

수중 가시광 통신을 이용한 블랙박스 데이터 회수 시스템 연구

Study on Underwater Black Box Data Recovery System using Optical Wireless Communication

손현중¹ · 최형식^{1*} · 강진일² · 서주노³ · 정성훈³ · 이재현¹ · 김서강¹

¹한국해양대학교 기계공학과

²한국해양대학교-한국해양과학기술원 해양과학기술전문대학원

³한국해양대학교 산업기술연구소

Hyeon-joong Son¹ · Hyeung-sik Choi^{1*} · Jin-il Kang² · Joo-no Sur² · Seong-hoon Jeong³ · Jaeheon Lee¹ · Seo-kang Kim¹

¹Department of Mechanical Engineering, Korea Maritime and Ocean University, Busan, 49112, Korea

²Department of Convergence Study on the Ocean Science and Technology, Ocean Science and Technology School, Korea Maritime and Ocean University-Korea Institute of Ocean Science and Technology, Busan, 49112, Korea

³Research Institute of Industrial Technology, Korea Maritime and Ocean University, Busan, 49112, Korea

[요 약]

블랙박스 본체를 회수하지 않고도 블랙박스의 정보나 수중 장비의 기록된 정보 등을 회수할 수 있도록 빛을 이용하는 수중 무선 광 통신 시스템은 매우 요긴하다. 본 논문에서는 탁도가 높은 천해환경에서 수중 가시광 통신 시 발생하는 노이즈 원인을 분석하고 이러한 환경에서도 노이즈를 효과적으로 제거하면서도 광 검출 신호의 최대 전압 스윙을 향상시킬 수 있는 기준신호 기반의 광 검출 센서 기술을 연구하였다. 그리고 개발한 통신 시스템의 성능을 입증하기 위해 광 무선통신 시스템을 제작하고 탁한 해수가 담긴 수조에서 송수신 시험을 수행하여 개발한 광 무선통신 기법이 실제로 효과가 있음을 검증하였다.

[Abstract]

Underwater wireless light communication system is quite necessary to retrieve recorded data from underwater devices or the black box without taking back its body. In this paper, a research on the light sensor technology in underwater wireless light communication under turbid sea was studied. A noise source under turbid sea for light communication was analysed, and a sensor system for light sensing using the reference light signal to remove the noises and to improve the output swing power was studied. Also, an underwater communication system was manufactured to validate the good performance of the development system, and using the system, the good performance of the developed system was validated through the light communication test in the tank containing the turbid sea water was presented.

Key word : Black box, Underwater wireless light communication, Turbid sea, Reference light signal.

<https://doi.org/10.12673/jant.2019.23.1.61>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 23 January 2019; Revised 28 January 2019
Accepted (Publication) 26 February 2019 (28 February 2019)

*Corresponding Author; Hyeung-sik Choi

Tel: +82-51-410-4297

E-mail: hchoi@kmou.ac.kr

I. 서론

선박 또는 항공기가 사고로 인하여 추락 또는 침몰될 경우에 사고발생 원인규명을 위해 블랙박스에 저장된 데이터를 필수 자료로 활용한다. 일반적으로 블랙박스에 저장된 데이터를 회수하기 위해서는 사고로 수중에 가라앉은 선박 또는 항공기를 인양하거나 심해수색장비를 투입하여 블랙박스 본체를 회수해야 하므로 큰 비용과 많은 시간을 필요로 한다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 선박항해기록장치 (VDR)는 선박이 침몰하면 자동으로 부풀어 올라 물에 떠오르게 하고 특수한 위치표시 신호를 발신하여 쉽게 발견되도록 하고 있으나, 선박이 침몰되는 방향이나 각도에 따라 VDR이 해수면으로 떠오르지 못하는 경우가 많고 VDR과 선박이 연결되는 연결선 길이에 한계가 있어 선박이 수천 미터에 이르는 심해로 가라앉게 되면 무용지물이 되는 문제점이 있었다.

블랙박스 회수의 목적은 본체 안에 있는 데이터회수가 목적이므로, 만일 수중에서 무선으로 많은 양의 데이터를 고속으로 내려 받을 수 있다면 블랙박스 본체를 회수하지 않고도 블랙박스의 정보나 수중 장비의 기록 정보 등을 온전히 회수할 수 있을 것이다.

