

# 수중무선통신 시스템 개발 및 성능시험

\*임용곤, 박종원, 김승근, 최영철, 김시문, 변성훈  
한국해양연구원 해양시스템기술연구본부  
e-mail : yklim@moeri.re.kr

## Development and It's Real-sea Test of an Underwater Acoustic Communication System

\*Yong-Kon Lim, Jong-Won Park, Seung-Geun Kim, Youngchol Choi,  
Sea-Moon Kim, Sung-Hoon Byun  
Ocean Exploration System Research Division, Korea Ocean Research &  
Development Institute(KORDI)

### I. 서론

#### Abstract

We present an implementation and it's real-sea test of an underwater acoustic communication system, which allows the system to reduce complexity and increase robustness in time variant underwater environments. For easy adaptation to complicated and time-varying environments of the ocean, all-digital transmitter and receiver systems were implemented. For frame synchronization the CAZAC sequence was used, and QPSK modulation/demodulation method with carrier frequency of 25kHz and a bandwidth of 5kHz were applied to generate 10kbps transmission rate including overhead. To improve transmission quality, we used several techniques and algorithms such as adaptive beamforming, adaptive equalizer, and convolution coding/Viterbi decoding. For the verification of the system performance, measurement of BER has been done in a very shallow water with depth of 20m at JangMok, Geoje. During the experiment, image data were successfully transmitted up to about 9.6km.

일반적인 통신매체로서 많이 사용되고 있는 광파나 전자파는 수중에서 거리에 따른 급격한 신호 감쇠현상 [1]을 갖고 있어, 전송거리가 수백 m의 범위 이상에서 사용할 수 있는 범용의 수중 통신에 있어 초음파가 유일한 통신 전달매체로서 사용되고 있다.

육상에서 빛의 속도로 전파되는( $3 \times 10^8$  m/s) 전자기파와 달리, 수중에서 음파는 약 1,500m/s의 속도로 전파되어 전파 지연 시간은  $2 \times 10^5$ 배인 약 0.67s/km가 된다[1]. 수중의 무선통신은 1~4km의 전송거리를 가져야 하는데, 수 kbps~수십 kbps로 육상의 통신 시스템에 비해 매우 낮은 전송속도를 갖는 특징을 가지고 있다. 또한, 수중음향 통신환경은 표면과 바닥면 등에 의한 반사파가 존재하여 수신된 신호에 직접 신호이외에 반사파가 섞여 수신되는 다중경로 효과가 존재하며, 수중에서 전송되는 신호는 부유물과 파도에 의해서 음파의 산란 현상, 공간적 퍼짐 현상과 흡음 등과 같은 현상으로 인해 신호가 손실된다[1]. 따라서, 수중환경에서 초음파를 이용한 수중통신 시스템 개발을 위해서는 열악한 통신환경에 강인하도록 설계되어야 하며, 본 논문에서는 시변 수중환경에서 수중 초음파를 이용한 통신시스템의 구현결과와 실험적 성능시험 결과를 기술하고 있다.

## II. 본론

그림 1은 본 논문에서 설계한 수중음향 데이터 통신 시스템의 구성도를 보여준다. 그림에서 데이터는 수중영상의 샘플을 채취하여 디지털화된 영상정보(8bit 그레이, 132\*100)를 사용하였으며, 주파수 효율이 우수한 QPSK 변복조 방식, 프레임기반 동기방식, 적응 등화기, 빔형성기, 부호화 기법 및 Block Interleaving 등의 신호처리 기법을 사용하여 설계하였다.

