

BSPE9935E-11008-10

수중음향기술을 활용한 MT-ICT기반  
해양동물관광 콘텐츠 개발 연구

A Study on Development of MT-ICT based Marine  
Mammal Tour Contents using  
by Underwater Sound Technology

2016. 06. 30

한 국 해 양 과 학 기 술 원

# 제 출 문

한국해양과학기술원장 귀하

본 보고서를 “수중음향기술을 활용한 MT-ICT기반 해양동물관광 콘텐츠 개발 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2016. 06.

총괄연구책임자 : 최 복 경

참 여 연 구 원 : 이용국, 정섬규, 강돈혁,  
김병남, 박요섭, 조성호, 김성현, 이동완,  
심민섭, 지호윤

## 보고서 초록

과제고유 번호	PP9935E	해당단계 연구기간	1단계 2015.07~ 2016.06	단계 구분	1단계 / 1단계
연구사업명	중사업명				
	세부사업명				
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	수중음향기술을 활용한 MT-ICT기반 해양동물관광 콘텐츠 개발 연구			
연구책임자	최복경	해당단계 참여연구원수	총 : 12명 내부: 6명 외부: 6명	해당단계 연구비	정부: 100,000천원 기업: 천원 계 : 100,000천원
		총연구기간 참여연구원수	총 : 12명 내부: 6명 외부: 6명	총 연구비	정부: 100,000천원 기업: 천원 계 : 100,000천원
연구기관명 및 소속부서명	한국해양과학기술원 해양안전연구센터		참여기업명		
국제공동연구					
위탁연구					
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서 면수	94
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목표 : 부산시 최초 해양생물 체험관광 콘텐츠 개발</li> <li>• 해양포유류 모니터링 시스템             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 광역 모니터링 시스템 : 선배열형 수중청음기</li> <li>- 집중/근접 모니터링 시스템 : 드론, 무인기, 전용 선박</li> <li>- 모니터링 센터 : 실시간 고래 출현 정보 제공 및 고래 자료 분석</li> </ul> </li> <li>• 연구결과 활용방안             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 부산시의 새로운 관광 콘텐츠로 개발 가능</li> <li>- 고래보기 관광 사업의 저변확대에 기여</li> <li>- 수중생물, 수중이동체 등에 관한 수중음향 자료 획득 가능</li> <li>- 연속적인 수중음향자료를 이용하여 군사적 이용으로도 가능</li> </ul> </li> <li>• 홍보 동영상 및 홍보 팸플릿 제작</li> </ul>					
색인어 (각 5개 이상)	한 글	MT-ICT, 해양생물관광 콘텐츠, 고래음향 특성분석, 실시간 수중음향 관측 부이			
	영 어	MT-ICT, Marine Mammal Tour Contents, Characteristic analysis of whale sound, Real time underwater acoustic observation buoy			

# 요 약 문

제목 : 수중음향기술을 활용한 MT-ICT기반 해양동물관광 콘텐츠 개발 연구

## □ 추진 배경

- 부산에서는 부산항에서 일본(대마도, 후쿠오카)을 왕복하는 정기 운항하는 고속여객선 “코비호”는 일 년에 몇 차례 미확인 물체와 충돌하여 회항하는 사고가 발생
- 일반적으로 부산인근해역에 고래 출몰이 잦으며, 선박 안전 운항을 위하여 고래탐지가 필요함을 의미한다. 그리고 부산시 인근해에서도 자주 출몰하는 고래의 위치를 파악하여 고래관광을 할 수 있음

## □ 연구개발 필요성

- 미래지향적이고 친환경 관광 콘텐츠 개발 필요
  - 현재 여객선을 이용한 관광 콘텐츠는 해안 경치를 관광하는 단순한 운영
  - 고래를 이용한 친환경 관광 콘텐츠 개발을 통한 관광 가치 높일 수 있음
- 고래연구 시급
  - 현재 고래 연구는 목시 조사 및 DNA를 통한 생태 분석하고 있음
  - 한국연안 고래류 자원분포 및 서식환경은 고래연구소에서 목시 조사로 수행 중이며, 체계적인 수중음향학적 접근이 필요
- 실시간 부이형 해양생물 관측시스템 구축 필요
  - 수중 음향 환경을 관측 할 수 있는 실시간 부이형 해양생물 관측시스템의 구성요소는 선배열형 수중음향센서, 대용량 파일 실시간 전송 시스템 및 고용량 배터리 등이 필요

## □ 연구개발 목표

- 부산시 최초 해양생물 체험관광 콘텐츠 개발
  - 해양과학기술(MT+ICT) 접목하여 고래관광의 과학화 실현
  - ICT를 기반으로 고래류 실시간 부이형 관측시스템 구성안
  - 실시간 고래류의 방사음 특성 및 음향특성 관측과 분석으로 고래 생태 파악 분석 알고리즘 제시

## □ 부산시 관광산업 적용 방안

- 부산 해양생태계 에코관광은 을숙도-태종대-해상고래관광-오륙도-아쿠아리움을 연계한 관광 콘텐츠 개발 필요

## □ 해양포유류 모니터링 시스템

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



해양포유류 모니터링 시스템 개념도

## □ 연구결과 활용방안

- 부산시의 새로운 관광 콘텐츠로 개발 가능
- 고래보기 관광 사업의 저변확대에 기여
- 고래류의 음파특성 파악으로 회유 경로, 자원 분포 등에 관한 정보 제공
- 해양환경(수온, 염분, 해수유동) 실시간으로 양식어장 및 어민에게 전송 가능
- 수중생물, 수중이동체 등에 관한 수중음향 자료 획득 가능
- 연속적인 수중음향자료를 이용하여 군사적 이용으로도 가능

# 목 차

제 1 장 서론 .....	1
제 1 절 연구개발 추진 배경 및 필요성 .....	1
1. 추진배경 .....	1
2. 연구개발 필요성(미래전망) .....	3
제 2 절 연구개발 목표 및 추진체계 .....	4
1. 연구개발의 목표 .....	4
2. 연차별 연구개발 세부목표 .....	4
3. 연구 추진계획 및 수행방법 .....	5
제 2 장 국내외 연구현황 .....	7
제 1 절 국내 고래 연구 현황 .....	7
1. 국립수산과학원 고래연구소 연구 현황 .....	7
2. 국내 연구기관 연구현황 .....	9
3. 국내 대학 연구현황 .....	10
4. 해양관측부이/관측소 현황 .....	11
제 2 절 국외 고래 연구 현황 .....	12
1. 미국 하와이 고래 연구 현황 .....	12
2. 미국 코넬대학의 실시간 고래 관측 현황 .....	16
제 3 절 해양관측 부이 응용 기술 .....	19
1. 전지구 해양관측 프로그램 .....	19
2. ARGO .....	20
3. TAO/TRITON array .....	21
4. 미국 - OOI .....	23
5. 호주 - IMOS .....	24

제 3 장 국내외 고래 관광 현황 및 적용 방안 .....	26
제 1 절 고래관광 역사 .....	26
제 2 절 국내 고래관광 현황 .....	27
1. 울산 고래 관광 현황 .....	27
2. 제주 고래 관광 현황 .....	29
제 3 절 국외 고래관광 현황 .....	32
1. 국외 고래 관광 개요 .....	32
2. 국외 고래관광 산업적 현황 .....	33
3. 하와이 고래관광 현황(빅 아일랜드, 2016년 1월) .....	37
제 4 절 부산지역 관광산업 현황 및 적용 방안 .....	39
1. 부산지역 유람선 관련 관광산업 현황 .....	39
2. 부산지역 기존 관광 자원과 연계 방안 .....	40
제 4 장 해양포유류 모니터링 시스템 .....	42
제 1 절 해양포유류 모니터링 시스템 개요 .....	42
1. 모니터링 시스템 개요 .....	42
제 2 절 선배열형 수중음향센서 배치(안) .....	44
1. 필요성 .....	44
2. 돌고래 신호 특성 .....	44
3. 배열센서의 설계 .....	45
4. 전달손실 계산 .....	46
5. 능동소나 방정식 계산 결과 .....	47
6. 고래 모니터링 부이 설치(안) .....	48
제 3 절 다목적 모니터링 부이 설계(안) .....	50
1. 다목적 부이 개념 .....	50

제 4 절 고래 청음 시뮬레이터 .....	66
1. 고래 청음 시뮬레이터 설계 .....	66
제 5 절 집중/근접 모니터링 시스템 .....	69
1. 집중/근접 모니터링 시스템 개요 .....	69
제 6 절 모니터링 센터 .....	72
1. 모니터링 센터 자료 분석 .....	72
2. 모니터링 센터 제공 자료 .....	76
제 5 장 연구추진 전략 및 중장기 로드맵 .....	77
제 1 절 연구과제 추진 전략 .....	77
제 2 절 연구과제 중장기 로드맵 .....	78
제 3 절 실행 예산 선정 .....	79
제 4 절 연구결과 활용방안 .....	80
1. 기대성과 .....	80
2. 활용방안 .....	80
부    록 .....	81

## 표 차례

표 1. 세계의 고래관광객의 지출 .....	33
표 2. 전 세계 고래관광의 성장평가 .....	34
표 3. 아이슬란드 고래관광객과 지출 현황 .....	35
표 4. 일본 고래관광객과 지출 현황 .....	35
표 5. 호주 고래관광객과 지출 현황 .....	36
표 6. 노르웨이 고래관광객과 지출 현황 .....	36
표 7. 배열센서 설계 결과 정리 .....	45
표 8. 선배열형 음향센서 구성 개요 .....	53
표 9. 수중청음 센서 사양 .....	55
표 10. 프리 앰프 사양 .....	57
표 11. 아날로그 모듈을 위한 전원 사양 .....	57
표 12. 디지털 모듈을 위한 전원 사양 .....	58
표 13. 노드 조립체 사양 .....	59
표 14. 전송 프레임 구성 .....	59
표 15. 신호 전송 조립체 사양 .....	60
표 16. 센서연결함체 구성 및 기능 .....	61
표 17. 센서연결함체 사양 .....	62
표 18. 광변화기조립체 사양 .....	63
표 19. 수중 광통신 케이블 구성 .....	64

## 그림 차례

그림 1. 부산-일본 정기 운항선 코비호의 고래충돌사고 뉴스보도(2015년 4월 10일) .....	2
그림 2. 고속여객선과 고래류 사고 지점 .....	2
그림 3. 지속적 연구 추진을 위한 전략 .....	5
그림 4. 고래보기 관광실현을 위한 중장기 로드맵 .....	6
그림 5. 우리나라 해역의 돌고래 분포도(고래연구소) .....	7
그림 6. 우리나라 해역의 밍크고래분포도(고래연구소) .....	7
그림 7. 우리나라 주변 고래분포 현황 .....	8
그림 8. 1993년 2월 20일에 관측된 돌고래의 음파탐지 신호 (a) 연속 시간신호, (b) 파형, (c) 스펙트럼, (d) 주위잡음 스펙트럼 .....	9
그림 9. 2008년 4월 제주도 고래조사 중 촬영된 큰돌고래 (출처 고래연구소) .....	10
그림 10. 실시간 국가 해양 관측시스템 구축계획 (~2010년) .....	11
그림 11. Jupiter Research Foundation 방문 및 회의 사진 .....	13
그림 12. LRI 시험장내 실험실과 Wave Glider에 장착된 수중청음기(홈페이지 정보) .....	14
그림 13. Liquid Robotics Inc. 방문 및 Wave Glider 확인 .....	15
그림 14. 코넬대학에서 운영하는 실시간 고래 관측 시스템 흐름도 .....	16
그림 15. 코넬대학에서 운영중인 실시간 고래 모니터링 화면 .....	16
그림 16. 미국 NOAA에서 운영하고 있는 고래탐지 프로그램(예) .....	17
그림 17. 참고래 출몰 위치정보를 이용해 항로를 변경한 사례(미국 Stellwagen Bank) ·	18
그림 18. GOOS program ( <a href="http://www.ioc-unesco.org">http://www.ioc-unesco.org</a> ) .....	19
그림 19. ARGO buoy observation system(left) and ARGO buoy locations (right) .....	20
그림 20. TAO/TRITON Array 설치 위치 .....	21
그림 21. AO/TRITON buoy locations(up) and means and anomalies of temperatures and winds during 5 days .....	22
그림 22. Global tropical moored buoy array .....	22
그림 23. Diagram of OOI program .....	24
그림 24. Diagram of IMOS .....	25
그림 25. 울산 장생포 고래문화특구 현황 .....	27
그림 26. 울산시청에서 운영중인 고래바다여행선 관련 사진 .....	28
그림 27. 제주 김녕요트투어 돌고래투어 코스 안내 .....	29
그림 28. 제주 김녕요트투어 돌고래 출석부 .....	30
그림 29. 김녕요트투어에서 제공하는 방문객 전용 캘러리 사진 .....	31
그림 30. 일본 흑등고래 회유경로 .....	32