본 연구는 광신호가 수중에서의 데이터 고속 송수신에 적합하다고 보고, 블랙박스 본체를 회수하지 않고도 블랙박스의 정보나 수중 센서 정보 등을 회수할 수 있도록 빛을 이용한 수중에서의 무선 가시광 고속통신 시스템 및 센서 개발에 대한 연구이다.

II. 블랙박스 데이터 회수용 수중통신 기술

현재 음향파 통신은 수중에서 장거리 전파가 가능하지만 낮은 대역폭 문제점에 의해 수중에서 많은 용량의 데이터를 고속으로 전송하기 어렵다[1]. 이를 해결하기 위한 방안으로 미국 우즈홀 해양연구소 (WHOI) 등에서 청색광 레이저 및 LED를 이용한 수중 고속통신 연구를 2006년도부터 꾸준히 진행해 왔으며 대양에서 세계적으로 주목할 만한 성과를 거두고 있다[2]. 또한 영국의 음향파 통신장비 분야의 유명 업체인 소나다인사 (sonardyne international ltd.) 는 우즈홀 해양연구소와 기술협약을 통해 수중 광무선통신 모뎀을 상용화 하는 등 관련 시장이 크게 성장하고 있다.

반면 대한민국 주변 수역은 수심이 낮은 천해환경이 대부분으로 대양에 비해 높은 탁도에 의한 산란, 주변광에 의한 노이즈 영향을 받기 용이하기 때문에 통신속도와 통신거리를 비약적으로 늘리기 어려운 점이 있다.

따라서 탁도가 높은 대한민국 천해환경에서 수중 가시광 통신 시 발생하는 다양한 문제점들의 근본적인 원인을 과학적으로 분석하고 이러한 환경에서도 노이즈를 효과적으로 제거하면서도 광 검출 신호의 최대 전압 스윙을 향상시킬 수 있는 광

검출 센서 기술을 개발하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 이 문제점을 해결하기 위해 노이즈를 효과적으로 제거하면서도 광 검출 신호의 최대 전압 스윙을 향상시킬 수 있는 수중 가시광 통신 시스템을 개발하였고 개발한 통신 시스템의 성능을 입증하기 위해 광 무선통신 프로토타입을 제작하고 탁한 해수가 담긴 수조에서 송수신 테스트를 수행하여 개발한 광 통신 기법이 효과가 있음을 확인하였다.

III. 수중 LED 광 무선통신 모뎀 기술

한국해양대학교에서는 수중 광 무선통신 기반기술을 확보하고자 관련 연구를 2013년도부터 꾸준히 진행하여 현재 천해에서 최대 통신속도 4 Mbps, 최대 통신거리 20 m 수준에 도달하였으며, 이는 영국 Sonardyne 사에서 상용화 중인 천해용 수중 광 통신 모뎀 (BlueComm 100)의 사양이 천해에서 최대 통신속도 5 Mbps, 최대 통신거리 10 m 인 점을 비교하면 통신속도는 낮으나 통신거리는 10 m 더 우수한 수준의 성능이다[3]. 그림 1은 한국해양대학교에서 개발해온 광 무선 통신 장치를 함께 나타낸 것이다. 그리고 (주)BORsys에서 한국해양대학교의 기술을 이전 받아 제작, 상용화한 수중 광무선 통신모뎀 BOLcomm 200 (천해 200 m 용)의 외형 사진과 사양을 그림 2에 나타내었다.



그림 1. 한국해양대학교 개발 광무선통신 모뎀
Fig. 1. Optical modems of KMOU.

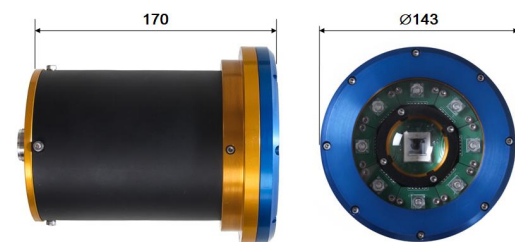


그림 2. (주)볼시스에서 개발, 상용화 중인광무선통신모뎀 (BOLcomm 200)
Fig. 2. Underwater optical communication modem of BORsys co., ltd. (BOLcomm 200)

표 1. 514nm 파장에 대한 다양한 해수의 감쇠계수

Table 1. Attenuation coefficient of various seawater @ 514nm.

