

# 고래음향탐지시스템 구축 연구

## Study on construction of Whale Sound Detection System

최복경 (한국해양과학기술원)

Bok Kyoung Choi (Korea Institute of Ocean Science & Technology)

### <요약>

고래류는 인간이 해양에서 마지막까지 보존하여야 할 가치 있는 동물로 인식되고 있으며, 고래류는 생물소나로부터 발생된 수중음파를 활용하여 주변 환경 파악, 의사소통, 먹이사냥 등을 행하는 것으로 알려져 있다. 미국과 유럽 각국 등 해양국가에서는 고래류의 자원을 영구히 보존하기 위하여 고래류 자원분포, 발생음 특성, 청각 특성 및 서식환경에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 한국연안 고래류 자원분포 및 서식환경에 대한 해양과학적 탐지체계 연구가 부족한 실정이다.

한반도 주변해역에 대한 실시간 부이형 해양생물 관측시스템 구축이 필요하며, 수중 음향 환경을 관측할 수 있는 실시간 부이형 해양생물 관측시스템은 선배열형 수중음향센서, 대용량 파일 실시간 전송 시스템 및 고용량 배터리 등으로 구성된다.

고래음향탐지시스템 개발을 위해 해양과학기술(MT+ICT)을 접목하여 고래관광의 과학화를 실현하고, ICT를 기반으로 고래류 실시간 부이형 관측시스템 구성안을 제시하며, 실시간 고래류의 방사음 특성 및 음향특성 관측과 분석으로 고래 생태 파악 분석 알고리즘 제시하고자 한다.

이러한 연구결과는 우리나라 동남해역의 새로운 관광 콘텐츠로 개발 가능하며, 고래보기 관광 사업의 저변확대에 기여하고, 고래류의 음파특성 파악으로 회유 경로, 자원 분포 등에 관한 정보 제공할 수 있다.

### <Abstract>

Cetaceans are recognized as valuable animals that humans need to preserve until the last in the ocean, and are known to use sound waves generated from biosonars to identify their surroundings, communicate, and hunt for food. In order to permanently conserve cetacean resources in maritime countries such as the United States and European countries, research on cetacean resource distribution,

vocal sound characteristics, auditory characteristics and habitat environment is being actively conducted. But there is a lack of research on detection systems.

It is necessary to establish a real-time buoy-type marine life observation system for the waters surrounding the Korean Peninsula. The real-time buoy-type marine life observation system that can observe the underwater acoustic environment is equipped with a pre-heated underwater acoustic sensor, a large-capacity file real-time transmission system, and a high-capacity battery.

For the development of a whale acoustic detection system, marine science and technology (MT+ICT) is applied to realize the science of whale tourism and based on ICT. A real-time buoy-type observation system for cetaceans is proposed for the real-time observation of the radiation sound and acoustic characteristics of cetaceans. We would like to present an analysis algorithm for identifying whale ecology.

These research results can be developed as new tourism contents in the southeastern seas of Korea. It contributes to the expansion of the whale watching tourism business, and provide information on migratory routes and resource distribution by identifying the sound wave characteristics of cetaceans.

<Keywords> Whale Sound, Underwater Acoustic Detection, Vertical Line Array Acoustic System, Hydrophone

## 1. 서론

우리나라에서 제일 유명한 고래관광은 울산시청에서 운영하고 있는 장생포 고래문화특구가 있다. 고래문화특구에는 장생포고래박물관, 고래생태체험관, 고래바다여행선 및 고래문화마을이 구성되어 있다. 울산시청에서 관리하고 있는 국내 유일 고래바다여행선을 운영하고 있으며, 2014년 울산시청 자료에 의하면 고래바다여행선 운항 중 10회 참돌고래떼를 만난 것으로 나타났다. 고래바다여행선은 선장이 계절 및 날씨 등을 직접적인 경험에 의하여 분석하여 참돌고래 출몰 예정 해역으로 운항하는 원시적인 방법으로 운영하고 있다.