그림 31. 1955년부터 1998년까지 전 세계의 고래관광 성장 백분율 .....	34
그림 32. Mauna Lani Sea Adventures 고래관광 체험 사진 .....	38
그림 33. 고래 관광 가이드라인 및 고래 관광 체험 사진 .....	38
그림 34. 부산시청 추천관광 중 크루즈 투어 10개 콘테츠 .....	39
그림 35. 낙동강 생태탐방선 및 탐방안내도 .....	39
그림 36. 부산시 해양관광 관련 관광지 .....	40
그림 37. 일본 오사카 주유패스 승차권 .....	40
그림 38. 일본 오사카 주유패스를 이용한 관광 코스(예) .....	41
그림 39. 부산시 기존 관광 자원과 연계 방안 .....	41
그림 40. 해양포유류 모니터링 시스템 개념도 .....	42
그림 41. 광역 모니터링 시스템 개념 .....	43
그림 42. 한반도 동해 해역에서 관측한 수중소음(예) .....	44
그림 43. 선배열형 빔 패턴 : 41 elements .....	45
그림 44. Absorption 계수(좌)와 전달손실 계산(우) .....	46
그림 45. 고래 모니터링 부이 설치(안) .....	48
그림 46. 향후 한반도 근해 수중음향 네트워크 구축(안) .....	49
그림 47. 다목적 모니터링 부이 개념 .....	50
그림 48. 해양환경 모니터링 부이 설치(예) .....	51
그림 49. 실시간 관측자료 가시화 프로그램(예) .....	52
그림 50. 센서 모듈 내부 구성도 .....	54
그림 51. 센서 모듈 내부 구조 .....	54
그림 52. 수중청음 센서 .....	55
그림 53. 프리 앰프(예) .....	56
그림 54. 프리 앰프 구성 및 신호처리 구성도 .....	56
그림 55. 내부 전원 조립체 .....	58
그림 56. 노드 조립체 .....	59
그림 57. 신호 전송 조립체 .....	60
그림 58. 센서 연결함체 내부 모습 .....	62
그림 59. 광변환기조립체 .....	62
그림 60. 광변환기조립체 구성도 .....	63
그림 61. 광통신케이블 구성도 .....	64
그림 62. 광통신 케이블(예) .....	65
그림 63. 전송된 자료 전시 및 분석 프로그램(예) .....	66
그림 64. 고래 시뮬레이터 전체 화면 .....	67
그림 65. Target Motion 화면 .....	67
그림 66. 고래소리 재생 화면 .....	68

그림 67. 해역 환경 모델링 설정 및 전달손실 그래프 화면 .....	68
그림 68. 집중/근접 모니터링 시스템(안) .....	69
그림 69. 집중/근접 모니터링 시스템(안) .....	70
그림 70. 집중/근접 모니터링 구성도 .....	70
그림 71. 무인 수상선 청음시스템 개념도 .....	71
그림 72. 드론을 이용한 모니터링(해외사례) .....	71
그림 73. 모니터링 센터 (예시) .....	72
그림 74. 모니터링 센터에서 항행정보 제공 (예시) .....	73
그림 75. 고래 출현 시 알람 프로그램 개발 .....	73
그림 76. 수상이동체 방향성 탐지 실험(예) .....	74
그림 77. 돌고래 휘슬음 사례 .....	74
그림 78. 모니터링 부이에서 전송된 해양환경 자료 가시화 프로그램(예) .....	75
그림 79. 모니터링 센터에서 제공하는 자료 .....	76

# 제 1 장 서론

## 제 1 절 연구개발 추진 배경 및 필요성

### 1. 추진배경

우리나라에서 제일 유명한 고래관광은 울산시청에서 운영하고 있는 장생포 고래문화특구가 있다. 고래문화특구에는 장생포고래박물관, 고래생태체험관, 고래바다여행선 및 고래문화마을이 조성되어 있다. 울산시청에서 관리하고 있는 국내 유일 고래바다여행선을 운행하고 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 추정하고 있다(그림 1). 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(그림 2). 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.



그림 1. 부산-일본 정기 운항선 코비호의 고래충돌사고 뉴스보도(2015년 4월 10일)

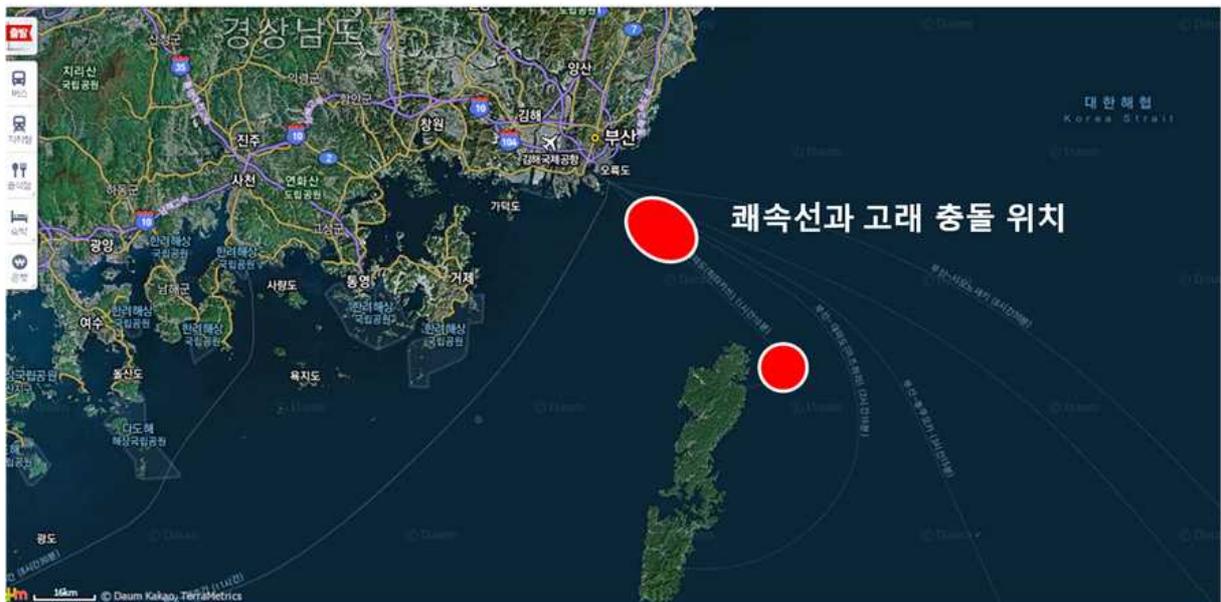


그림 2. 고속여객선과 고래류 사고 지점

## 2. 연구개발 필요성(미래전망)

### 가. 미래지향적이고 친환경 관광 콘텐츠 개발 필요

현재 여객선을 이용한 관광 콘텐츠는 해안 경치를 관광하는 단순한 형태로 운영되고 있다. 외국의 경우에는 1955년부터 상업적 고래관광이 시작하였고, 해양생물관光是 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.

### 나. 고래연구 시급성

고래류는 인간이 해양에서 마지막까지 보존할 가치가 있는 동물로 인식하고 있다. 그리고 고래류는 생물소나로부터 수중음파를 교묘히 활용하여 주변 환경 파악, 의사소통, 먹이사냥 등을 행하는 것으로 알려져 있으나 현재까지 명확한 연구는 부족하다.

미국과 유럽 등 해양국가에서는 고래류의 자원을 영구히 보존하기 위하여 고래류 자원분포, 발성음 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.

### 다. 실시간 부이형 해양생물 관측시스템 구축 필요

현재 우리나라 연안에는 기상청 및 국립해양조사원에서 설치한 해양환경관측 부이가 설치되어 있다. 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 필요하다.

수중 음향 환경을 관측 할 수 있는 실시간 부이형 해양생물 관측시스템의 구성요소는 선배열형 수중음향센서, 대용량 파일 실시간 전송 시스템 및 고용량 배터리 등이 필요하다.

## 제 2 절 연구개발 목표 및 추진체계

### 1. 연구개발의 목표

본 연구는 부산시 최초 해양생물 체험관광 콘텐츠 개발에 있다.

- 고래회유 경로 및 분포특성을 파악하여 부산시의 새로운 해양생물관광 콘텐츠 개발
- 해양과학기술(MT+ICT) 접목하여 고래관광의 과학화 실현
- ICT를 기반으로 부산시 연안 회유 고래류 실시간 부이형 관측시스템 구성안
- 실시간 고래류의 방사음특성 및 음향특성 관측과 분석으로 고래 생태 파악 분석 알고리즘 제시
- 실시간 해양환경(수온, 염분, 해수유동, 클로로필-a 등)을 연속적으로 관측하여 주변어장 및 어업인들에게 해양환경정보 제공(문자, 스마트폰 앱 서비스 등) 방법 제시- 실시간 부이형 해양생물(수중음향/해양환경) 관측 시스템 구성안

### 2. 연차별 연구개발 세부목표

연차	세부목표
1차년 (2017년)	· 다목적 실시간 수중음향/해양환경 시제품 제작
	· 수중음향/해양환경 시스템 설계
	· 수중음향/해양환경 분석 알고리즘 개발
	· 고래 생태 분석 알고리즘 개발
	· 고래 회유 경로 분석 알고리즘 개발
2차년 (2018년)	· 실향역 다목적 실시간 관측 부이 제작(5개)
	· 다목적 실시간 관측 부이 설치(5개)
	· 고래 생태 음원 분석 프로그램 제작
3차년 (2019년)	· 모니터링 센터 구성 (KIOST 부산 신청사 활용)
	· 실시간 영상 및 소리 재생, 항행정보 제공 앱 개발
	· 모니터링 센터 운영

### 3. 연구 추진계획 및 수행방법

#### 가. 연구과제 추진 전략

한국해양과학기술원이 주관으로 수행하며, 부산지역 유관기관과의 긴밀한 연구협력을 강화하여 지속적인 콘텐츠를 개발 및 운영방안을 연구한다.

- 고래연구소의 고래 자원 및 고래생태에 관한 자문 요청
- 부산시와 긴밀한 협조체제를 통한 지속적인 콘텐츠 확보
- 기술보유 기관/업체와의 긴밀한 협조로 소프트웨어 및 스마트폰 앱 개발



그림 3. 지속적 연구 추진을 위한 전략

## 나. 연구과제 중장기 로드맵

MT-ICT 기반 해양생물 실시간 이동 관측시스템 구축을 위하여 아래와 같은 중장기 로드맵을 통하여 추진한다.

- 1차년 시제품 제작 및 알고리즘 개발
- 2차년 다목적 실시간 관측 부이 설치
- 3차년 모니터링 센터 및 실시간 생태관광정보 제공

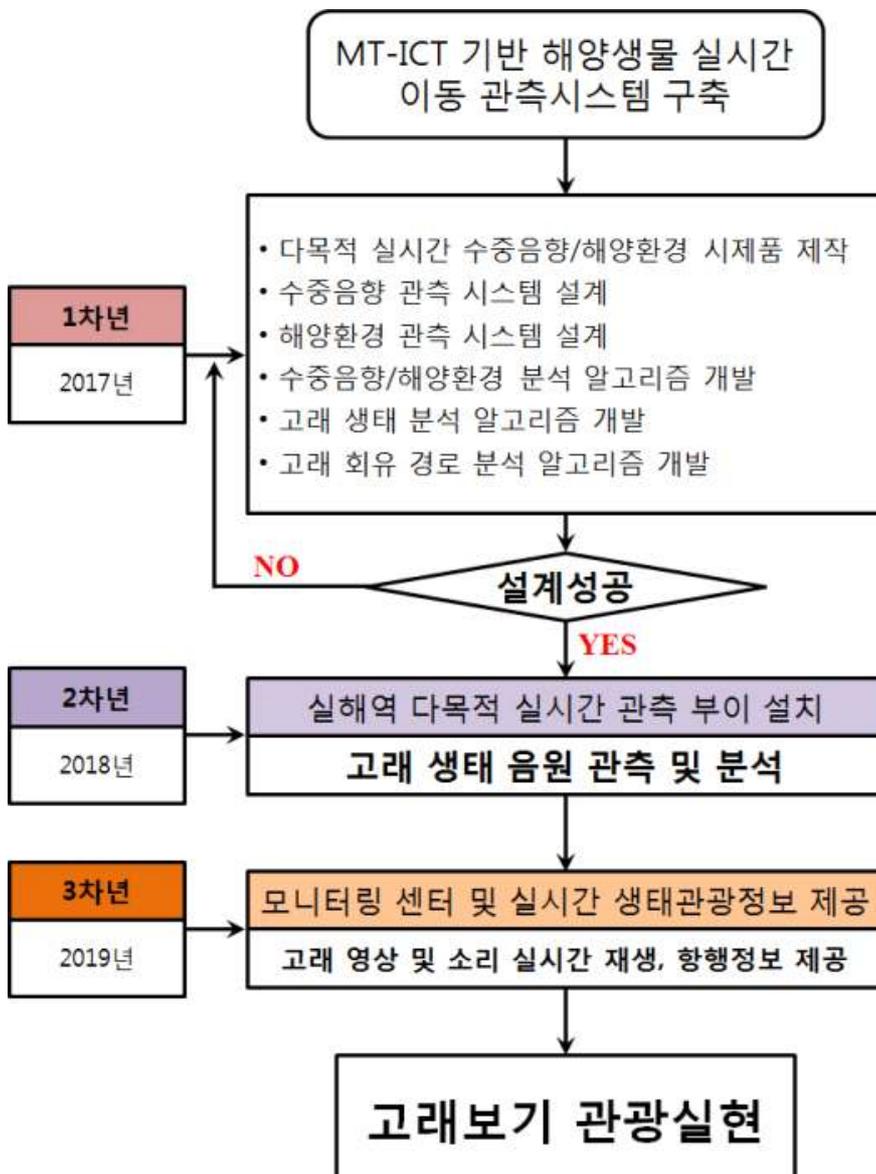


그림 4. 고래보기 관광실현을 위한 중장기 로드맵

## 제 2 장 국내외 연구현황

### 제 1 절 국내 고래 연구 현황

#### 1. 국립수산과학원 고래연구소 연구 현황

국립수산과학원 고래연구소에서 1998~현재까지 고래자원보존 및 관리연구 수행하고 있다. 2000년 ~ 2011년 고래류 자원평가 결과, 우리나라에는 1,600마리의 밍크고래가 서식하고 있고 이 중에서 1000마리는 서해안에, 나머지 600마리가 동해안에 살고 있었으며, 밍크고래가 한·중·일 3국을 모두 합해도 1만6000마리 정도로 확인되었다<sup>1)</sup>.



