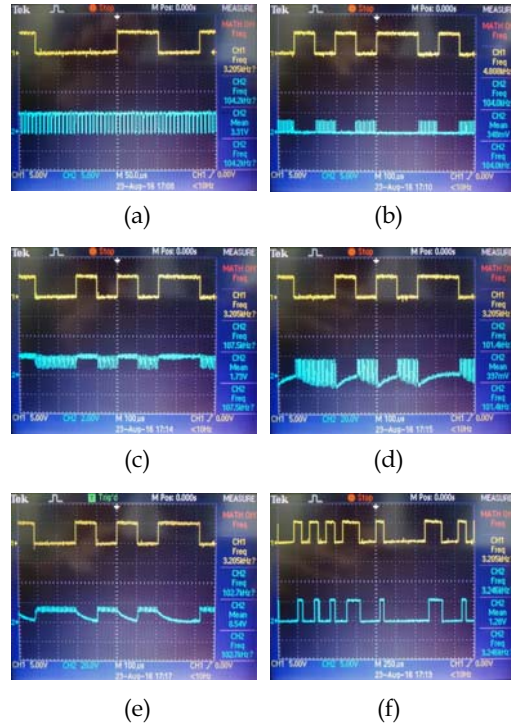


Fig. 6. Digital data wave forms

그림 6에서 CH1은 디지털 데이터의 파형이며, CH2는 데이터 흐름에 따른 순차적인 데이터 파형을 나타낸 것이다.

(a)는 100KHz 발진 주파수를 나타내며, (b)는 데이터와 발진 주파수가 결합하여 만들어진 100KHz 기반의 ASK 변조 신호의 파형이다.

(c)는 PD가 반전된 변조 신호를 수신하였을 때의 파형이며, (d)는 수신한 신호를 20배 반전 증폭한 파형을 나타낸다.

(e)는 다이오드 정류부가 증폭한 신호를 정류했을 때의 파형이며, (f)는 정류한 신호를 비교기를 사용하여 원래의 데이터로 복원한 파형이다.

3.2.2. 통신 환경에 따른 데이터 전송 특성

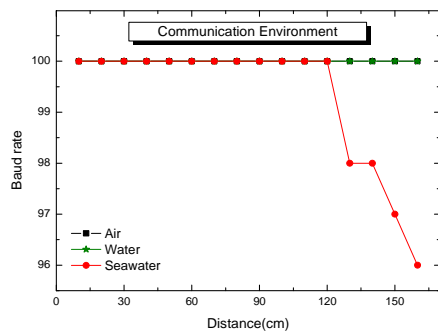


Fig. 7. Transfer characteristic in various communication environments

위의 그림 7은 통신 환경을 달리 하면서 거리에 따른 데이터 전송 특성을 확인한 것이다.

각각 공기와 물, 해수에서 실험을 진행하였으며, 일정 시간 동안 0.5sec를 전송 주기로 난수를 발생시켜 데이터 전송율을 측정하였다.

공기에서는 최대 210cm까지 오류 없이 우수한 통신 결과를 확인할 수 있었다. 물에서는 제한된 수조 실험으로 인해 170cm까지 통신 성능을 측정하였으며, 170cm까지 오류 없는 통신 결과를 확인할 수 있었다.

해수 환경에서는 해수의 부유물과 플랑크톤 등에 의해 광 신호의 손실이 일어난다. 이에 따라 120cm 이상의 통신 거리에서 데이터 전송 오류가 발생하는 것을 확인할 수 있었다[1-4].

3.2.3 수질 오염에 따른 데이터 전송 특성

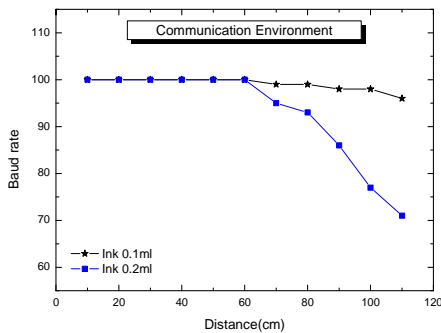


Fig. 8. Transfer characteristic according to water pollution

그림 8은 오염된 물에서 통신 거리에 따른 데이터 전송 특성을 확인한 것이다. 수조 내 20L의 물에 0.1mL, 0.2mL, 0.3mL의 잉크를 순차적으로 첨가하면서 실험하였다.

잉크 첨가량에 의한 물의 오염도가 높아질수록 거리에 따른 데이터 전송율이 현저하게 낮아졌으며, 0.3mL의 잉크를 첨가했을 경우에는 데이터 전송율을 측정할 수 없었다.

잉크를 첨가한 오염된 물에서는 물의 혼탁도 때문에 공기와 맑은 물에서의 통신과 달리 전송 오차가 발생하여 특정 오염도의 물에서는 데이터 전송율을 측정하는데 어려움이 있었다.

IV. 결론

본 논문은 기존의 수중 음향과 통신이 수중에 서 제한된 대역폭에 의한 저속통신과 전송 지연과 같은 문제점이 있다는 점을 착안하여, ASK 변조를 이용한 수중 가시광 통신 시스템을 제안하였다.

시스템을 구현하여 통신 성능을 확인한 결과,

공기와 물에서는 일정 거리 내에서 오류 없는 우수한 성능의 통신이 가능 했다. 해수 환경에서는 해수의 특성에 의해 통신 거리가 늘어남에 따라 전송 오류가 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

그리고 잉크를 첨가한 오염된 물에서는 통신 거리에 따른 데이터 전송율이 물의 혼탁도에 따라 현저하게 낮아져, 시스템의 통신 성능이 물의 오염도에 많은 영향을 받는다는 것을 확인할 수 있었다.

본 논문에서 제안한 ASK 변조 기반의 수중 가시광 통신 시스템은 일정 거리 내 맑은 수질 조건에서 통신 성능이 우수하다. 해수 환경 및 오염된 물에서의 통신 성능 개선에 관한 연구를 통하여 제안한 시스템의 통신 성능을 향상 시킨다면 현재 다양하게 연구되고 있는 수중 가시광 통신에 효과적으로 사용될 것으로 사료된다.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Brain Busan 21 Project in 2016.

참고문헌

- [1] K. R. Shon, "A study on the short-range underwater communication using visible LEDs.", KOSME, Vol. 37, No. 4, pp. 425~430, 2013.
- [2] M. S. Kim and K. R. Shon, "Implementation of underwater visible light communication system.", KOSME, Vol. 38, No. 7, pp. 923~928, 2014.
- [3] K. R. Shon, "Performance analysis of the visible light communication in seawater channel.", KOSME, Vol. 37, No. 5, pp. 527~532, 2013
- [4] Y. U. Lee and Y. S. Kang, "Performance Analysis and Design of a Carrier-Based Visible Light Communication Circuit for LED IT Service.", KICS, Vol. 38, No. 09, Sep 2013.