

수중 실시간 영상 송출 시스템 개발 및 이를 이용한 울릉도 어종의 계절변화 관찰

우민수*, 배창수*, 오도현*, 권명준*, 김윤배*
*한국해양과학기술원 울릉도·독도해양연구기지
e-mail: woominsu@kiost.ac.kr

Development of an Underwater Real-Time Video Transmission System and Observation of Seasonal Changes in Ulleung-do Fish Species Using This System.

Min-su Woo*, Chang-Soo, Bae*, Do-Hyun Oh*, Myeong-Jun, Gwon*, Yun-Bae,
Kim*

*Ulleungdo-Dokdo Ocean Science Station, Korea Institute of Ocean Science
Technology

요약

수중 실시간 영상 송출 시스템은 카메라의 라이브 스트리밍(Live-Streaming) 기능을 이용하여 수중의 고화질 영상을 온라인을 통해 송출하고 녹화하는 방법이다. 이 시스템은 기상 상황의 변수 및 불리한 접근성으로 인해 연속적인 모니터링이 어려운 국내 도서 지역을 연구하는데 유용한 방법이며, 높은 수중 투명도를 보이고 생태학적 가치가 높은 울릉도 해역에 2024년 4월 말에 설치되어 8월 말까지 약 4개월간 운용되었다. 이 시스템을 통해 송출되는 영상을 이용하여 사용자는 실시간으로 수중생태계를 모니터링할 수 있을 뿐만 아니라, 고화질로 녹화된 영상을 이용하여 시기별 어류상 및 해조류 등의 변화상을 확인할 수 있다. 실제 4개월의 고화질 영상을 이용하여 온대성 어종인 볼락의 경우 유의미하게 계절변화에 따른 개체 수 감소가 확인되었고, 망상어, 흑돔 같은 일부 온대성 어종의 경우에는 주간 시간대 출현 빈도가 감소하는 것을 확인하였다. 수중 실시간 화면 송출 시스템은 해양 연구 및 실시간 모니터링에 유용한 도구로 이용될 수 있으며, 해양생태계 변동을 연구하고 해양환경 변화에 대응하기 위한 데이터를 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

1. 서론

국내에서는 실시간 영상 송출이 보안 및 감시, 교통 및 운송 관리, 재난 대응, 관광 및 공공 참여, 교육 및 연구 등의 다양한 목적으로 널리 사용되고 있다. 이러한 시스템이 육상에서 널리 사용되고 있음에도 불구하고 현재 국내에서는 실시간 수중영상 송출 사례가 전무하다. 본 연구에서는 카메라의 라이브 스트리밍(Live-Streaming) 기능을 이용하여 수중에 설치된 카메라의 고화질 영상을 전송하고 녹화하는 수중 실시간 영상 송출 시스템을 소개한다. 이 시스템은 해양의 풍부한 생물다양성과 높은 투명도를 가진 울릉도 해역에 설치되었으며, 4개월에 걸쳐 연속적으로 수중영상을 송출하고 녹화함으로써 특히 수온 변화에 따른 생태계의 변화를 장기간 연속적으로 모니터링할 수 있었다. 뿐만 아니라 이 시스템은 대중의 참여와 경제

적 이익을 위한 상당한 잠재력을 가지고 있다. 국내 바다의 아름다움을 담아 생태관광 활성화에 활용하여 지역경제에 기여할 수 있다. 또한 실시간 모니터링 기능은 태풍 및 기타 자연 현상이 해양 환경에 미치는 영향을 추적하는 등 재난 대응의 목적을 지원할 수 있다.

2. 조사 및 분석 방법

시스템을 설치하고자 하는 지역의 선정 후 장기간 연속적 및 실시간으로 송출하기 위해 고려되어야 할 사항은 아래와 같다.