그림 5. 우리나라 해역의 돌고래 분포도(고래연구소)



그림 6. 우리나라 해역의 밍크고래분포도(고래연구소)

1) [http://www.ohmynews.com/NWS\\_Web/View/at\\_pg.aspx?CNTN\\_CD=A0001662417](http://www.ohmynews.com/NWS_Web/View/at_pg.aspx?CNTN_CD=A0001662417)

손호선 등(2012)<sup>2)</sup>의 연구에서 목시조사에 의한 고래류의 종류 및 분포를 발표하였다. 밍크고래는 주로 봄철에 우리나라 전역에 분포하고 있으며, 동행의 경우 연안 대륙붕에서 분포하는 것으로 조사되었다. 닳돌고래는 주로 여름철에 동해 연안에 분포하였다. 긴부리참돌고래는 주로 봄철에 동해와 남해 해역에 분포하는 것으로 나타났다. 상괭이는 봄철과 여름철에 출현하며, 서해에서 출현 빈도가 높지만 남해나 동해남부에서 분포하는 것으로 조사되었다.

현재까지 고래류의 종류 및 분포를 위한 조사 방법은 목시조사가 주로 이용되고 있으며, 수중음향학적 기술을 기반으로 하는 과학적 조사가 병행될 필요가 있다.

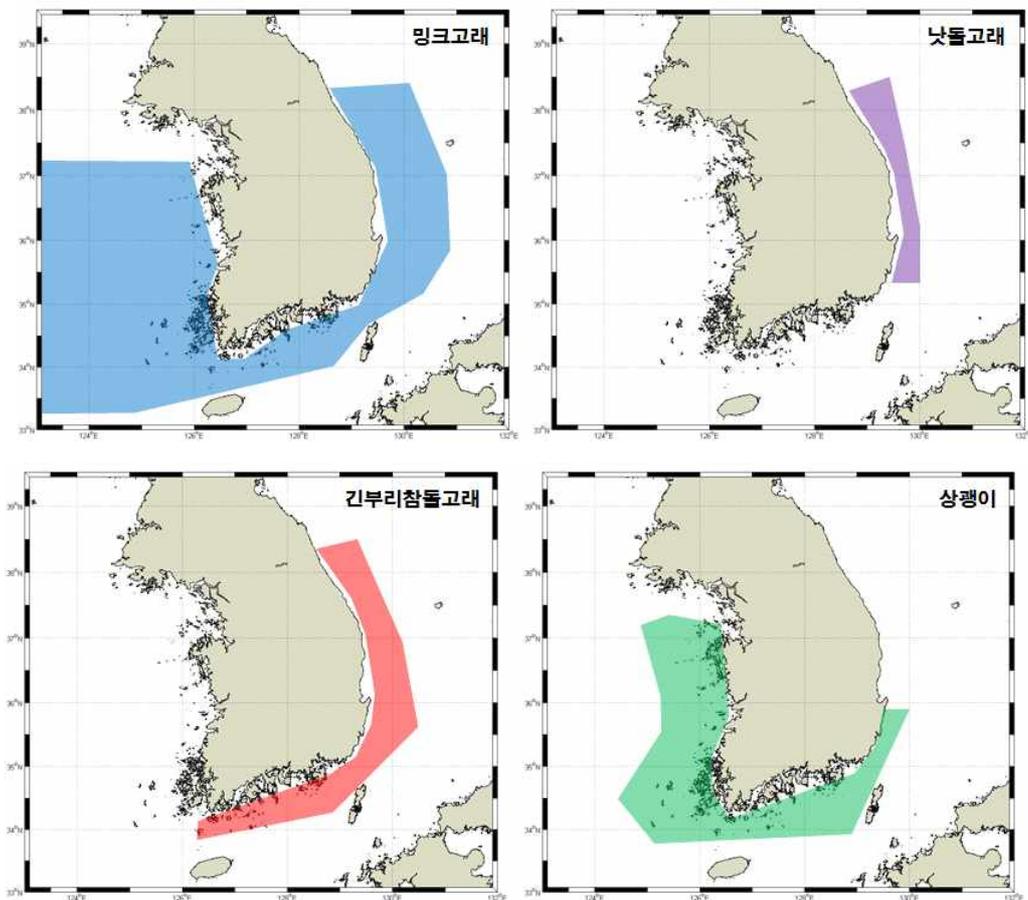


그림 7. 우리나라 주변 고래분포 현황

2) 손호선, 박경준, 안용락, 최석관, 김장근, 최현우, 안두해, 이영란, 박태건, 2012, 목시조사(200-2010)에 의한 한국 연안 고래류의 종류 및 분포, 한국수산과학회지, 45(5), 486-492

## 2. 국내 연구기관 연구현황

고래 음향 특성 연구 현황으로는 김봉채, 최복경(1996)<sup>3)</sup>의 연구가 있으며, 결과는 아래와 같다.

- 태평양 흰줄무늬 돌고래의 임펄스 0.25 ~ 60.50 ms
- 돌고래의 주파수 스펙트럼은 약 18 ~ 90 kHz의 광범위한 성분을 포함
- 돌고래의 발생음의 스펙트럼 레벨 피크는 주파수 범위 35 ~ 55 kHz
- 돌고래의 발생음이 없는 경우 해수 중 주위잡음의 레벨에 비하여 약 30 ~ 40 dB 높게 나타남

그림 8. 1993년 2월 20일에 관측된 돌고래의 음파탐지 신호 (a) 연속 시간신호, (b) 파형, (c) 스펙트럼, (d) 주위잡음 스펙트럼

신형일 외(2001)<sup>4)</sup>는 참돌고래의 반향 정위 신호특성에 관한 연구를 수행하였으며 결과는 아래와 같다.

- 측정지점에서의 선박소음, 환경소음 등의 소음원은 0.5 ~ 3 kHz의 저주파수 범위가 주된 주파수이므로 저주파수로써 반향정위를 행하는 고래류에

3) 김봉채, 최복경, 1996, 동해 중부 연안에서 관측된 흰줄무늬 돌고래 발생음의 음향 특성, 한국음향학회 학술 발표회 논문집, pp. 51-54

4) 신형일, 윤갑동, 신현욱, 최한규, 박태건, 2001, 참돌고래의 반향 정위 신호특성에 관한 연구, 37(3), pp. 189-195

는 그 행동에 영향을 미칠 수 있음이 예상

- 참돌고래는 펄스폭이 8.6 ms인 단일 클릭음과 펄스폭이 4.8 ms인 이중 클릭음을 발하고 있는 것으로 나타났다. (3) 참돌고래는 고주파수역 (5-10kHz)에서 주파수가 10.60 kHz, 7.22 kHz, 5.10 kHz로 높아짐에 따라 클릭음의 펄스폭이 각각 1.41 ms, 2.3 ms, 5.1 ms로 커지는 경향
- 저주파수역 (1 ~ 2 kHz)에서는 주파수가 1.12 kHz, 1.38 kHz, 1.82 kHz로 높아짐에 따라 펄스폭이 22.4 ms, 20.5 ms, 11.9 ms를 나타내어 주파수가 높아질수록 펄스폭이 좁아지는 경향을 나타내었으며, 또한 3중의 클릭음을 발하여 목표물의 식별을 용이 하게 하고 있음이 예상
- 동일 주파수대내에서 이중 클릭음의 펄스 반복주기를 분석한 결과 각각 13.3 ms, 11.4 ms, 7.1 ms, 2.4 ms를 나타내어 참돌고래는 목표물의 원근에 따라 펄스반복주기를 조절할 수 있는 기능을 보유하고 있음을 확인
- 5초간의 압축시간열상에서 타임캡처를 이용하여 클릭음을 분석한 결과 단일 클릭음, 이중 클릭음, 삼중 클릭음 등 다양한 신호를 사용하였으며, 그때의 펄스폭은 2.40 ~ 8.40 ms, 펄스반복시간은 9 ~ 40 ms, 주파수범위는 0.60 ~ 10.63 kHz를 이용하고 있음을 확인

### 3. 국내 대학 연구현황

국내에서 수행된 고래류의 음향학적 연구는 부경대학교에서 수행한 고래류의 음향학적 연구보고서<sup>5)</sup>가 유일하다. 주요 연구 내용은 고래류의 수중명음 수집 및 분석을 통해 특성 이해, 음향 경고장치 개발 및 실용화로 어업과의 마찰 완화, 고래류의 음향학적 기초 연구를 통한 관광자원(고래관광 및 돌고래쇼) 활용 도모 등에 관하여 연구를 수행하였다.



그림 9. 2008년 4월 제주도 고래조사 중 촬영 된 큰돌고래 (출처 고래연구소)

5) 고래류의 음향학적 연구보고서, 2002~2006, 부경대학교 음향진동공학연구소

#### 4. 해양관측부이/관측소 현황

국내에서 해양환경과 관련된 자료를 확보하기 위해 현장관측을 정기적으로 수행하고 해양정보의 가공, 관리, 유통을 담당하고 있는 기관으로 국립수산물학원, 국립해양조사원, 환경부, 해양경찰청, 한국해양과학기술원, 기상청 등이 있다. 이 외에 해양경찰청, 기상청, 환경부 등이 해양관측 업무를 수행하고 있으며, 서울대 및 부경대 등 대학에서 일부 해역을 대상으로 연구목적에 따라 해양관측 부이를 이용하여 해양을 관측하고 있다.

고래연구를 위해서는 고래의 특성인 음향학적 연구가 필수적이다. 현재 우리나라 연안에는 100여개의 해양 관측 부이가 있으나, 수중음향센서가 부착된 해양관측 부이는 전무하다. 고래 생태 연구 및 고래 자원 분포를 과학적으로 분석하기 위해서는 고래가 발생하는 생물소나를 분석하여 고래생태와 연관된 연구가 필수적이다.



그림 10. 실시간 국가 해양 관측시스템 구축계획 (~2010년)

## 제 2 절 국외 고래 연구 현황

### 1. 미국 하와이 고래 연구 현황

#### 가. 쥬피터 연구재단

미국의 경우 텍사스 대학 응용연구소는 미 해군의 ONR 후원으로 돌고래(bottlenose dolphin)의 소리와 유사한 기능을 갖는 모형 소나 개발을 개발하였다. 그리고 미국 하와이 대학의 해양생물연구소의 돌고래 생태 및 음향특성 연구를 수행하였다. 또한 국제고래잡이위원회의 고래생태보호 및 다각적인 연구를 수행하고 있다.

쥬피터 연구 재단은 미국의 빅 아일랜드에 위치한 비영리 과학연구 재단이다. 쥬피터 연구재단의 창립자인 Joe Rizzi(Joseph D. Rizzi)는 SanDisk 및 Symantec 창립자이며, 다수의 벤처기업을 지원하고 있는 반도체 분야 전문가이기도 하다.

쥬피터 연구 재단의 시작은 Joe Rizzi가 살고 있는 미국 하와이 빅 아일랜드 Puako 해안에서 스노클링을 하는 중에 들었던 흑등고래 소리에서 부터라 한다. 흑등고래 소리를 보다 더 많은 사람들과 공유하고 싶어서, 부이 기반 수중 소음 무선 전송 시스템을 개발하였고, 이를 본격적으로 개발하기 위하여 2003년에 Jupiter Research Foundation을 창립하였다.

초기 부이 기반 무선 전송 시스템에서 시작해서 파력 에너지 전환 기술을 채용한 Wave Glider의 프로토타입을 개발하였고, 이를 기반으로 2007년에 Liquid Robotics사를 창립하였다. 이후 Liquid Robotics사는 Wave Glider 시스템의 운영 프로그램 개선을 위해 Java 언어를 개발한 James Gosling을 영입하여 무보급 무인추진 시스템으로 Wave Glider를 시장에 선보였다.

Jupiter Research Foundation은 고래소리 채움(Whale Song Live), Wave Glider, 그리고 Wave Glider 기반 플랑크톤 현미경 시스템 개발 등을 연구하고 있다. 해양동물 수중소음 모니터링의 현황 조사를 위해 현지에서 만난 사람은 창립자인 Joe Rizzi와 연구소 운영이사인 Berth Goodwin이었다. Berth Goodwin은 생태학자로 하와이 지역에서 30년간 해양동물 추적분야에서 일하



Joseph D. Rizzi

고 있으며, 현재는 Wave Glider를 이용한 실시간 수중 소음 채집과 관련된 연구사업을 지휘하고 있다.

Berth 소장은 현 시기 해양포유류 모니터링 연구에 적용된 기술과 연구그룹의 특징, 요구되는 기술적 해결책 등에 대한 전문적인 정보와 참고사이트를 공유해 주었다. 현지 미팅에서 뿐 아니라 이후 이메일을 통해 다양한 분야의 모니터링 전문가를 소개해 주었다.