최근 제주도에서는 민간에서 “제주 김녕요트투어”를 운영하고 있으며, 요트투어와 남방큰돌고래를 함께 볼 수 있는 관광 상품으로 구성되어있다. 돌고래 출석부를 설치하여 방문객에게 남방큰돌고래 조우 관련 통계 자료를 제시하고 있으며, 요트가 운항하고 남방큰돌고래를 만났을 경우만 체크하는 방식이다. 남방큰돌고래는 제주도 연안을 정주하는 특성을 가지고 있어, 울산 참돌고래보다는 조우 확률이 높은 것으로 나타났다. 그러나 남방큰돌고래를 체험하는 형태로 이루어지고 있으며, 과학적 자료획득은 수행되지 않고 있어, 남방큰돌고래에 관한 생태연구는 불가능한 환경이다.

부산에서는 부산항에서 일본(대마도, 후쿠오카)을 왕복하는 정기 운항하는 고속여객선 “코비호”는 일 년에 몇 차례 미확인 물체와 충돌하여 회항하는 사고가 발생한다. 특히 2015년 4월 10일 10:10에 태종대 남동쪽 26 km 해상에서 발생하였으며, 미확인 물체는 고래로 추정

하고 있다. 고속여객선과 고래류의 사고 해역은 대부분 태종대 남동쪽 10~30 km, 대마도 동쪽 10~20 km에서 발생하고 있다. 최근 사고가 발생한 시기는 2004년 12월, 2005년 4월, 2006년 2월과 4월, 2007년 4월과 12월, 2010년 3월과 10월, 2015년 4월에 발생하였다. 일반적으로 부산인근해역에 고래 출몰이 잦으며, 선박 안전 운항을 위하여 고래탐지가 필요함을 의미한다. 그리고 부산시 인근해에서도 자주 출몰하는 고래의 위치를 파악하여 고래관광을 할 수 있음을 시사한다.

현재 여객선을 이용한 관광 콘텐츠는 해안 경치를 관광하는 단순한 형태로 운영되고 있다. 외국의 경우에는 1955년부터 상업적 고래관광이 시작하였고, 해양생물관광은 친환경 체험 관광 콘텐츠로 각광 받고 있다. 고래관광은 1981년도의 고래 관광 가치에 대한 첫 평가가 있었고 음식, 숙박, 고래 관광 여행과 연관된 기념품을 포함한 가격이 총 14백만 달러에 달했다. 우리나라에서도 고래관광을 이용한 친환경 관광 콘텐츠 개발을 통하여 고래 관광의 가치를 높일 필요가 있다.

고래류는 인간이 해양에서 마지막까지 보존할 가치가 있는 동물로 인식하고 있다. 그리고 고래류는 생물소나로부터 수중음파를 교묘히 활용하여 주변 환경파악, 의사소통, 먹이사냥 등을 행하는 것으로 알려져 있으나 현재까지 명확한 연구는 부족하다. 미국과 유럽 등 해양국가에서는 고래류의 자원을 영구히 보존하기 위하여 고래류 자원분포, 발생음 특성, 청각 특성 및 서식환경에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 한국연안 고래류 자원분포 및 서식환경은 고래연구소에서 목시 조사로 수행 중이며, 체계적인 수중음향학적 접근이 필요한 상황이다.

현재 우리나라 연안에는 기상청 및 국립해양조사원에서 설치한 해양환경관측 부이가 설치되어 있다. 그러나 이러한 부이들은 기본적인 해양환경(수온, 기온, 기압, 풍향, 풍속 등)에 국한되어 관측하고 있어 수중에서 이동하는 생물에 관한 정보 제공에는 한계가 있다. 수중에서 이동하는 수중 생물에 관한 음향학적 접근을 위해서는 현재 설치된 부이보다 더 많은 센서와 기술이 필요하며, 수중 음향 환경을 관측 할 수 있는 실시간 부이형 해양생물 관측시스템의 구성요소는 선배열형 수중음향센서, 대용량 파일 실시간 전송 시스템 및 고용량 배터리 등이 필요하다.

