

수중 음향 통신 모뎀 구현 및 성능 평가

전준호*, 원태희*, 엄정환*, 박성준*

*강릉원주대학교 전자공학과

e-mail: musician1222@nate.com

Implementation and Performance Evaluation of Underwater Acoustic Modem

Jun-Ho Jeon*, Tae-Hee Won*, Jeong-Hwan Eom*, Sung-Joon Park*

*Department of Electronic Engineering, Gangneung-Wonju National University

요 약

최근 수중 통신에 대한 관심이 급증함과 동시에 수중에서 음성, 영상과 같은 멀티미디어 데이터 전송에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 추세에 발맞춰 수중 통신에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 본 논문에서도 수중 통신 모뎀에 대한 연구를 수행하였다. 본 논문에서는 70 kHz의 초음파를 이용하는 진폭 편이 변조 방식의 수중 음향 통신 모뎀을 구현하고 구현한 모뎀의 성능을 평가하였다. 실험은 경기도 양평 양수리에 위치한 북한강에서 이루어졌으며, 실험을 통해 전송 거리 50 m, 전송 속도 200 bps, BER 성능 1×10^{-3} 의 결과를 얻었다.

1. 서론

최근 해양 연구에 대한 관심이 꾸준히 증가하고 있으며, 이에 발맞춰 수중 통신 연구 및 개발 또한 활발히 진행되고 있다[1~2]. 일반적으로 수중 통신을 위한 반송파로 초음파가 사용된다. 초음파는 다른 반송파와 비교해 수중에서 전달 특성이 매우 우수한 장점이 있다. 하지만 심한 다중 경로 신호 발생으로 인해 인접 심볼에 큰 영향을 주며, 전달 지연이 크다는 단점을 갖고 있다. 또한 사용할 수 있는 주파수 대역폭이 트랜스듀서의 특성에 제한된다.

본 논문에서는 [3]의 연구를 기반으로 70 kHz의 초음파를 사용하는 진폭 편이 변조 방식의 수중 음향 통신 모뎀을 설계 및 구현한다. 또한, 북한강에서 실험을 수행함으로써 구현한 수중 음향 통신 모뎀의 성능을 평가한다.

그림 1은 개발한 수중 음향 통신 모뎀이다. 그림에서와 같이 원형의 보드가 3층으로 쌓인 형태이며, 아래층부터 디지털 보드, 아날로그 송신 보드, 아날로그 수신보드로 구성된다. 디지털 보드는 데이터 전송 프레임 생성, 변복조 및 수신 신호 처리 등의 기능을 수행한다. 모뎀을 제어하기 위한 MCU로는 ARM Cortex-M3가 사용되었다. 아날로그 송신 보드는 디지털 보드로부터 변조 신호를 받아 증폭한 후 그림 2의 트랜스듀서로 전달한다. 트랜스듀서는 전달된 신호를 음향 신호로 전환하여 수중으로 방사한다.

2. 수중 음향 통신 모뎀



(그림 1) 수중 음향 통신 모뎀



(그림 2) 트랜스듀서

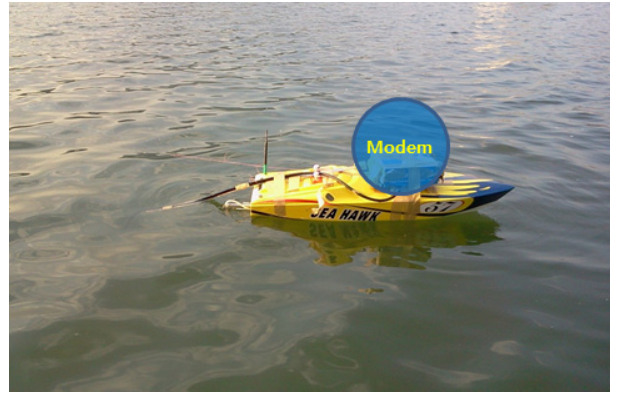
아날로그 수신 보드는 수중 채널을 통해 수신된 음향 신호를 트랜스듀서를 통해 전기 신호로 전달 받고 저잡음 증폭기, 고차 대역 필터, 이득 조절기 등을 거침으로써 디지털 신호 처리에 용이하도록 변환된 신호를 디지털 보드로 전달한다.

모뎀의 사양은 표 1에 나타내었다. 위에서 언급했듯이

MCU는 ARM Cortex-M3가 사용되었고 모뎀의 동작 주파수는 트랜스듀서의 공진주파수에 맞춰 70 kHz를 사용하였다. 모뎀의 통신 거리와 전송 속도는 각각 50m, 200 bps이고 전원으로 ±14.8 V를 사용하였다.

<표 1> 수중 음향 통신 모뎀 사양

Feature	Description
MCU	ARM Cortex-M3
동작 주파수	70 kHz
통신 거리	50 m
전송 속도	200 bps
공급 전원	± 14.8 V



(그림 4) 실험 환경 2

3. 성능 검증 실험

본 논문에서 구현된 수중 음향 통신 모뎀의 성능을 검증하기 위하여 그림 3에 나타난 북한강(경기도 양평군 양수리)에서 실험을 수행하였다.

통신 거리를 10 m에서 50 m까지 10 m 간격으로 거리를 넓히며 실험을 수행하였으며 실험 결과 30 m 이내의 거리에서 1×10^{-4} 이하의 BER 성능을 얻었다. 하지만 30 m 이상의 통신 거리에서 특정 지점에 위치할 경우 다중 경로신호 간섭이 매우 심해지면서 오류율이 급격히 높아지는 현상이 발생하였고 그 결과 $0.5 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-3}$ 의 BER 성능을 보였다.



(그림 3) 실험 환경 1

그림 4의 원격조정보트에 모뎀을 설치하여 강가에서 10 ~ 50 m 떨어진 위치에서 데이터를 송신하고, 강변에 수신 모뎀을 설치하여 신호를 수신함으로써 모뎀의 송수신 성능을 측정하였다. 실험 장소의 수심은 2 ~ 8 m이고 유속은 약 0.2 m/s이며, 강이 흐르는 속도로 보트를 떠내려 보내며 성능 변화를 관찰하였다.

4. 결론

본 연구에서는 70 kHz의 초음파를 사용하는 진폭변조 방식의 수중 음향 통신 모뎀을 구현하고, 성능 검증을 위해 북한강에서 실험을 수행하였다. 실험을 통해 통신 거리 50 m, 전송 속도 200 bps, BER 성능의 결과를 얻었으며, 통신 위치에 따른 다중신호간섭 영향의 변화에 의해 수신 성능이 변화하는 것을 관찰하였다.

향후, 더욱 면밀한 실험이 필요하며, 결과 분석을 통해 정확한 원인을 밝혀내야 한다. 또한 이러한 현상을 극복하기 위한 신호 처리 기법 연구 및 하드웨어 설계에 대한 연구를 수행함으로써 모뎀의 성능이 향상될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음.
(NIPA-2011-C1090-1121-0001)

참고문헌

[1] Teledyne Benthos, Inc. <http://www.teledynebenthos.com>
 [2] LinkQuest, Inc. <http://www.link-quest.com>
 [3] Jun-Ho Jeon, Tae-Hee Won, Hunchul Cho and Sung-Joon Park, "Implementation of a micro-modem for underwater wireless sensor networks," in Proc. IEEE OCEANS 2011, Santander, Spain, Jun. 2011.