Joe Rizzi는 수중 소음 채움에 필요한 기술적 해결책으로부터 시작된 Wave Glider시스템이 상용 해양 모니터링 시장에서 놀랄만한 성과를 가져온 것처럼, 수중 모니터링과 관련된 기술은 새로운 시장을 여는 단초가 될 것이라며, 해양벤처기술의 노력이 다양화될 필요가 있다고 이야기했다.

ISO의 수중소음 측정 표준화 및 IMO의 URN 규제 대응을 위한 시스템적 해결책으로 Wave Glider의 활용, 실시간 측정 및 전송을 가능케 하는 통신 기술의 적용, 수중 소음으로 인한 해양포유류의 생태적 피해 평가 등과 관련된 과학적 해결책 마련을 위한 노력이 향후 새로운 먹거리를 창출하게 될 것이라는 전망도 나누었다.



James Gosling



Berth Goodwin



그림 11. Jupiter Research Foundation 방문 및 회의 사진

## 나. Liquid Robotics Inc

Jupiter Research Foundation으로부터 시작된 Wave Glider는 Liquid Robotics라는 이름의 회사로 기술이전되면서 상용화되었다. 2007년 JRF로부터 기술이전 받아 Wave Glider를 생산 판매를 시작한 이래, 2012년 총 100대의 Wave Glider를 판매하였다. Wave Glider는 대당 약 3억원으로 초기 구매 비용이외에 운영을 위한 위성통신 비용만 소요되는 시스템으로, 기존 해양관측용 부이를 대체해가고 있다. 미국 NOAA에서 운영중인 해양관측 부이 네트워크에 Wave Glider가 활용되고 있으며, 위치이동이 용이하고, 수중과 공중을 중계하는 통신시스템을 갖추어 해군의 요구에 맞는 글라이더도 제공되고 있다.

Liquid Robotics의 본사는 샌프란시스코에 있으나, Wave Glider의 새로운 기능을 시험하고, 운영기술과 관련된 교육은 하와이의 빅 아일랜드(Kawaihae in Big Island)에 위치한 Liquid Robotics Support Operations Test and Evaluation Facility이다.



그림 12. LRI 시험장내 실험실과 Wave Glider에 장착된 수중청음기(홈페이지 정보)

본 출장은 실제 Wave Glider에 수중청음기를 장착하고, 해안에서 이격된 지점에서 육상 사무실까지 다양한 통신 장비를 통해 실시간 수중소음을 전송하는 시스템을 육안으로 확인하고, 기술적 정보 조사를 위해 시험장 방문을 기획하였다.

본 실험 시설은 접근이 통제된 항구 내에 위치하고 있었으며, 중장비를 다룰 수 있는 크레인과 작은 수조, 실험실과 별도로 마련된 컨테이너 구조의 연구실로 구성되어 있었다. 연구실 바로 바깥에 안벽이 있어, 시험을 위한 이

동이 최소화 될 듯하였다.

우리가 방문할 시점에 샌프란시스코에서 새로운 Wave Glider용 윈치시스템 시험을 위해 수 명의 엔지니어가 방문하였고, 이들의 시험일정과 방문자의 일정이 겹쳐 실해역에서의 운영 시연은 볼 수 없었다. 다만, 기존에 Wave Glider를 이용해 취득한 흑등고래의 음원파일을 확보할 수 있었고, 현재 추진 중인 프로파일링 시스템과 대형 부이를 대체하고, 센서 운영 에너지확보하기 위해 발전기가 탑재된 Wave Glider의 외형을 볼 수 있었다. 아쉽게도 사진 촬영은 보안 관계로 허가되지 않아 진행 중인 Wave Glider와 시설물의 현황을 사진으로 담지 못하였다. 이해를 돕기 위해, Liquid Robotics사에서 제공하는 시설물 관련 사진을 보고서에 첨부하였다.

부이 대응 또는 부이와 병행하여 Wave Glider를 이용한 고래 소리 녹음 시스템 적용 방안을 검토할 수 있을 것이다.



그림 13. Liquid Robotics Inc. 방문 및 Wave Glider 확인

## 2. 미국 코넬대학의 실시간 고래 관측 현황

미국 코넬대학에서는 미국 동부 매사추세츠 Stellwagen Bank의 항로에 실시간 부이를 설치하여 운항중인 선박에 고래 출몰 위치정보를 전송하는 시스템을 구축하여 운영하고 있다<sup>6)</sup>.



그림 14. 코넬대학에서 운영하는 실시간 고래 관측 시스템 흐름도

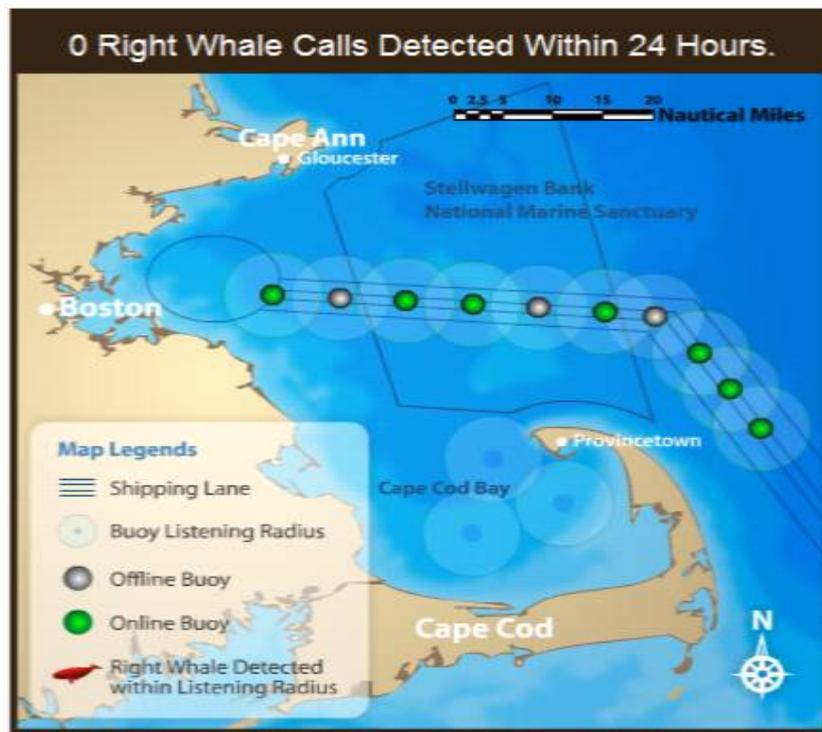


그림 15. 코넬대학에서 운영중인 실시간 고래 모니터링 화면

6) <http://www.listenforwhales.org/page.aspx?pid=430>

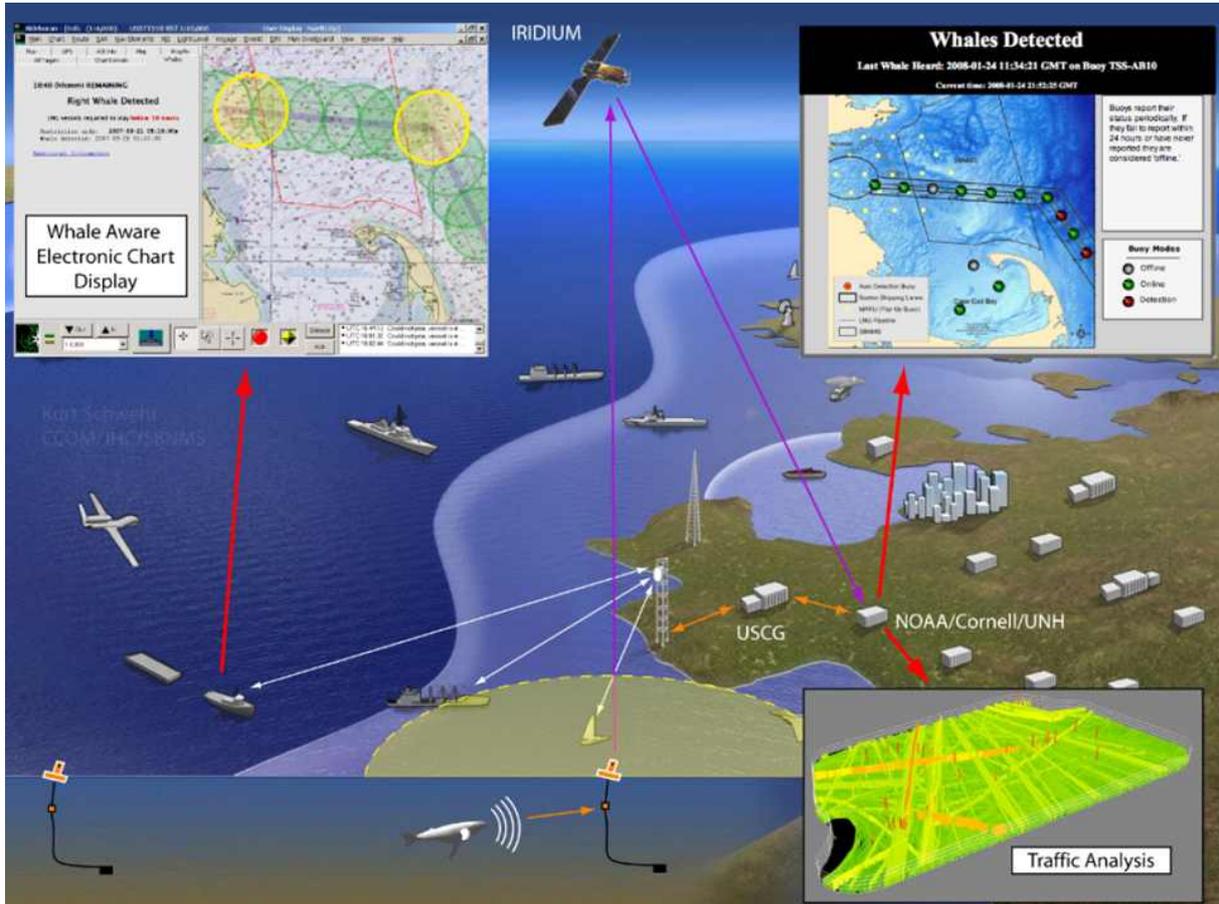


그림 16. 미국 NOAA에서 운영하고 있는 고래탐지 프로그램(예)

미국 동부 매사추세츠 Stellwagen Bank에서는 참고래 출몰 위치정보를 수집하여 해양공간에 출현 밀도분포도와 항로를 중첩하여 분석한 결과, 실선과 같은 항로에 참고래의 출현 밀도가 높아, 항해안전은 물론 참고래를 보호하기 위해 점선과 같이 항로를 변경한 사례가 있다.

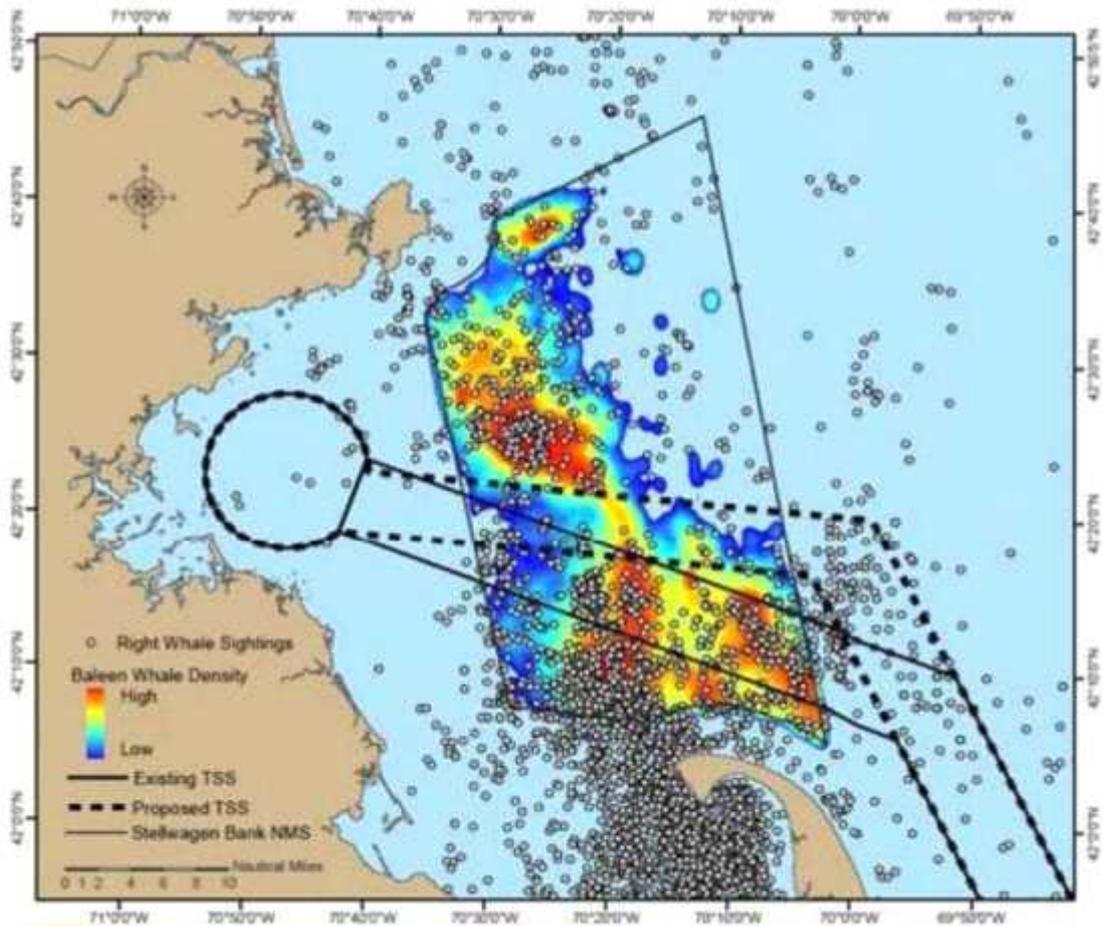


그림 17. 참고래 출몰 위치정보를 이용해 항로를 변경한 사례(미국 Stellwagen Bank)

### 제 3 절 해양관측 부이 응용 기술

#### 1. 전지구 해양관측 프로그램

인류의 이익을 위해 포괄적, 통합적 그리고 지속가능한 지구관측을 성취하는 것을 목표로 하는 지구관측시스템(GEOSS<sup>7)</sup>)의 10년 실행계획이 2005년 2월 벨기에 브뤼셀에서 개최된 제3차 지구관측정상회의에서 채택되어 지구관측시스템이 실행단계에 도달하였다. GEOSS의 해양모듈인 전지구 해양관측시스템(GOOS<sup>8)</sup>)의 구축이 IOC<sup>9)</sup> 주도하에 1991년부터 추진 중이다. GOOS의 주요 임무는 해양관련 문제들을 다루기 위해 체계적으로 해양자료를 취득하고 전파하는 통합된 네트워크의 개발을 통해 정부, 기업, 과학계, 일반 국민이 요구하는 해양정보를 제공하는 시스템을 구축하는 것이다. 해양관측시스템의 세계적인 추세는 운용해양학을 목표로 진전되고 있으며, 현재 GOOS의 지역 프로그램으로 유럽의 EuroGOOS, 한국, 중국, 일본 및 러시아가 공동으로 추진하는 동북아 해양관측시스템(NEAR-GOOS), 발틱해 해양관측시스템(BOOS) 등 10개의 지역 프로그램이 추진 또는 운용 중이다.