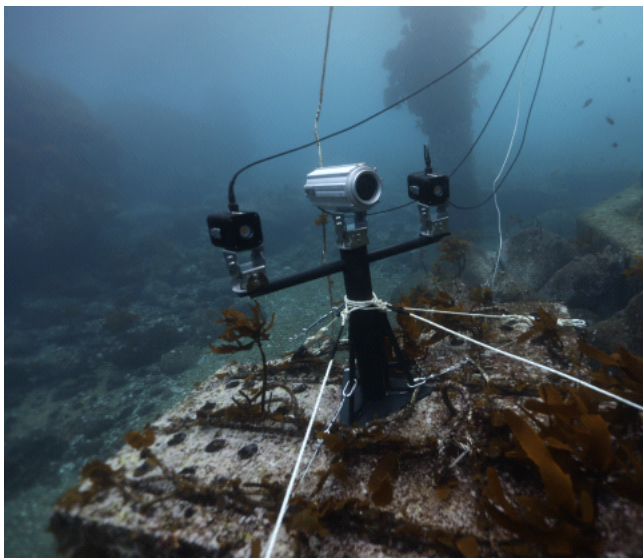
2.1 설치 장소 설정

카메라를 수중에 설치하고 영상을 송출하기 위해서는 수온, 수심, 조류 및 파도, 탁도, 전력 공급 및 인터

넷 환경 등 다양한 요인이 고려되어야 한다. 수온의 경우 저온에서는 카메라 배터리 성능의 저하, 고온에서는 동영상 촬영 시 발생하는 발열을 잡아주지 못해 촬영이 중단될 수 있다. 수심은 카메라의 방수 하우징 설계에 가장 중요한 부분이며 시스템이 설치될 장소의 예상 수심을 고려하여 제작되어야 한다. 강한 조류나 파도는 장비의 설치 위치와 방향에 큰 영향을 끼치며 또한 물리적인 손상을 방지하기 위한 견고한 마운팅 시스템(Mounting system)이 고려되어야 한다. 탁도는 촬영되는 영상을 통해 수중경관을 서비스하거나 연구 목적으로 사용하기 위해 투명도가 높은 장소를 선택하여야 하며, 실시간 송출을 위해서는 안정적인 전력 공급과 인터넷 환경을 제공할 수 있는 장소를 선택하여야 한다.



[그림 1] 수중 실시간 영상 송출 시스템 설치 위치



[그림 2] 수중 실시간 영상 송출 시스템 설치 모습

위 사항들을 고려하여 최종적으로 [그림 1]과 같이 울릉도 북쪽 천부 해중전망대(Cheonbu Underwater Observatory) 수중에 장비를 설치하였으며, [그림 2]와 같이 기설치된 십자 어초를 이용하여 마운팅 시스템을 고정하였다.

2.2 촬영 장비와 영상 송출 프로그램

촬영 장비는 자체 방송 송출 기능을 가지고 있는 Panasonic BS1H 비디오카메라를 사용하였고, 야간 촬영을 위해 카메라 좌우로 라이트를 설치하였다. 실시간 송출을 위해 OBS Studio 프로그램과 Youtube를 이용하였다. 영상은 Youtube 'KIOST 울릉도·독도해양연구기지' 공식 채널을 통해 2024년 4월 27일부터 시작하여 동년 8월 28일까지 실시간 방송되었다. 영상은 소리와 함께 최대 UHD 30프레임의 고화질로 송출되었고, 녹화는 용량을 고려하여 1시간 단위로 FHD 30프레임의 화질로 녹화되었다.



[그림 3] 왼쪽 상단부터 차례로 설치 카메라인 Panasonic BS1H, 방송 송출 프로그램인 OBS Studio 그리고 방송 채널인 KIOST 울릉도·독도해양연구기지 Youtube 채널

2.3 출현 어종의 확인

출현하는 어종 및 해양생물의 종을 분석하기 위해 1시간 간격으로 24시간 촬영된 2,304개(2,304시간, 138,240분)영상을 각각 10분당 1분 관찰하는 방식으로 확인하였다. 어류의 경우 도감을 활용하여 동정하였고, 동정이 어려운 개체의 경우 과, 목 수준으로 동정하였다.

3. 결과 및 고찰

총 3목 13과 18속 22종의 어종들이 울릉도 천부에 위치한 해중전망대 수중 실시간 송출 시스템을 통해 확인되었으며, 월별로 새롭게 관찰되거나 출현빈도의 변동이 있는 어종을 확인할 수 있었다. 월별로 지속적으로 출현하는 어종은 자리돔(*C. notata*)와 망상어(*D. temmickii*)였다. 주간시간대 지속적 출현 어종은 쥐노래미(*H. Otakii*), 뱀에돔(*P. punctata*), 긴꼬리뱀에돔

(*G. leonine*), 돌돔(*O. fasciatus*), 놀래기(*H. tenuispinis*), 용치놀래기(*P. poecilepterus*), 황놀래기(*P. sieboldi*), 복섬(*T. niphobles*) 등이 존재하였다.



[그림 4] 수중 실시간 영상 송출 시스템으로 확인한 어종. 왼쪽 상단부터 흑돔, 부시리, 볼락, 자리돔, 강담돔, 잭방어

3.1 월별 출현 빈도 감소사례

볼락(*S. inermis*)은 적정수온이 15~20℃의 온대성 어종으로 4월에서 6월까지 출현빈도가 높았으나 6월 중순 이후 감소하기 시작하여 7월 18일 이후 모습을 확인할 수 없었다. 부시리(*S. lalandi*)의 경우 4월에서 6월까지 700~1,000mm 정도의 대형개체들이 지속적으로 목격되었으나 7월 이후에는 대형개체의 출현이 감소되었고 500mm 정도의 중,소형개체 일부가 목격되었다.

3.2 월별 출현 빈도 증가사례

[표 1]과 같이 망상어(*D. temnickii*), 인상어(*N. ransonnetii*)의 경우는 4월에서 6월까지 우점하는 어종이었고, 7월 중순 이후부터는 전갱이, 긴꼬리벵에돔이 우점하는 모습을 보였다. 자리돔, 복섬, 돌돔의 경우 4월부터 8월까지 모두 높은 출현빈도를 보였다.