## 2. 해양포유류 수중모니터링 시스템

### 2.1 수중모니터링시스템 개요

수중음향기술을 이용한 해양포유류 모니터링 시스템(그림 1)을 세부분으로 나누어 설계하였다. 부이 시스템에 설치된 선배열형 수중청음기에서 고래 소음을 탐지하면 실시간으로 모니터링에 정보를 전송한다. 이 정보를 바탕으로 드론, 무인기 및 전용선박(고래 관광선)이 탐지된 위치로 이동한다.

- 광역 모니터링 시스템 : 선배열형 수중청음기
- 집중/근접 모니터링 시스템 : 드론, 무인기, 전용 선박
- 모니터링 센터 : 실시간 고래 출현 정보 제공 및 고래 자료 분석

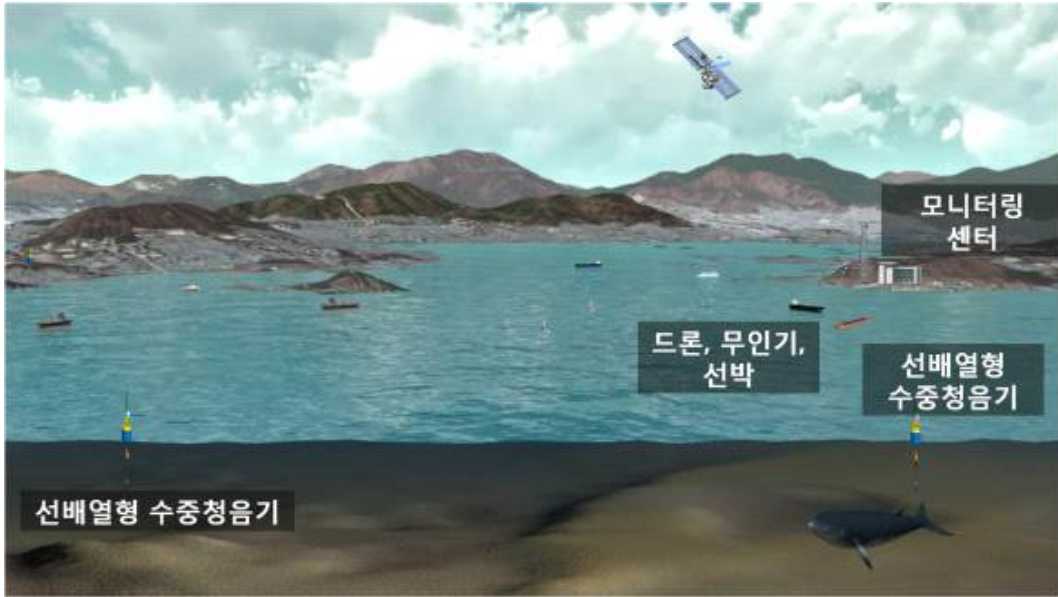


그림 1. 해양포유류 모니터링 시스템 개념도

수중모니터링 시스템은 다수의 수중음향 부이에 선배열형 수중청음기를 설치하여 고래 소리를 취득한다. 수직, 수평으로 설치한 여러 센서에서 탐지된 고래 소리를 이용하여 고래가 위치한 지점을 파악할 수 있다. 그리고 고래 출현시 모니터링 센터로 실시간 자료 전송되며, 고래 위치, 고래가 발생한 소리 등을 저장하여 고래 생태를 분석할 수 있다.