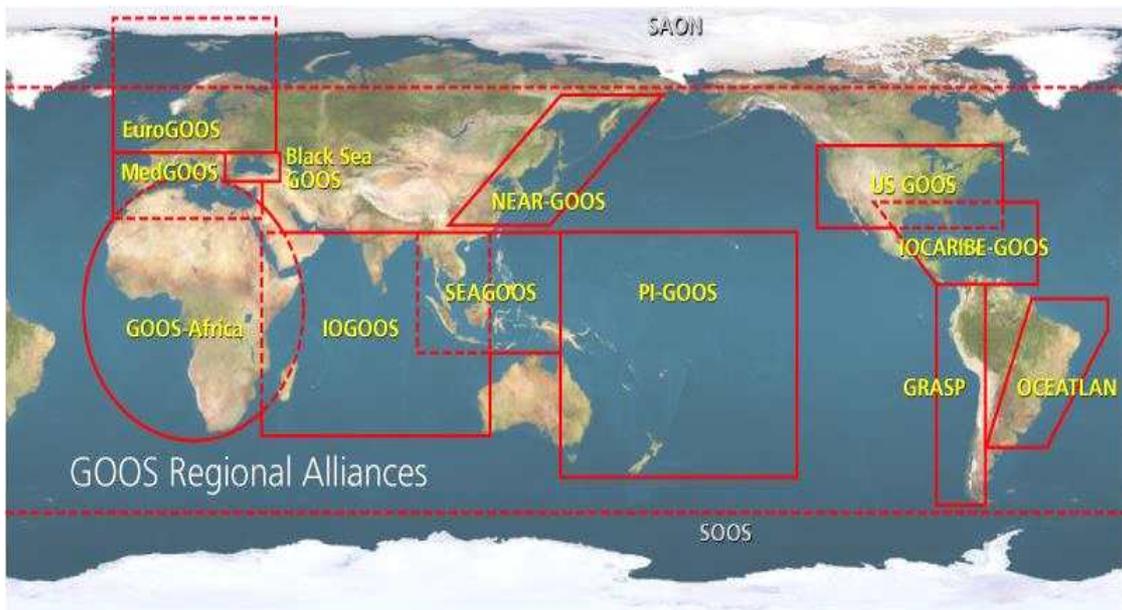


그림 18. GOOS program (<http://www.ioc-unesco.org>)

7) GEOSS: Global Earth Observation System of Systems

8) GOOS: Global Ocean Observing System

9) IOC: Intergovernmental Oceanographic Commission

## 2. ARGO<sup>10)</sup>

ARGO 사업은 세계기상기구(WMO<sup>11)</sup>) 및 국가간 해양과학위원회(IOC)의 국제공동 프로그램으로 전지구 기후/해양 관측 시스템(GCOS<sup>12)</sup>/GOOS)과 기후변동 및 예측 실험(CLIVAR<sup>13)</sup>), 전지구 해양자료동화(GODAE<sup>14)</sup>) 사업과 연계하여 시·공간적인 해양의 수온, 염분 및 해류의 준 실시간 감시 및 체계적인 관측을 수행하고 있다. 우리나라에서는 기상청 국립기상연구소와 한국해양과학기술원이 참여하고 있다.

ARGO 플로트는 일정한 수심까지 잠수하도록 설계되어 그 수심에서 해류를 따라 일정기간 표류하다가 플로트 내부의 동력에 의해 표층으로 부상하면서 수온과 염분을 연속적으로 관측하고, 기록된 모든 정보를 ARGO 위성에 송신한다. 플로트에서 관측된 자료는 ARGO 센터로 보내져서 즉시 자료처리 과정을 거친 후 ARGO 사업 참여국가에 GTS<sup>15)</sup>, FTP<sup>16)</sup>, e-mail 등 다양한 방법으로 전송된다.

ARGO 사업의 목적은 실시간 전구 해양 감시망 구축, 해양 상층부 열교환량 및 열용량 분석, 해양/대기 예측모델의 초기자료 확보, 해양역학 모델 및 자료동화 시스템 검증이 목적이다. ARGO 자료는 기후예측 모델의 초기조건, 위성에서 관측된 해양자료 검증, 해양에서 기후변화에 영향을 주는 인자를 밝히는데 활용되고 있다.

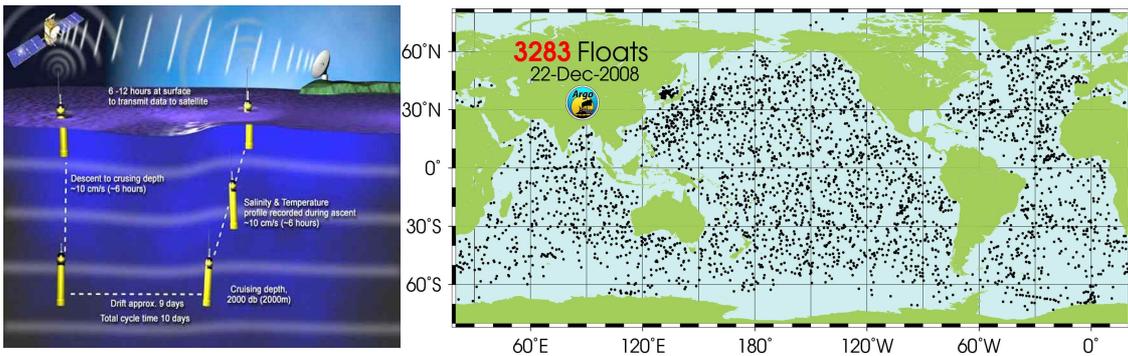


그림 19. ARGO buoy observation system(left) and ARGO buoy locations (right)

10) ARGO: Array for Real-time Geostrophic Oceanography

11) WMO: World Meteorological Organization

12) GCOS: Global Climate Observing System

13) CLIVAR: Climate Variability and Predictability

14) GODAE: Global Ocean Data Experiment

15) GTS: Global Telecommunications System

16) FTP: File Transfer Protocol

### 3. TAO/TRITON array<sup>17)</sup>

TAO는 Tropical Atmosphere Ocean project의 약자로 엘니뇨와 라니냐의 탐지, 이해 및 예측을 위하여 열대 태평양에 해양부이를 설치하여 실시간으로 기상자료와 해표면 수온 등을 측정하여 서비스하는 사업이다. 초기에 TAO는 미국 NOAA<sup>18)</sup> 위주의 사업이었으나 확장되어 2000년 1월부터 일본 JAMSTEC<sup>19)</sup>의 참여로 TAO/TRITON<sup>20)</sup> array로 변경되어 현재 열대 태평양에 약 70개의 해양기상 데이터 부이가 ARGO 위성 시스템으로 실시간 자료를 전송하고 있다.

이 해양기상 데이터 부이 어레이는 엘니뇨/남방진동(ENSO<sup>21)</sup>) 관측 체계, 전지구기후관측체계(GCOS), 전지구해양관측체계(GOOS)의 주요 성분이다. 현재 미국 해양기상대기청(NOAA), 일본 JAMSTEC, 프랑스 등의 참여로 지원되고 있다.

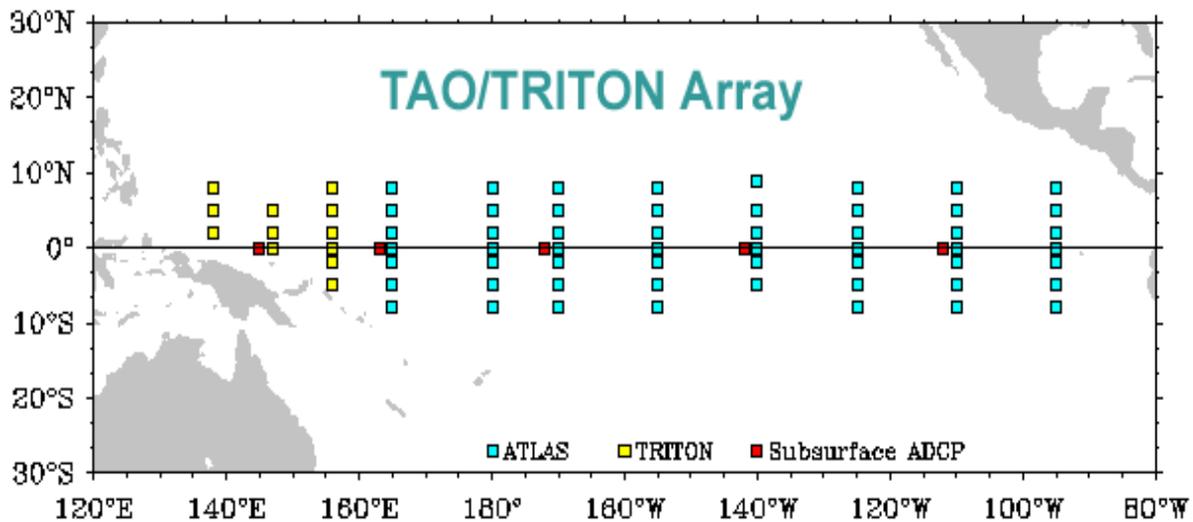


그림 20. TAO/TRITON Array 설치 위치

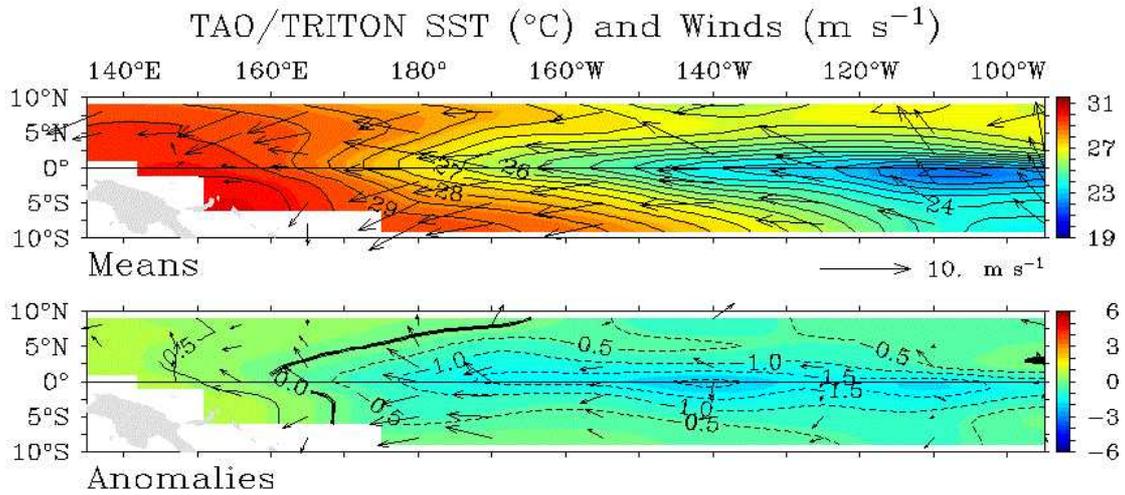
17) <http://www.pmel.noaa.gov/tao>

18) NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration

19) JAMSTEC: Japan Marine Science and Technology Center

20) TRITON: Triangle Trans-ocean Buoy Network

21) ENSO: El Nino-Southern Oscillation



Five-Day Mean Ending on December 31 2008

그림 21. AO/TRITON buoy locations(up) and means and anomalies of temperatures and winds during 5 days

전지구 열대해역 계류부이 어레이<sup>22)</sup>는 기후연구와 예측을 위하여 여러 국가의 노력으로 운영되며 실시간으로 자료가 제공된다. 태평양에는 TAO/TRITON array, 대서양에서는 PIRATA<sup>23)</sup>, 인도양에서는 RAMA<sup>24)</sup>가 운영되고 있으며 목적은 다음과 같다. 태평양에서는 엘니뇨/남방진동, 대서양에서는 북반구와 남반구 간의 이중모드, 적도 온난 사건, 허리케인 활동, 인도양에서는 인도양 이중모드, 계절주기보다 짧은 변동성 등을 관측하고 연구하기 위함이다.