[표 1] 울릉도 천부 해중전망대에 설치된 수중 실시간 송출 시스템으로 확인한 어종 및 월별 출현 여부

Species	April	May	June	July	August	Climate Zone
볼락(<i>Sebastes inermis</i>)	●	●	◎	○	×	Subtropical
취노래미(<i>Hexagrammos otakii</i>)	○	◎	◎	◎	○	Temperate
능성어(<i>Hyporthodus septemfasciatus</i>)	×	×	△	○	○	Tropical
부시리(<i>Seriola lalandi</i>)	△	◎	○	○	○	Subtropical
방어(<i>Seriola quinqueradiata</i>)	×	○	○	◎	◎	Subtropical
잭방어(<i>Seriola dumerili</i>)	×	×	×	×	◎	Subtropical
전갱이(<i>Trachurus japonicus</i>)	○	◎	○	●	●	Tropical
긴꼬리벵에돔(<i>Girella leonina</i>)	◎	○	◎	●	●	Subtropical
벵에돔(<i>Girella punctata</i>)	●	●	◎	◎	◎	Temperate
망상어(<i>Ditrema temnickii</i>)	●	●	●	◎	◎	Temperate
인상어(<i>Neoditrema ransonnetii</i>)	●	●	●	◎	◎	Subtropical
자리돔(<i>Chronis notata</i>)	●	●	●	●	●	Subtropical
놀래기(<i>Halichoeres tenuispinis</i>)	◎	◎	◎	◎	◎	Tropical
용치놀래기(<i>Parajulis poecilepterus</i>)	◎	◎	◎	●	◎	Subtropical
황놀래기(<i>Pseudolabrus sieboldi</i>)	○	○	○	◎	◎	Subtropical
그물베도라치(<i>Dictyosoma burgeri</i>)	×	△	△	△	×	Temperate
두줄베도라치(<i>Petroscirtes breviceps</i>)	×	×	×	×	△	Tropical
말쥐치(<i>Thamnaconus modestus</i>)	×	×	×	○	◎	Tropical
복섬(<i>Takifugu niphobles</i>)	●	●	●	●	●	Temperate
돌돔(<i>Oplegnathus fasciatus</i>)	●	●	●	●	●	Temperate
강담돔(<i>Oplegnathus punctatus</i>)	×	×	△	×	×	Tropical
흑돔(<i>Semicossyphus reticulatus</i>)	○	○	◎	○	×	Subtropical

●: 우점 출현 ◎: 지속적 출현 ○: 간헐적 출현 △: 한시적 관찰 ×: 관찰되지 않음

3.3 수중 실시간 영상 송출 시스템의 한계 및 보완

이번 연구를 위해 수중에 설치되어 운영하였던 수중 실시간 영상 송출 시스템은 연구적 목적과 함께 수중의 모습을 대중에서 제공하는 서비스의 목적도 함께 고려되어 설계되었다. 실제 유튜브를 통해 공개되었던 실시간 수중 영상은 울릉도를 방문하는 관광객이나 바다를 좋아하는 일반인이 높은 관심을 보였고, 추후 이런 목적을 위해 시스템을 수정, 향상시켜 다양한 곳에서 운영할 예정이다. 다만 24시간 영상을 송출하기 위해 지속적인 전력공급과 인터넷 연결 등의 제약은 추후 해결해야 할 문제이다.

연구적 목적을 위한 이 시스템은 앞으로 보완해야 할 사항이 많다. 수중 영상을 녹화하는데 그치지 않고 수중의 음향을 녹음하거나, 영상과 함께 수온, 염분 데이터를 동시에 수집하는 것도 중요하다. 또한 획득된 방대한 양의 데이터를 사람이 직접 분석하는 것은 한계가 있다. 이에 획득한 수중영상을 딥러닝(Deep-learning)을 통해 자동으로 매일 출현하는 종을 분석하고, 분류하는 방식이 도입되어야 한다.

참고문헌

- [1] 김대혁, 신흥렬, 최민범, 최병주, 서광호, 권석재, 강분순, “초고해상도 등지격자 수치모델을 이용한 울릉도-독도 해역 해양순환모의”, 한국해양과학기술학회 32(6) 587-601, 2020년
- [2] Aguzzi, J., Iveša, N., Gelli, M., Costa, C., Gavrilovic, A., Cukrov, N., Cukrov, M., Cukrov, N., Omanovic, D., Štifanić, M., Marini, S., Piria, M., Azzurro, E., Fanelli, E., Danovaro, R., “Ecological video monitoring of Marine Protected Areas by underwater cabled surveillance cameras.”, Marine Policy, 119, 104052, 2020년.
- [3] 김진구, 유정화, 군혁준, 지환성, 박정호, 명세훈, 송영선, 이수정, 배승은, 장서하, 이우준, “한반도의 바다물고기”, 부경대학교, 2019년
- [4] 최윤, 김지현, 박종영, “한국의 바닷물고기”, 교학사, 2002년
- [5] 한경민, 최현택, “지능형 수중로봇의 연구 동향과 수중 영상처리 기술소개”, 전자공학회지, 제38권, 7호, pp. 533-537, 2011년.