Water Type	absorption coefficient a(/m)	scattering coefficient b(/m)	attenuation coefficient c(/m)
Pure water	0.0405	0.0025	0.043
Ocean sea water	0.114	0.037	0.151
Costal sea water	0.179	0.219	0.398
Turbid harbor	0.266	1.824	2.19

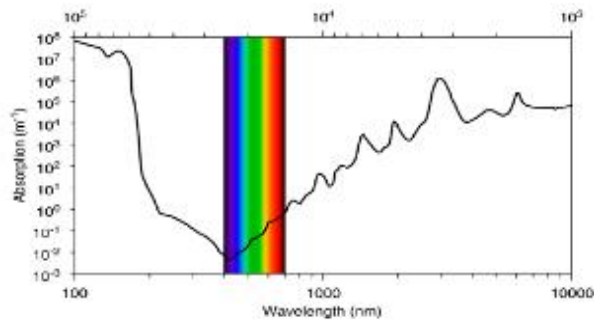


그림 3. 수중에서 파장에 따른 광 감쇠
Fig. 3. Underwater light absorption.

IV. 탁한 해수에서 통신거리 개선 연구

4-1 해수를 투과하는 광의 감쇠 분석

해수를 투과하는 광의 변화를 이론적으로 예측할 때 고려되는 것은 파장에 따른 해수 물 분자의 흡수계수와 해수에 분포해 있는 부유물, 플랑크톤 등에 의한 산란계수가 있으며, 흡수계수와 산란계수의 합으로 구해지는 감쇠계수는 수중 가시광 통신의 성능을 결정하는 중요한 변수이다. 표 1은 다양한 해수환경에서 514 nm 파장의 광에 대한 광 파장에 대한 흡수, 산란, 감쇠계수를 나타낸 것이다[2].

흡수계수는 물 분자가 가지는 고유한 성질로서 수역에 따라 값이 크게 변하지 않고 그림 3과 같이 광의 파장에 의존하는 특징을 보인다. 반면 산란계수는 탁도에 관련이 있고 수역의 탁도 정도에 따라 계수값이 크게 변화하는 특징이 있다.

4-2 해수를 투과하는 광의 감쇠 분석

탁도가 있는 수중 채널을 투과하는 광은 그림 4와 같이 수중에 분포해 있는 입자와 충돌하여 불확실한 경로로 산란하다가 광 수신기 센서에 도달하여 노이즈를 발생시키는 주원인이 된다[2]. 그림 5는 담수와 탁한 해수를 투과하는 광을 실제로 검출한 파형이다.

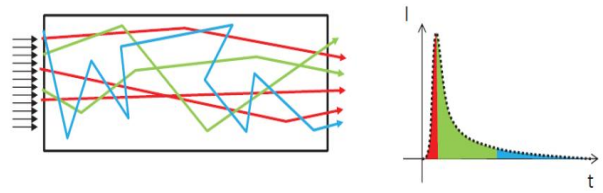


그림 4. 탁한 수중 채널을 투과하는 광선의 진행경로 예시
Fig. 4. An example of the path of light rays passing through a turbid underwater channel.

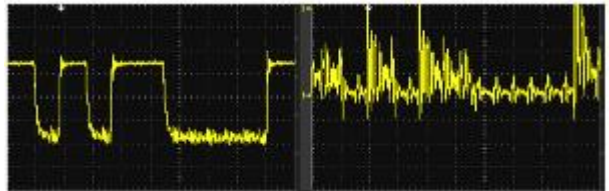


그림 5. 담수를 투과한 광 신호 / 탁한 해수를 투과한 광 신호
Fig. 5. Optical signals transmitted through fresh water / Optical signals transmitted through turbid seawater.



그림 6. 주변 광 간섭을 받는 신호 / 정상 신호
Fig. 6. Interfered signals by ambient light / Normal signal.

4-3 천해에서의 주변광이 발생시키는 노이즈 분석

천해에서는 태양광에 의한 주변 광 간섭이 발생하기 용이하며, 광센서 출력신호 관점에서 주변 광 간섭은 원치 않는 DC Offset 을 일으켜 광 검출 신호의 최대 전압 스윙을 약화시키게 되므로 광 검출 신호 복원을 어렵게 한다. 그림 6은 그 예시를 나타낸 것이다.

표 2. 우즈홀 해양연구소 수중 가시광통신 모듈 사양 (2015)
Table 2. WHOI optical modem spec (2015).