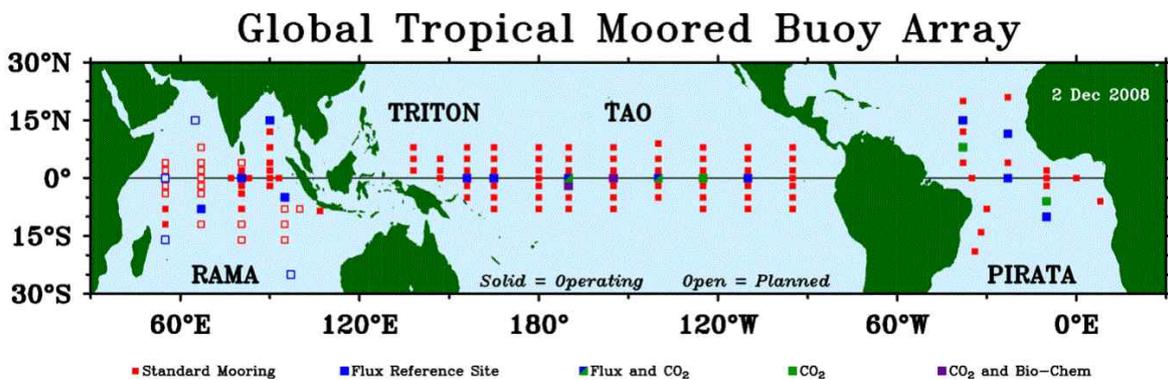


그림 22. Global tropical moored buoy array

22) Global Tropical Moored Buoy Array

23) PIRATA: Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic

24) RAMA: Research Moored Array for African-Asian-Australian Monsoon Analysis and Prediction

#### 4. 미국 - OOI

미국 국립과학재단(NSF)은 31개 해양연구기관이 참여하는 JOI<sup>25)</sup>라는 가상 기구를 만들고 ‘Advancing global understanding of the Earth’ 라는 비전하에 해양시추사업(IODP<sup>26)</sup>)과 같은 대규모 해양연구 사업을 추진중이다. 해양 관측은 IODP와 동등한 위치의 거대사업으로 OOI 프로그램을 시작하였다.

OOI 프로그램에 2008년부터 총 약 5,000억원을 투자하여 총 309.5million US\$가 6년간 관측 네트워크 구축에 사용되고, 총 240 million US\$가 8년간 시설유지 및 운영을 위해 사용되었다.

이 프로그램은 과학자들이 이끄는 ORION<sup>27)</sup>에 의해 관리될 것이다. 기본적으로 OOI 프로그램은 3가지의 범주, 즉,

- ① 케이블망을 이용해 지판을 가로지르는 지구와 심해의 과정(process)을 연구하는 것,
- ② 계류, 부이, AUV 등을 이용해 연안환경의 건강과 안전 등을 관측하는 것,
- ③ 표류계, 부표, 부이 어레이, 계류 및 기타 쌍방향 통신 시스템을 이용해 영양염 순환, 대기-해양 반응, 해류 등의 연구로 구분된다.

MARS, Martha’s Vineyard 연안관측소 등의 유사 프로그램이 선행되었고, ORION은 NEPTUNE, 국제 장기 계류연구, 케이블망으로 연결된 연안고정 관측소 연구 등과 맥을 같이하고 있다.

---

25) JOI: Joint Oceanographic Institutions

26) IODP: Integrated Ocean Drilling Program

27) ORION: Ocean Research Interactive Observatory Networks

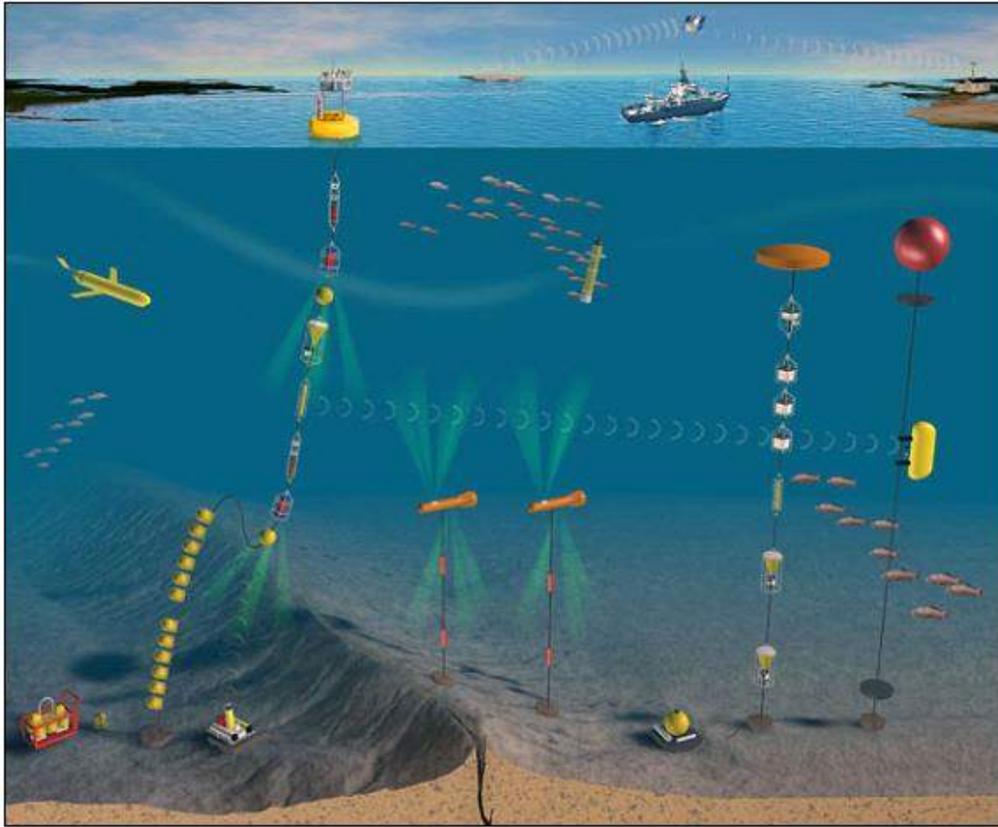


그림 23. Diagram of OOI program

## 5. 호주 - IMOS

해양예보시스템(BLUElink<sup>28)</sup>)에 제공될 해양관측 자료는 IMOS<sup>29)</sup>라는 해양 관측망을 통해 이루어지도록 진행 중이며 호주 NCRIS<sup>30)</sup> (2005~2011년 예산 약 4,400억원)의 핵심사업 중의 하나로 Tasmania 대학을 중심으로 CSIRO<sup>31)</sup>와 해군 등이 참여하며 2006년부터 약 460억원의 연구비가 투입되어 시작되었다.

호주의 각 해역별로 5개 구역의 사업이 있고 해양관측을 위한 11개 분야 (ARGO, 부이관측망, 위성, 무인잠수정 관측 등)로 구분되어 있다.

28) <http://www.cmar.csiro.au/bluelink>

29) IMOS: Integrated Marine Observing System

30) NCRIS: National Collaborative Research Infrastructure Strategy

31) CSIRO: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization

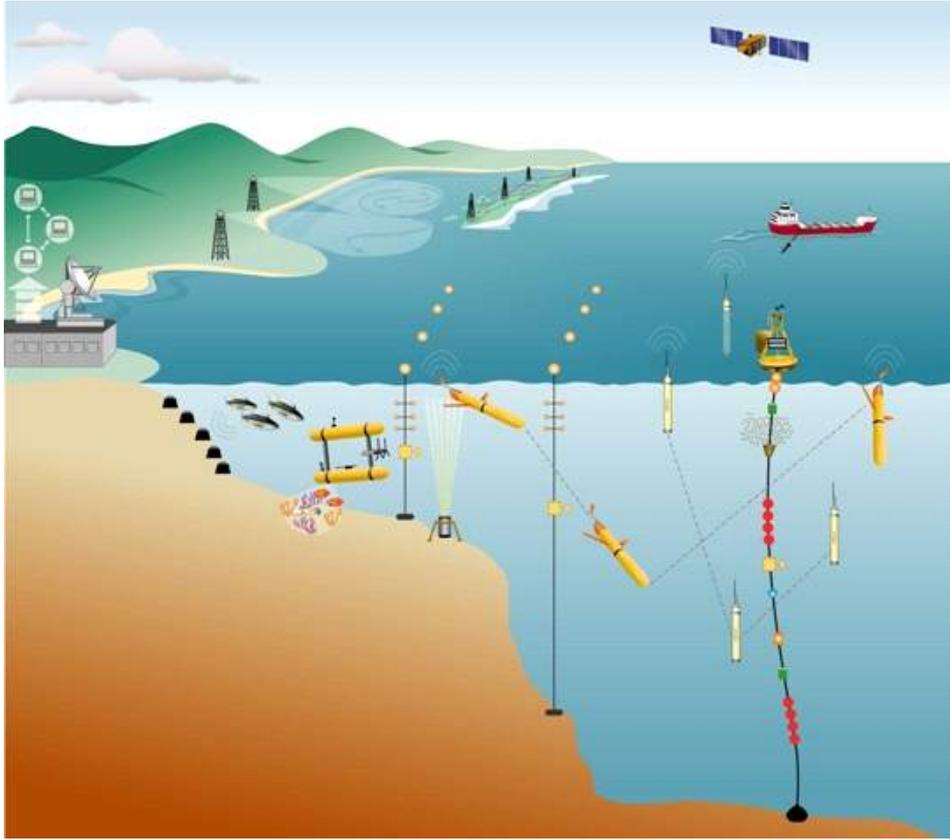


그림 24. Diagram of IMOS

## 제 3 장 국내외 고래 관광 현황 및 적용 방안

### 제 1 절 고래관광 역사

고래관광은 관광이란 플랫폼을 이용해 고래 생태조사와 관광객의 생태 감수성 향상을 목표로 하고 있다. 상업적 고래 관광은 1955년 미국 서부 샌디에이고 돌핀 플리트(Dolphin Fleet)에서 시작되었다. 관광을 통한 과학 연구와 환경 교육의 깃발을 걸고 고래관광을 시작하였다. 국제동물복지기금(IFAW)이 2009년 펴낸 ‘고래 관광 현황’보고서에 따르면, 전 세계 119개국에서 고래관광이 이루어지고, 매년 1300만명이 참여하고 있다.

미국, 캐나다, 멕시코 중심의 고래 관광은 1980년대 후반과 1990년대에 걸쳐 중남미와 호주, 유럽으로 확대되었다. 형태도 다양해져 보트 뿐 아니라 해변과 항공기 및 헬리콥터 혹은 수영을 하면서 고래를 관찰하기도 한다. 고래관광의 과열속에서 부작용(고래 서식환경 교란, 충돌, 고래관광선 전복 등)에서 국제포경위원회(IWC)와 환경단체들은 ‘바람직한 고래 관광’을 위한 가이드라인을 개발, 보급하고 있다.

관광을 통해 과학적 조사를 실시하고, 관광객의 생태 감수성을 높이기 위해 고래관광의 원조격인 샌디에이고의 돌핀 플리트 업체에서는 지역 생태학자를 가이드로 고용했고, 관련 업체와 학자들이 연안연구센터(Centre for Coastal Studies)를 만들어, 지속가능한 고래관광의 모범을 만들어내고 있다. 고래 관광시 매년 연구자 1명 이상이 돌핀 플리트 관광선에 승선해 조사하고, 관광업체의 수익의 일부를 연구비용으로 재출자하는 시스템을 갖추고 있다.

또한 은퇴 과학교사 및 교수 출신의 과학자 상근 자원봉사자를 조직하여 비상업적 연구활동의 원동력을 제공하고 있다. 고래 관광을 개발해야 하는 목적에는 우리가 모르고 있는 사이에 세상에서 사라지는 멸종 위기동물에 대한 경각심과 생태적 감수성을 고양시키고, 미래 세대가 내려야 할 자연 개발과 보존과 관련된 결정에 있어 고래 관광의 경험이나 모델이 영향을 끼치려 하는 것도 포함되어 있다.