## 2.2 돌고래 음향주파수 및 수중배경소음 특성

돌고래가 발생하는 음파는 주파수 범위가 0.2 kHz에서 150 kHz 사이에 분포하며, 돌고래는 40 kHz에서 130 kHz 사이의 주파수 대역의 음파 신호를 발생하고 표적에 맞고 돌아오는 에코를 이용하여 주변 물체를 탐지 인식한다. 고주파 신호는 저주파 신호에 비해 전달과정에서 손실이 커서 5~200 m의 근거리에서 주로 사용한다. 돌고래는 각 개체의 식별을 특정 휘파람소리를 이용하고, 이러한 신호는 소노그램에서 분석하여 개체의 식별까지 가능하다. 이러한 신호는 1초 이내로 지속되는 7~15 kHz의 신호 특성을 가진다. 한반도 해역 특히 고래가 많이 서식하는 동해 연안에서 고래 탐지에 사용되는 주파수 대역인 10 kHz 이상에서의 수중 배경소음은 약 50 dB 이하로 나타난다(그림 2).

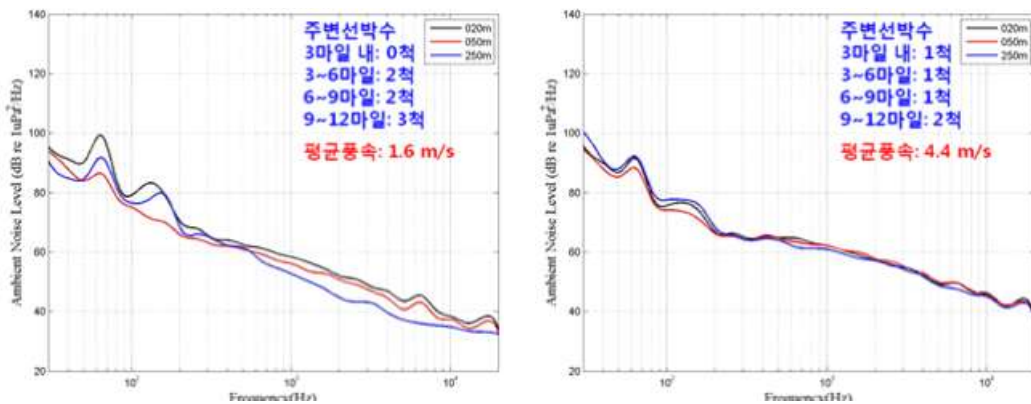


그림 2. 한반도 동해 해역에서 관측한 수중배경소음(한국해양과학기술원)

### 2.3 다목적 모니터링 부이 설계

다목적 모니터링 부이(그림 3)는 고래 음향, 수온, 해수유동, 크롤리필-a 등 해양환경을 동시 관측하여 실시간 전송한다.



그림 3. 다목적 모니터링 부이 개념

실시간 해양환경 모니터링을 위하여 직경 2.4 m 해양관측부이를 이용하고 관측 부이는 관측센서, 자료저장 및 전송, 전원공급 시스템으로 구성된다. 관측센서 항목은 아래와 같다.

- 음향관측센서 : 선배열형 음향센서
  - 해양관측센서 : 초음파 유속계(ADCP), CTD(SBE37IM), YSI6600V2
  - 기상관측센서 : 해상풍(풍향, 풍속), 기온, 기압, 습도
  - 관측항목 : 층별 해·조류, 수온, 염분, 용존산소, 클로로필, 탁도
- 관측 자료는 통합하여 자체 메모리에 저장과 동시에 LTE 통신망을 이용 수중소음 자료는

실시간 전송하고, 그 외 해양환경자료는 매 10분 간격으로 모니터링센터 서버로 전송된다. 부이 안전 확보를 위해 부이 위치 및 주요 관측 자료를 이리듐 통신위성으로 송신하는 모듈을 추가하여 CDMA/Iridium dual 자료전송시스템으로 구성하며, 전원공급 시스템으로 자체 배터리를 내장하고 태양광충전 패널 4개를 부착하여 장기간 독립적으로 운영할 수 있도록 구성한다.