Rate	Range [m]	Angle	Technology [receiver / source]
1 Mbps	138	Hemisphere	PMT / LED
10 Mbps	108	Hemisphere	PMT / LED
15 Mbps	80	Hemisphere	PMT / LED

4-4 국내외 해양환경과 수중 가시광 통신 기술 분석

대양에서는 유기물, 모래입자 등의 부유물이 적어 산란계수가 적고 심해로 내려갈수록 태양광에 의한 간섭도 받지 않으므로 심해에서의 수중 가시광 통신은 통신거리와 통신속도를 높이기 수월하다. 미국 우즈홀 해양연구소에서 개발한 광통신 시스템은 대서양 및 태평양 심해환경에 사용하도록 설계되어 있으며 반도체 광센서에 비하여 매우 높은 광전이득을 가지는 PMT(Photo multiplier tube) 센서를 사용하여 대양의 심해에서 최대 15 Mbps의 통신속도와 최대 138 m의 통신거리를 달성하였다. 표 2는 2015년 기준으로 우즈홀 해양연구소가 개발한 심해용 광통신 모뎀 기술의 사양을 나타낸 것이다[4].

반면 대한민국 주변의 수역은 수심이 낮은 천해환경으로 대부분 해저 저질이 펄 (Mud) 이어서 조류나 파랑에 의해 부유하는 펄 입자, 유기물질 등이 일으키는 산란의 정도가 매우 크다. 이러한 천해 환경에서 PMT와 같이 매우 민감한 광 검출 센서는 노이즈 요소에 의한 잡음광신호도 같이 증폭을 하게 되므로 센서 기술만으로는 천해 환경에서 실제 적용이 어렵다. 그래서 수중 가시광 통신 성능을 높이기 위해 산란, 주변광에 의한 노이즈를 효과적으로 제거하면서도 광 검출 신호의 최대 전압 스윙을 향상시킬 수 있는 방법이 필요하다.

4-5 노이즈에 강한 수중 광통신 센서 시스템 프로토타입 제작

앞서 연구한 내용을 기반으로 노이즈를 효과적으로 제거하면서도 광 검출 신호의 최대 전압 스윙을 향상시킬 수 있는 통신기법을 개발하고 개발한 통신기법의 효과를 실제 수중통신 실험으로 입증하기 위해 통신모뎀 프로토타입을 제작하였다. 본 연구에서 개발한 노이즈에 강한 통신 기법은 송신부에서 보내는 기준 통신 모듈을 노이즈 있는 측정 광통신 신호와 비교하여 노이즈 있는 신호를 복원하는 방법이다.

광 트랜스미터 광원으로는 BLUE LED와 BLUE laser를 사용할 수 있으며 본 논문에서는 BLUE LED를 광원으로 사용하였다. 기본적으로 LED, LED driver, Collimate lens가 한 세트모듈로 구성되며 총 2개 모듈을 구성하였다. 그림 7은 제작한 광 트랜스미터의 외형을 나타낸 것이다.

광 수신기에서 광 검출 센서에서 출력되는 전류신호는 전단 증폭기를 거쳐 전압신호로 변환된다. 변환된 전압신호를 각종 주파수 대역필터나 신호처리를 거치도록 하는 것이 일반적이지만, 본 논문에서는 개발한 방법이 노이즈를 얼마나 효과적으로 제거하면서 신호를 복조할 수 있는지 확인하기 위해 전단 증폭기 이후 단계에 어떠한 필터나 신호처리를 일체 사용하지 않았다. 그림 8은 제작한 광 수신기의 외형을 나타낸 것이다.

4-6 개발 광통신 시스템의 성능실험



그림 7. 광 트랜스미터 프로토타입 전면 / 광 트랜스미터 프로토타입 후면

Fig. 7. Optical transmitter prototype front / Optical transmitter prototype back.

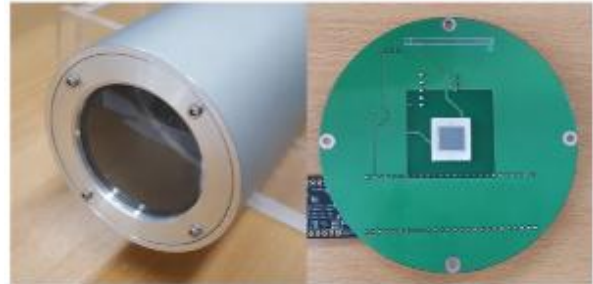


그림 8. 제작한 광 수신기 프로토타입 / 센서 유닛

Fig. 8. Optical receiver prototype / Sensor unit.