## 제 2 절 국내 고래관광 현황

### 1. 울산 고래 관광 현황

- 울산 장생포 고래문화특구 조성되어 있음
  - 장생포고래박물관, 고래생태체험관, 고래바다여행선, 고래문화마을 조성



그림 25. 울산 장생포 고래문화특구 현황

- 국내 유일 고래바다여행선 운행(울산시청)
  - 2014년 고래바다여행선 운항 중 10회 참돌고래떼 만남
  - 2016년 6월 현재, 고래바다여행선은 4~5월 총 42회 출항해 7차례 고래를 발견, 16.7%의 발견율을 보였음. 최근 3년간 평균 발견율보다 높은 수준임(연합뉴스)<sup>32)</sup>
  - 2013년에는 147회 출항 중 21회 성공해 14.3% 확률로 만날 수 있었음
  - 2014년에는 세월호 참사 여파로 출항이 적었고, 87회 중 12번 성공해 13.8%를 기록했음.
  - 2015년에는 143회 출항해 22회 성공, 발견율이 12%까지 떨어졌음
  - 고래바다여행선 선장의 고래발견 경험에 의지하여, 고래 출몰 예정 해역

32)

<http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2016/06/03/0200000000AKR20160603141300057.HTML?from=search>

으로 출항하여 고래를 만나는 경우가 대부분임

- 고래 출몰 예정 해역에 고래 출현 정보 시스템을 설치하며, 인력 및 경비 등의 절약효과가 있을 것으로 판단됨

### 고래 만남날

2014년 고래만남 날 | 작성일 : 2014.08.29 |  
작성처 : 관례팀 | 조회수 : 1735 |

2014년 고래만남 날

일시	고래종류	비고
2014. 4. 9 13시 10분경	장돌고래떼 500여마리	
2014. 4. 13 11시 05분경	핑크고래 2마리	
2014. 4. 20 16시경	장돌고래떼 1500여마리	
2014. 6. 22 15시 45분경	장돌고래떼 1000여마리	
2014. 7. 12 13시 45분경	장돌고래떼 4000여마리	
2014. 7. 20 11시 30분경	장돌고래떼 2000여마리	
2014. 8. 7 11시 10분경	낮돌고래떼 1000여마리	
2014. 8. 13 11시 25분경	장돌고래떼 1000여마리	
2014. 8. 23 14시 20분경	장돌고래떼 3000여마리	
2014. 8. 24 11시 50분경	장돌고래떼 500여마리	





그림 26. 울산시청에서 운영중인 고래바다여행선 관련 사진

## 2. 제주 고래 관광 현황

### ○ 제주 김녕요트투어 현황

- 요트투어와 함께 제주남방돌고래를 함께 볼 수 있는 관광상품으로 구성되어 있음
- ‘돌고래투어(총 90분)’를 통해 돌고래서식지 전부를 탐방하여 남방큰돌고래를 접할 수 있도록 ‘돌고래투어’ 여행상품 등이 있음
- 돌고래투어 코스는 김녕항-김녕 해수욕장-해상풍력단지-두력산-월정해수욕장을 경유하는 코스이며, 남방큰돌고래 주 출현지역으로 설정되어 있음



그림 27. 제주 김녕요트투어 돌고래투어 코스 안내

- 또한, 돌고래 출석부를 설치하여, 방문객에게 돌고래 조우 관련 통계 자료 제시
- 매회 남방돌고래와 조우는 불가능하며, 과학적 자료획득(고래소리 녹음 등)은 수행되지 않음
- 과학적 자료획득을 통한 돌고래 생태 연구가 이루어져야 할 것으로 판단됨



그림 28. 제주 김녕요트투어 돌고래 출석부

- 돌고래 생태관광시 주의사항 명시
  - ① 돌고래를 관찰하는 요트는 돌고래무리로부터 40여 미터 거리를 유지하여 그들의 진로를 방해하지 않아야 합니다.
  - ② 돌고래 무리의 주위를 돌며 운항하거나 에워싸는 행위는 금합니다.
  - ③ 돌고래에게 먹이를 주는 행위를 금합니다.
  - ④ 관심을 유도하기 위해 신호를 보내거나 음파로 유인을 하는 행동을 해서는 안됩니다.
  - ⑤ 돌고래 무리가 선박으로 다가오면 엔진을 중립으로 하여 프로펠러에 의한 부상으로부터 돌고래를 지켜야 합니다.
- 돌고래 행동의 이해에 관한 정보 제공
  - ① Spynopping : 머리를 수면위로 수직으로 몸을 세우고 올라오는 행위  
(raising the head vertically out of the water)
  - ② Breaching : 물위로 몸을 날린 후 침범하는 큰 소리와 함께 물속으로 들어가는 행위 (leaping clear of the water and landing with a loud splash)
  - ③ Bow-riding : 요트나 선박으로 인해 일어나는 파도를 타며 앞으로 함께 나아가는 행위 (riding on the pressure wave created ahead of the bow of a vessel)
  - ④ Lobtailing : 꼬리지느러미를 물표면 위에 강하게 흔드는 행위  
(forcefully slapping the fluke, or tail fin, against the surface of the water)

Photo Gallery를 통한 방문객과의 커뮤니티 유지하는 시스템을 갖추고 있었으며, 경합한 방문객들과 방문을 원하는 고객에게 직접적인 정보 제공 역할을 하고 있었다. 부산시에서 고래관광 여행 상품을 운영할 경우 Photo Gallery 등을 벤치마킹하여 운영할 필요가 있다.

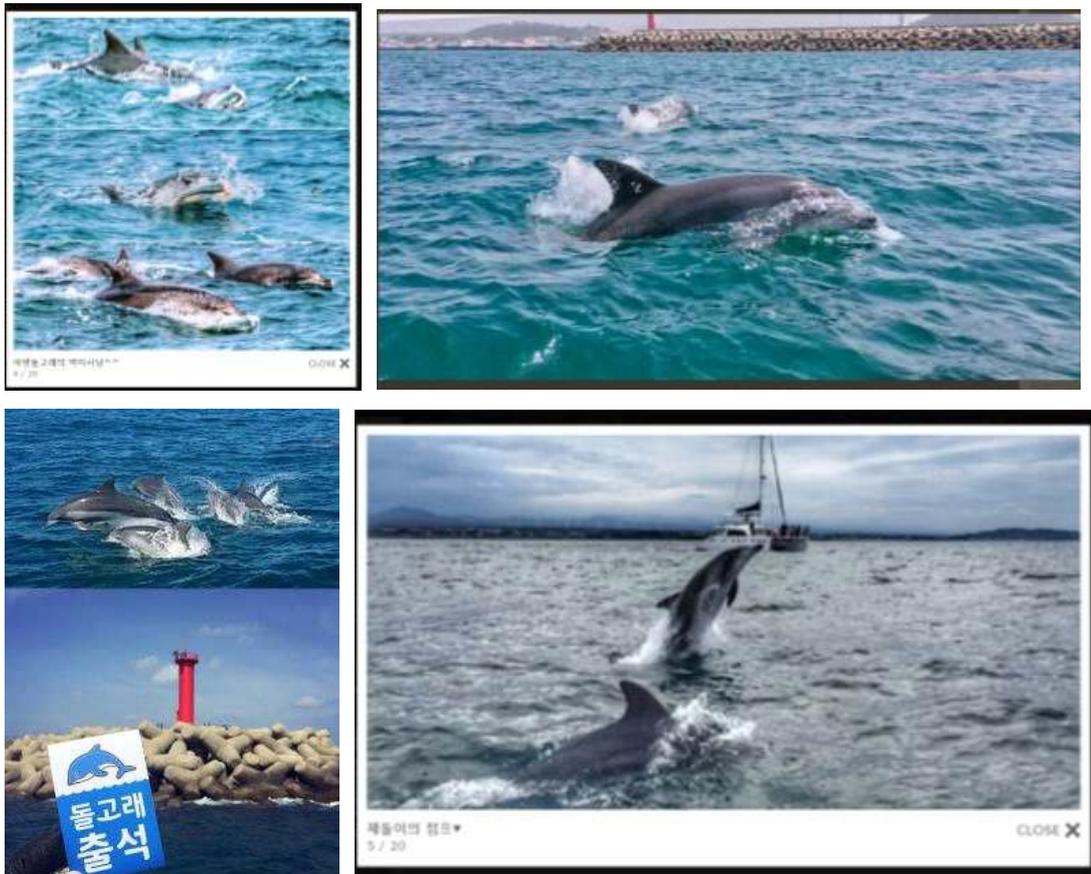


그림 29. 김녕요트투어에서 제공하는 방문객 전용 갤러리 사진

### 제 3 절 국외 고래관광 현황

#### 1. 국외 고래 관광 개요

- 미국, 호주, 일본 등을 포함한 세계 45여 개국에서 친환경 고부가가치 산업으로 각광받고 있음
- 고래보는 1995년 캘리포니아주 샌디에고의 어부가 자신의 배에 “귀신 고래보기 관광 1달러” (Whale watching tours to see Gray whales: \$1) 라고 쓴 간판을 달고 다니면서 시작
- 1967년 과학자 로잔페인박사에 의하여 “흑등고래의 노래”가 발견되었고, 1970년에는 반포경운동의 분위기와 함께 풀원더씨에 의하여 흑등고래의 노래를 삽입한 앨범이 발표되어 고래에 관심이 높아져 고래보기 산업이 크게 발전함
- 1980년대 이후 고래보기라는 관광산업은 비약적으로 발전하여 오늘날에 이르고 있음
- 일본의 경우 춘계 흑등고래의 회유경로를 따라 북(Shibetsu)에서부터 태평양 연안을 따라 남쪽인 Kumezima, Zamami, Tokasiki에 이르기까지 전국에 걸쳐 돌고래를 포함하여 20여 곳에서 고래보기 관광산업이 활발히 진행되고 있음

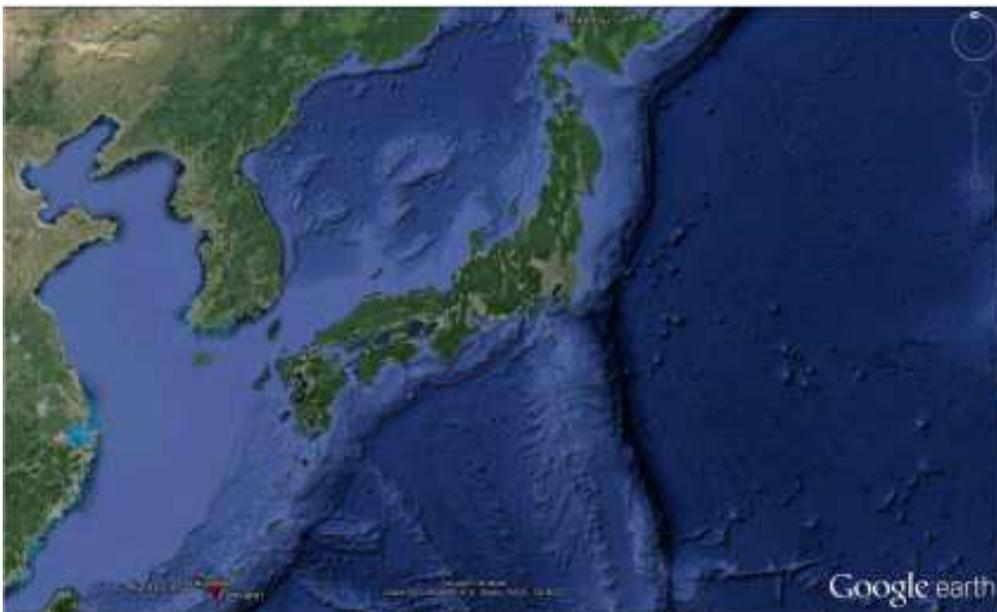


그림 30. 일본 흑등고래 회유경로

## 2. 국외 고래관광 산업적 현황

- 미국, 호주, 일본 등을 포함
- Erich Hoyt의 2001년 조사연구에 의하면 고래관광은 대부분 IWC(International Whaling Commission)의 회원국에서 진행 되어왔음
- 전 세계적으로 비교하여 봤을 때, 47.8% 고래관광은 미국에서 진행되고 있음
- 1995년 미국에서 처음 고래관광을 시작하였으며 1994년에서 1998년까지 매년 4.17%의 지속적인 속도로 확장하였음
- Erich Hoyt의 2001년 조사연구에서 1998년까지 전 세계의 고래관광 발 전국은 다음과 같이 요약
  - 상업 고래관광에 참여 국가 및 기구, 1994: 65
  - 상업 고래관광에 참여 국가 및 기구, 1998: 87
  - 상업 고래관광에 참여 기구, 1994: 295
  - 상업 고래관광에 참여 기구, 1998: 492

표 1. 세계의 고래관광객의 지출

년도	고래관광객수량	직접 지출	총 지출
1991	4,406,957	USD \$77,034,000 or GBP £ 44,787,000	\$317,854,000 £ 184,799,000
1994	5,425,506	\$122,445,000 £ 75,583,000	\$504,278,000 £ 311,283,000
1998	9,020,196	\$299,509,000 £ 186,924,000	\$1,049,057,000 £ 654,716,000

- 1991년에서 1994년까지 매년 증가 백분율은 10.3%
- 1994년에서 1998년까지 매년 증가 백분율은 13.6%
- 1991년에서 1998년까지 매년 증가 백분율은 12.1%
- 전 세계의 고래관광 성장 백분율에서 고래관광은 1990년부터 급속도로 성장하고 있으며, 꾸준히 증가하는 추세를 보임