#### 2.4 고래 모니터링 부이 설치(안)

탐지거리 계산 결과 부이 간격을 10 km로 하면 부산 인근 해역에서 고래 이동 모니터링 가능한 것으로 나타났다. 부산-일본간 운행하는 여객선의 사고 지점과 국립수산물과학원 고래연구소에서 목시조사한 고래 출현 해역을 참고하여 광역모니터링을 위한 고래 모니터링 부이 설치(안)(그림 4)을 제시하였다. 또한, 고래 모니터링 부이 설치 위치는 앞서 말한 부산 해양생태계 에코관광과 연계할 수 있도록 배치하였다. 부이 주변으로 고래가 출현하면 가장 가까운 부이는 모니터센터로 실시간(LTE) 자료를 전송한다. 모니터링 화면에서는 고래가 출현한 부이는 점멸하며 고래 위치를 표시한다.



그림 4. 고래 모니터링 부이 설치(안)

### 3. 연구결과 활용방안

기대성과로는 해양생물관광 콘텐츠 개발로 동남권 해역의 새로운 관광 콘텐츠로 개발 가능하여 고래보기 관광 사업의 저변확대에 기여할 것이며, 음향특성을 이용한 수중생물 자원분포 및 생태환경 연구에 기여함으로써, 고래류의 음파특성 파악으로 회유 경로, 자원 분포 등에 관한 정보를 제공하고, 해양환경(수온, 염분, 해수유동) 실시간으로 양식어장 및 어민에게 전송하는 이점이 있다. 또한 수중이동체를 음향으로 탐지함으로써 수중생물, 수중이동체 등에 관한 수중음향 자료의 획득이 가능하고, 연속적인 수중음향자료를 이용하여 군사적 이용으로

도 가능할 것이다.

활용방안으로는 수중이동체 탐지시스템으로 활용할 수 있으며, 군사적 목적으로 부이형 수중이동체 탐지 시스템 구축에 응용할 수 있고, 고래류가 송신하는 신호를 분석하여 해군이 사용하는 소나개발에 접목하는 활용연구에 적용가능하다. 또한 고래 자원 분포 및 생태연구에 활용함으로써, 수중음향관측시스템에서 획득한 자료를 이용하여 고래의 음향 특성 연구가 활발해 질 것이다.

#### 4. 결론

한반도 주변해역에 대한 실시간 부이형 해양생물 관측시스템을 구축함으로써, 고래관광의 과학화를 실현하고, ICT를 기반으로 고래류 실시간 부이형 관측시스템 구성안을 제시하며, 실시간 고래류의 방사음 특성 및 음향특성 관측과 분석으로 고래 생태 파악 분석 알고리즘 제시하고자 하였다. 이러한 연구결과는 우리나라 동남해역의 새로운 관광 콘텐츠로 개발 가능하며, 고래보기 관광 사업의 저변확대에 기여하고, 고래류의 음파특성 파악으로 회유 경로, 자원 분포 등에 관한 정보 제공할 수 있으므로 실질적인 수중 음향모니터링 시스템 구축이 필요하다.

감사의 글

이 논문은 한국해양과학기술원 ‘수중음향기술을 활용한 MT-ICT기반 해양동물관광 콘텐츠 개발 연구(2016)[보고서발간번호: BSPE9935E-11008-10]’의 결과물입니다.

#### 5. 참고문헌

- [1] 손호선, 박겸준, 안용락, 최석관, 김장근, 최현우, 안두해, 이영란, 박태건, “목시조사 (200-2010)에 의한 한국 연안 고래류의 종류 및 분포”, 한국수산과학회지, 45(5), 486-492, 2012
- [2] 김봉채, 최복경, 1996, 동해 중부 연안에서 관측된 흰줄무늬 돌고래 발생음의 음향 특성, 한국음향학회 학술발표회 논문집, pp. 51-54
- [3] 신형일, 윤갑동, 신현옥, 최한규, 박태건, 2001, 참돌고래의 반향 정위 신호특성에 관한 연구, 37(3), pp. 189-195
- [4] 고래류의 음향학적 연구보고서, 2002~2006, 부경대학교 음향진동공학연구소

#### 【 저자 소개 】



저자는 물리학박사로서 물리음향학을 전공하였으며, 한국해양과학기술원에서 수중 음향연구를 수행하고 있다.