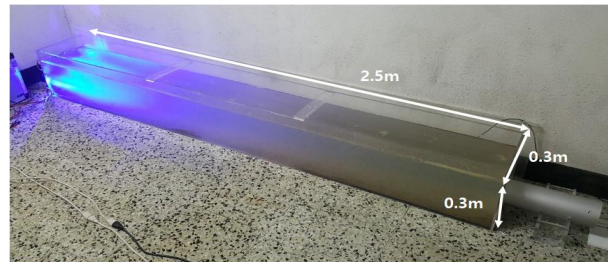


그림 9. 탁한 해수가 담긴 아크릴 수조

Fig. 9. Acrylic water tank with turbidity seawater.

제작한 광무선 통신 시스템의 성능을 평가하기 위해 탁한 해수가 담긴 아크릴 수조를 제작하였다. 그림9과 같이 아크릴수조는 가로 2.5 m, 세로 0.3 m, 높이 0.3 m 크기로 양쪽 면이 투명한 아크릴로 제작되어 있어 광통신 장치를 별도로 방수처리 하지 않고도 해수 채널에서 송수신 실험을 할 수 있는 이점이 있다. 아크릴 수조에 담긴 해수는 한국해양대학교 앞바다에서 채취한 해수에 바다모래를 섞어 탁도를 높인 것이며, 주변광에 의한 노이즈도 제거할 수 있는지 확인하기 위해 별도의 암실처리를 하지 않고 주변광에 노출되도록 하였다.

본 실험을 위해 구성된 광신호를 확산시키고 흡수하며 회절시키는 불확실한 해양환경에서 광신호를 수신할 때 발생하는 신호의 노이즈를 하드웨어적인 회로를 구성하여 검출 신호의 노이즈 제거와 신호 복원을 다음의 절차로 수행하였다.

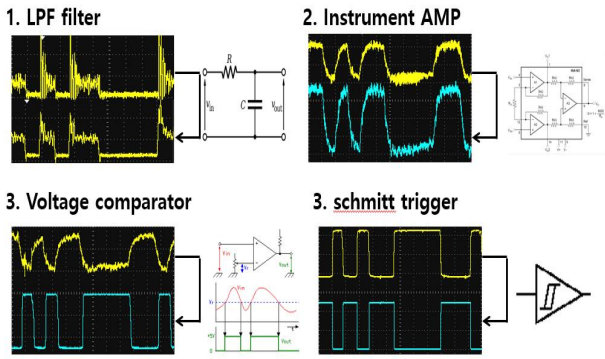


그림 10. 센서신호 복조 과정
 Fig. 10. Demodulation process of the sensor signal.

표 3. 시험한 탁도 레벨과 테스트 파형
 Table 3. Turbidity level and test wave type.

Turbidity level	Test wave type
Turbidity level 1 Clear seawater (2 NTU)	Continuous square wave
Turbidity level 2 Turbid seawater (2 NTU)	1 Mhz, 2 Mhz, 3 Mhz, 4 Mhz

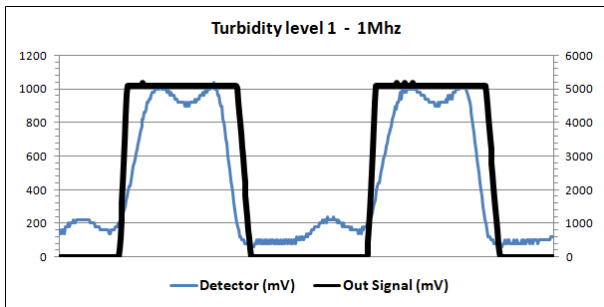


그림 11. 맑은 해수채널 실험 - 1 MHz 구형파
 Fig. 11. Clear seawater test - 1 MHz square wave.

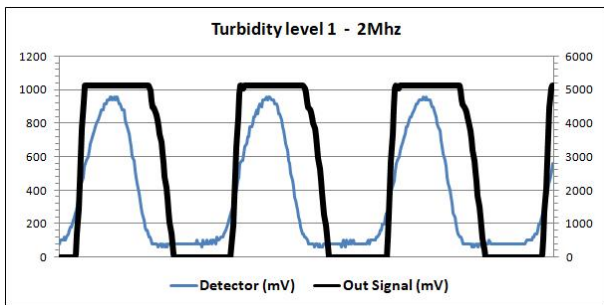


그림 12. 맑은 해수채널 실험 - 2 MHz 구형파
 Fig. 12. Clear seawater test - 2 MHz square wave.