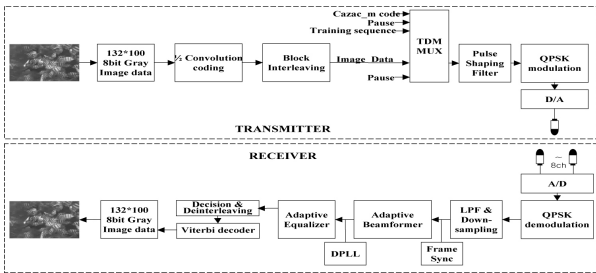


그림 1. 수중 음향 데이터 통신 시스템의 구성도

본 논문에서는 1/2 convolution 부호화 기법 및 Viterbi 기법을 이용하여 통신오류가 발생하더라도 부호화된 데이터를 이용하여 데이터 복구가 가능하도록 설계하였다. 실제 수중음향 통신채널은 시간에 따라서 변화하는 다중경로 전파특성으로 인해서 오류가 연속적으로 발생하게 되는데, 오류가 시간 영역에서 독립적으로 발생하도록 데이터를 분산시키는 방법인 Block Interleaving 방식을 사용하여 설계하였다. 해저면과 표면의 반사로 인한 다중경로는 수중에서의 초음파 통신에 가장 크게 전송성능에 영향을 주는 요인으로서, 다중경로를 상쇄하기 위하여 적응 등화기(Adaptive Equalizer)와 광대역 빔형성기가 혼합된 구조를 갖도록 설계하였다. 또한, CAZAC Sequence를 사용한 데이터 도움(Data-Aided) 방식에 의한 프레임 동기방식을 사용하여 설계하였다. 한정된 주파수 대역폭의 효율을 극대화하기 위해서 QPSK 변복조 방식을 적용하였으며, I채널과 Q채널에 반송주파수로 천이하는 과정에서 계산량을 줄이기 위해서 Look-up table 방식의 QPSK 시스템으로 설계하였다[2][3].

## III. 구현 및 실험 결과

설계되어진 알고리즘에 대한 성능검증을 하기 위해서 DSP(Digital Signal Processing) 프로세서 기반의 수중음향 데이터 통신 시스템을 구현하였으며, 그림 1의 초음파 센서와 증폭기를 제외한 모든 알고리즘을 DSP

상에서 구현하는 All Digital 수중음향 데이터 통신 시스템을 제작하였다. 2007년 11월 거제도 근해에서 구현된 시스템에 대한 성능시험을 하였으며, 수심 15m에서 9.7km의 거리에서 10kbps의 전송속도로 수중통신 시험에 성공하였다.



그림 2. 제작된 수중음향통신 시스템

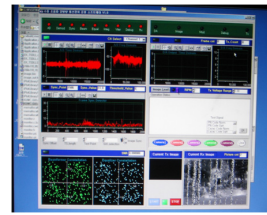


그림 3. 수중음향 데이터 통신시스템 실험역 시험결과

## IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 수중에서 초음파를 이용한 데이터 통신 시스템에 대한 설계·구현 및 실험에서의 성능시험 결과를 보여준다. 수중에서 초음파를 이용한 데이터 통신 시스템 구현결과는 실험역 시험을 통해서, 다중경로의 영향이 큰 천해 수평채널 환경에서 9.6km 전송거리에서 최초로 10kbps의 전송속도로 데이터를 성공적으로 전송하였음을 소개하였다. 또한, 프레임 동기방식, Look-up Table 방식의 QPSK 변복조 기법, 적응 등화기와 빔형성 혼합 구조 등을 최초로 적용하여, 실험역 시험을 통해서 성능검증을 보여주었다.

### 후기

해양수산부 “수중무선통신시스템 개발” 사업의 연구 결과의 일부이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

### 참고문헌

- [1] Xavier Lurton, *An Introduction to Underwater Acoustics*, Springer, Dec. 2002
- [2] 박종원 외, “초음파를 이용한 수중 버스트 전송에서 높은 과샘플을 기반 QPSK 수신기의 프레임 동기방안,” 한국음향학회지 24권 8호, pp.462-468, 2005.11
- [3] 김승근 외, “Phase Tracking Loop Parameter Computing Algorithm in the Underwater QPSK Transmission,” ISOPE2005, vol.2, pp.336-341, 2005.6