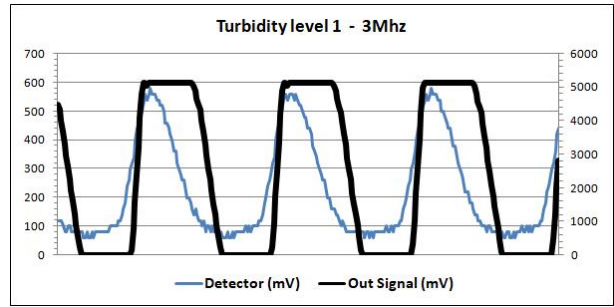


그림 13. 맑은 해수채널 실험 - 3 MHz 구형파
 Fig. 13. Clear seawater test - 3 MHz square wave.

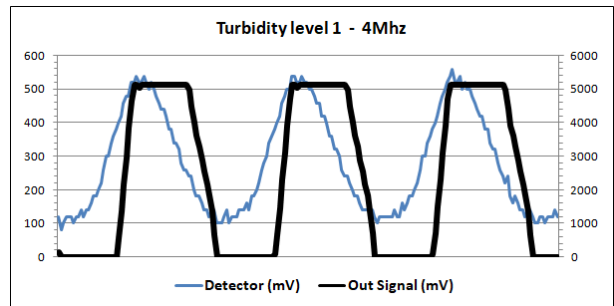


그림 14. 맑은 해수채널 실험 - 4 MHz 구형파
 Fig. 14. Clear seawater test - 4 MHz square wave.

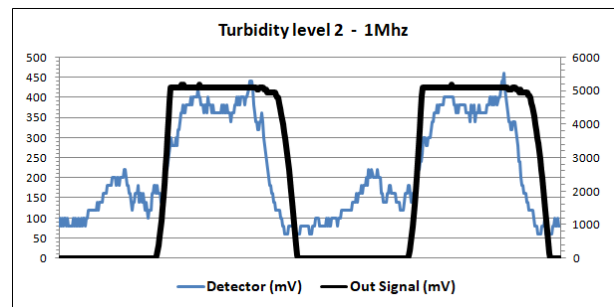


그림 15. 탁한 해수채널 실험 - 1 MHz 구형파
 Fig. 15. Turbidity seawater test - 1 MHz square wave.

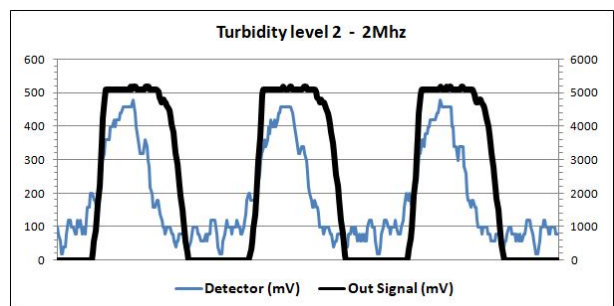


그림 16. 탁한 해수채널 실험 - 2 MHz 구형파
 Fig. 16. Turbidity seawater test - 2 MHz square wave.

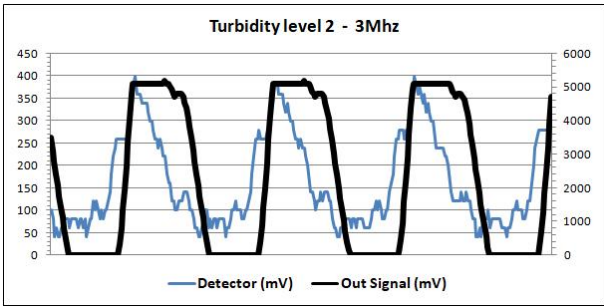


그림 17. 탁한 해수채널 실험 - 3 MHz 구형파
 Fig. 17. Turbidity seawater test - 3 MHz square wave.

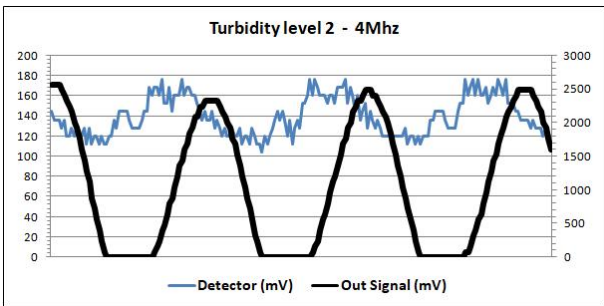


그림 18. 탁한 해수채널 실험 - 4 MHz 구형파
 Fig. 18. Turbidity seawater test - 4 MHz square wave.

이과정은 일차로 LPF필터로 노이즈를 제거하고 계측증폭기로 충분한 전압을 얻을 때까지 증폭합니다. 이어서 기준전압이 미리 설정된 전압비교기를 통과하면 구형파로 복원이 되며 슈미트트리거로 다듬어 완전한 구형파를 얻을 수 있도록 하였다.

본 논문에서는 광신호를 확산시키고 흡수하며 회절시키는 불확실한 해양환경에서 광신호를 수신할 때 발생하는 신호의 노이즈를 하드웨어적인 회로를 구성하여 검출 신호의 노이즈 제거와 신호 복원을 하는 연구를 하였습니다. 탁도가 있는 해수채널을 통과한 광 신호가 왜곡된 정도와 개발한 방법으로 복원된 신호파형을 오실로스코프로 측정, 서로 비교하여 분석하는 것으로 신호복원 성능을 입증하기 충분할 것으로 사료되어, 광 트랜스미터의 LED 개당 출력을 최대 5 W로 제한을 걸고 광 수신기가 최소로 검출 가능한 정도까지 바다모래를 해수에 섞도록 하는 방식으로 탁도값을 조정하였다. 다음 표 4는 본 실험에서 설정한 탁도 레벨과 실험할 신호파형을 정리한 것이다.

그림 11부터 그림 18까지는 두 가지의 탁도 조건에서 연속 구형파를 최대 4 MHz 까지 1 MHz 단위로 증가시키면서 송신-수신 실험을 하였을 때, 광 검출센서 출력신호, 최종출력 신호를 오실로스코프로 계측하여 저장한 데이터를 취합하여 나타낸 것이다. 그림들에서 굵은 신호파형은 기준 신호 파형을 바탕으로 복원한 신호이다.

실험결과, 바다모래를 섞지 않은 맑은 해수 (탁도 레벨 1) 에서의 수신 파형은 굵은 Out signal로 매우 선명하여 일반적인 신호처리 방법으로 충분히 복조할 수 있을 만큼 양호한 파형을 확

인할 수 있는 반면, 바다모래를 섞은 탁한 해수 (탁도 레벨 2) 시험단계부터는 센서 출력 신호의 전압스윙이 급격히 낮아지고 탁도와 주변광에 의한 노이즈가 많이 발생함을 비교해 볼 수 있다. Rise & Falling time은 40ns 정도이고, Duty cycle은 50% 이다. 여기에 본 논문에서 개발한 통신방법을 적용하여 별도의 신호처리를 적용하지 않고도 탁도와 주변광에 의한 노이즈를 효과적으로 소거하면서 전압스윙을 최대치에 가까운 수준으로 완벽히 복조할 수 있음을 확인할 수 있었다.

V. 결 론

본 논문은 광신호가 수중에서의 데이터 고속 송수신에 적합하다고 보고, 블랙박스 본체를 직접 회수하지 않고도 블랙박스의 정보나 수중 센서 정보 등을 회수할 수 있도록 빛을 이용한 수중에서의 무선 가시광 고속통신 시스템 및 센서를 개발하였다. 특히 탁도가 높은 대한민국 전해환경에서 수중 가시광 통신 시 발생하는 다양한 문제점들의 근본적인 원인을 과학적으로 분석하고 이러한 환경에서도 노이즈를 효과적으로 제거하면서 광 검출 신호의 최대전압 스윙을 향상시킬 수 있는 기준신호 기반의 광 검출 센서 기술을 개발하였다. 그리고 개발한 통신 시스템의 성능을 입증하기 위해 광 무선통신 시스템을 제작하고 탁한 해수가 담긴 수조에서 송수신 시험을 수행하여 개발한 광 무선통신 기법이 실제로 효과가 있음을 검증하였다. 이와 같은 기술을 본 연구를 통해 개발된다면 선박사고 발생 시 대형장비나 블랙박스 자체의 회수가 필요 없이 비교적 간단하게 블랙박스 내의 정보 회수가 가능해질 것이다.

또한 본 연구를 통해 개발된 기술은 블랙박스뿐만 아니라 해양환경의 모니터링을 위한 수중센서 (조류, 염도, 온도, 수중소음, 밀도 등)에 탑재되어 기존 방식보다 데이터회수를 위한 작업선, 다이버 등의 시간, 비용, 재설치 문제 등을 해결하여 비교적 저렴하게 수심이 깊은 지역에서도 수중 데이터 회수가 가능하다는 장점이 있을 것이다.

Acknowledgments

본 과제 (결과물)는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 사회맞춤형 산학협력 선도대학 (LINC+) 육성사업의 연구결과이며 산업통상자원부와 방위산업청의 재원으로 민군협력진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (민·군기술 적용연구사업, 연구과제번호: 18-SN-RB-01)로 수행된 결과임.

References

[1] H. Kaushal and G. Kaddoum, "Underwater optical wireless communication," in *Proceedings of SPIE - The International*

Society for Optical Engineering, IEEE Access, New Jersey: NJ, Vol 4, pp.1518-1547, 2016.

- [2] W. J. Cox, Simulation modeling and design of underwater optical communication systems, Ph. D. dissertation, North Carolina State University, NC, 2012.
- [3] H. J. Son, J. I. Kang, T. Nhat, S. K. Kim, and H. S. Choi, "Study on underwater optical communication system for video transmission," *The International Journal of Ocean System Engineering*, Vol. 32, No. 2, pp.143-150, 2018.

- [4] K. R. Son, "Performance analysis of the visible light communication in seawater channel," *The Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, Vol. 37, No.5, pp.527-532. 2013.
- [5] N. E. Farr, J. D. Ware, C. T. Pontbriand, and M. A. Tivey, "Demonstration of wireless data harvesting from a subsea node using a ship of opportunity," in *Proceeding of the 2013 Oceans-San Diego*, IEEE, San Diego: CA, pp.1-5, 2013.



손 현 중 (Hyeon-Joong Son)

2013년 2월 : 건양대학교 전자정보공학과 (공학사)
 2015년 2월 : 한국해양대학교 기계공학과 (공학석사)
 2017년 2월 ~ 현재 : 한국해양대학교 기계공학과 공학박사과정

※관심분야 : 수중 가시광 통신



최 형 식 (Hyeung-Sik Choi)

1983년 2월 : 고려대학교 기계공학 (공학사)
 1989년 2월 : 미국 사우스 캐롤라이나 대학원 기계공학 (공학석사)
 1993년 2월 : 미국 노스 캐롤라이나 대학원 로봇공학 (공학박사)
 1997년 5월 ~ 현재 : 한국해양대학교 기계공학부 교수

※관심분야 : 휴머노이드 로봇, 무인수중 로봇, 제어시스템, 제어이론



강 진 일 (Jin-Il Kang)

2008년 2월 : 한국해양대학교 기계공학과 (공학사)
 2010년 2월 : 한국해양대학교 기계공학과 (공학석사)
 2010년 6월~2015년 8월 : STX조선해양 생산기술연구소 근무
 2015년 9월~현재 : 한국해양대학교-한국해양과학기술원 해양과학기술전문대학원 박사과정

※관심분야 : 무인잠수정-수중매니플레이터시스템, 무인수상정 동역학해석, 수중로봇 제어



서 주 노 (Joo-No Sur)

1989년 9월 : 미국 해군대학원 (NPS) 기계공학과 (공학석사)
 1997년 6월 : 미국 캘리포니아 대학원 (UCSB) 기계공학과 (공학박사)
 1997년 6월 ~ 2011년 7월 : 해군사관학교 기계조선공학과 교수
 2014년 11월 ~ 현재 : 한국해양대학교 산업기술연구소 해양군사기술연구센터 센터장

※관심분야 : 해양무기체계, 수중항법, 제어, 경로계획



정 성 훈 (Seong-Hoon Jeong)

2004년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학 (공학석사)
 2007년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학 (공학박사)
 2003년 3월 ~ 2010년 7월 : 부산경상대학교 멀티미디어컴퓨터과 교수
 2010년 8월 ~ 현재 : 한국해양대학교 산업기술연구소 산학연구교수

※관심분야 : 무인화 시스템, 자율운항선박, 해상통신, ICT 융·복합 기술



이 재 현 (Jae-Heon Lee)

2018년 2월 : 한국해양대학교 기계시스템공학과 (공학사)
2018년 3월 ~ 현재 : 한국해양대학교 기계공학과 대학원 석사과정 재학
※관심분야 : 무인 수상정 설계, 무인 잠수정 설계



김 서 강 (Seo-Kang Kim)

2017년 2월 : 한국해양대학교 기계시스템공학과 (공학사)
2017년 ~ 현재 : 한국해양대학교 기계공학과 대학원 석사과정 재학
※관심분야 : 수중글라이더 및 플랫폼 설계