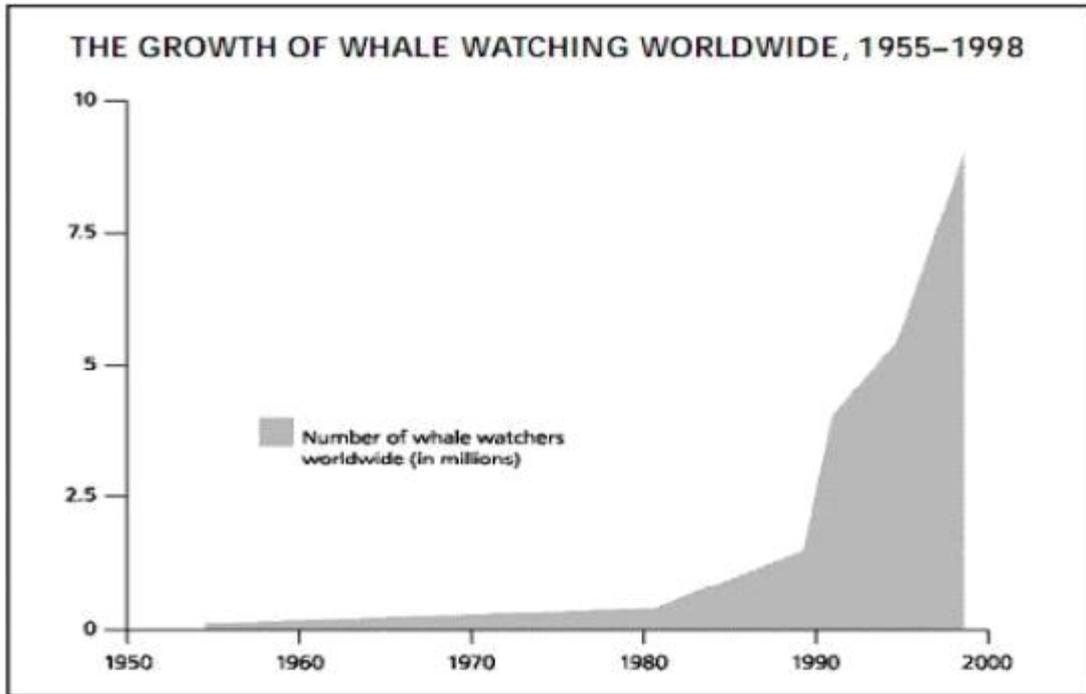


그림 31. 1955년부터 1998년까지 전 세계의 고래관광 성장 백분율

- Hoyt의 조사결과에서는 고래관광자 인수, 직접적인 지출과 총 지출로 각 나라 고래관광의 성장형태를 설명
- 각 대륙별, 나라별 상세하게 설명하였으나 본 연구에서는 그 87개 나라 또는 기구 중 아이슬란드, 일본, 호주 그리고 노르웨이의 성장비율 검토

표 2. 전 세계 고래관광의 성장평가

년도	직접지출	총지출	출처
1982	USD \$4.1 million or GBP £ 2.4 million	\$14 million £ 8.4 million	Kaza 1982; Kelly 1983; Sergeant(pers comm.)
1988	\$11-16 million or £ 6.4-9.3 million	\$38.5-56 million £ 22.4-32.6 million	Kraus 1989
1991	\$77.0 million or £ 44.8 million	\$317.9 million £ 184.8 million	Hoyt 1992
1994	\$122.4 million or £ 75.6 million	\$504.3 million £ 311.3 million	Hoyt 1995
1998	\$299.5 million or £ 186.9 million	\$1,049 million £ 654.7 million	Hoyt 2001

○ 아이슬란드

- 1990년대 중·후반기 아이슬란드에서 고래관광산업이 그동안 다른 나라와 비교해서 매년 250.9% 비율로 최고의 신속한 속도로 성장하였다. 1994년 200명 정도 관광객만 유치하였으나 1998년까지 30,330명 관광객을 유치하는 놀라운 성장을 하였으며 고래관광 산업은 점차 관광의 한 분야로 자리매김하였다.

표 3. 아이슬란드 고래관광객과 지출 현황

Year	No. of whale watchers	Direct expenditures	Total expenditures USD
1991	100	\$17,000	\$60,000
1994	200	\$32,000	\$146,000
1998	30,330	\$2,958,000	\$6,470,000

○ 일본

- 1994년에서 1998년까지 일본의 고래관광산업이 매년 16.8%의 비율로 성장하였으며 1991년에서 1998년까지 평균 성장률은 37.8%였음
- 1998년 102,785명 관광객들이 일본에서 고래를 관광하였음

표 4. 일본 고래관광객과 지출 현황

Year	No. of whale watchers	Direct expenditures	Total expenditures USD
1991	10,992	\$371,000	\$4,748,000
1994	55,192	\$3,384,000	\$23,539,000
1998	102,785	\$4,300,000	\$32,984,000

○ 호주

- 호주의 경우 2003년 160만 명이 고래관광을 위해 찾아왔으며, 매년 15%의 성장률로 연간 2,490만 호주달러를 벌어들이고 지역경제에 크게 기여
- IWC의 보고(2003년)에 의하면 13개국(미국, 영국, 프랑스, 아일랜드, 스페인, 노르웨이, 호주, 뉴질랜드, 오만, 멕시코, 브라질, 아르헨티나, 일본 등)에서 전문적인 고래관광 산업이 이루어지고 있으며, 전 세계에서 400만 명이 참여하여 연간 3억 달러를 쓰고 있는 하나의 산업으로 정착하고 있음(이현익, 2006, 고래관광상품 개발방안-울산광역시 남구의 사례를 중심으로)

표 5. 호주 고래관광객과 지출 현황

Year	No. of whale watchers	Direct expenditures	Total expenditures USD
1991	335,200	\$3,056,000	\$32,269,000
1994	446,000	\$4,662,000	\$45,000,000
1998	734,962	\$11,869,000	\$56,196,000

○ 노르웨이

- 노르웨이 고래관광은 1994년부터 1998년까지 매년 18.8%의 비율로 성장
- 1998년, 22,380명이 고래관광에 대해 1200만 미국달러를 소비

표 6. 노르웨이 고래관광객과 지출 현황

Year	No. of whale watchers	Direct expenditures	Total expenditures USD
1991	4,563	\$459,000	\$1,607,000
1994	11,227	\$834,000	\$4,567,000
1998	22,380	\$1,632,000	\$12,043,000

### 3. 하와이 고래관광 현황(빅 아일랜드, 2016년 1월)

Mauna ani Sea Adventures를 방문하여 고래관광을 직접 체험하였다. 고래관광 선박은 승선 정원 20명에 크기는 약 10톤 정도의 요트였다. 당일 파고가 1~1.5 m 정도로 조금 높아 체험자체가 힘들 정도였다. 고래관광 업체에서는 기상악화 및 고래를 목격 못할 경우 언제든지 다시 볼 수 있는 anytime free ticket을 발급해 주는 프로모션을 실시하였다. 국내 고래관광에서도 반영할만하다. 출항하면서 선박 운항에 따른 안전 교육과 고래의 생태에 관한 간략한 설명을 해주었다. 승선하면서 즐길 수 있는 간식(과일, 비스킷, 음료 등)도 준비되어 있었으며, 승조원이 직접 서빙하는 서비스였다.

항구로부터 약 5 해리 정리 나오니 흑등고래가 목격되었다. 다른 고래관광선 주변에서 흑등 고래 5~6마리가 무리지어 관광선 주변을 맴돌고 있었다. 우리 고래관광선이 근처에서 고래를 관광하고 있으니, 다른 고래관광선에서 무전으로 여기는 자기가 먼저 도착한 곳으로 우리 배에게 다른 곳으로 가라고 하였다. 아마도, 업체 또는 지역별로 해당 영역이 존재하는 것 같았다.

2시간 투어를 하는 동안 흑등고래의 꼬리가 수면에 올라오는 장면은 5분 내외였다. 그리고 고래가 숨을 쉬기 위해서 해수면 밖으로 내뿜는 물연기를 볼 수 있었다.

하와이 빅아일랜드 고래관광을 요약하면 아래와 같다

- Mauna Lani Sea Adventures 고래관광 체험
- 하와이 경우 흑등고래(humpback)가 정주하는 관광 조건이었음
- 사용료 : 1인당 USD \$103.125
- 출항 후 고래 미 발견 시 추후 1년간 무료 관람 혜택(대부분 고래 조우 가능)
- 선상 뷔페를 포함한 간단한 음료 및 과일 등을 제공함
- 고래관광 체험시 대부분 고연령 외국인이었음
- 고래 관광선 별로 특정 해역이 구분되어 있었으며, 서로 간섭 불가
- 고래와 관광선은 일정거리 유지하며, 이를 통한 고래 보호
- 고래 생태에 영향을 미치지 않는 방법으로 진행하였으나, 선장의 경험으로 고래 출몰지역을 찾아가는 비과학적인 방법이었음



그림 32. Mauna Lani Sea Adventures 고래관광 체험 사진

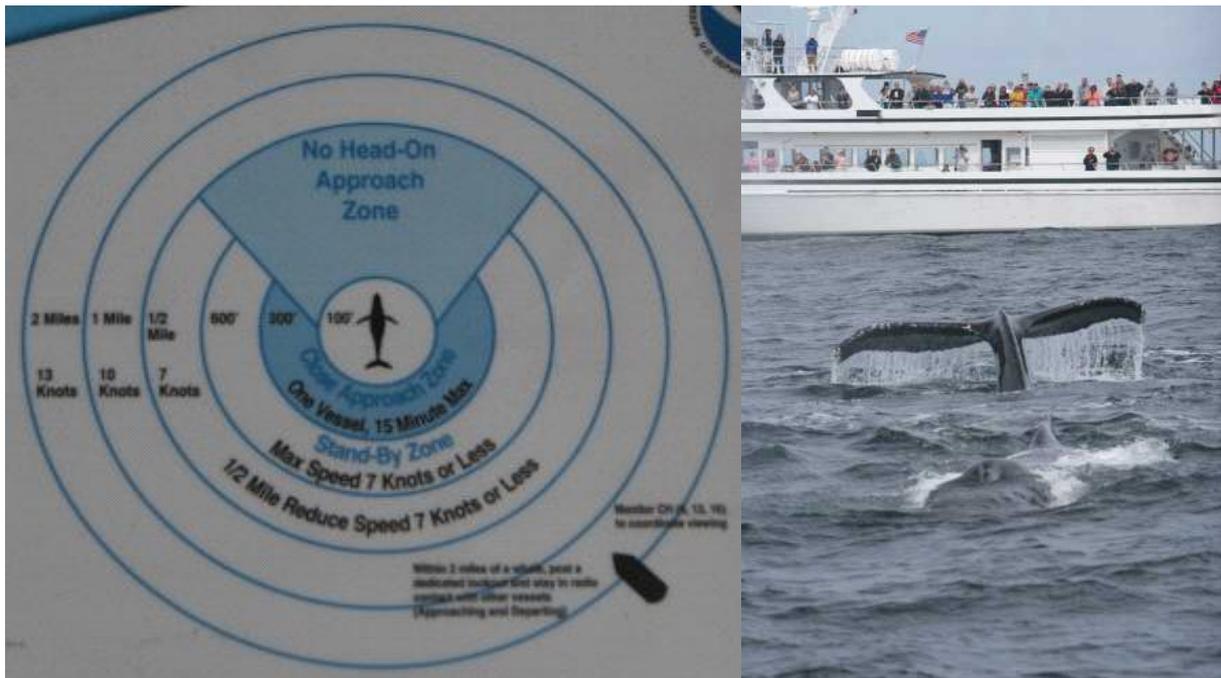


그림 33. 고래 관광 가이드라인 및 고래 관광 체험 사진

## 제 4 절 부산지역 관광산업 현황 및 적용 방안

### 1. 부산지역 유람선 관련 관광산업 현황

- 부산시청 홈페이지 소개 중인 크루즈 투어(10개 콘텐츠)
  - 자연경관을 관광하는 요트, 유람선이 전부임

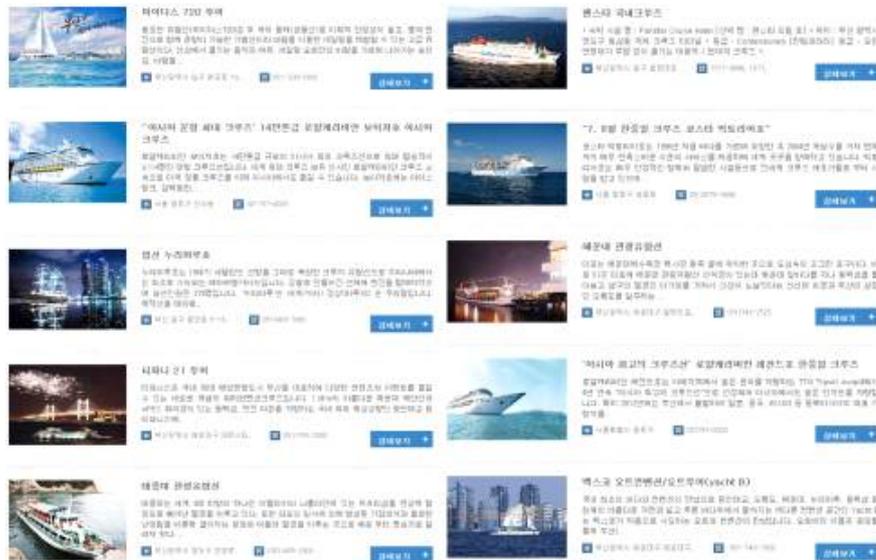


그림 34. 부산시청 추천관광 중 크루즈 투어 10개 콘텐츠

- 낙동강 생태탐방선 (부산관광 공사)
  - 생태를 강조한 에코투어를 위한 유람선 존재



그림 35. 낙동강 생태탐방선 및 탐방안내도

## 2. 부산지역 기존 관광 자원과 연계 방안

부산시의 기존 해양 관련 관광지는 을숙도 생태공원, 태종대 국가지질공원, 오륙도 생태계 보존지역, 아쿠아리움 등이 있다. 부산시 해양생태계 에코관광 네트워크를 구축한 관광 콘텐츠 개발이 필요하다.



그림 36. 부산시 해양관광 관련 관광지

네트워크를 구축하기 위해서는 각각 개별적으로 이루어지고 있는 콘텐츠를 패키지 형태로 개발해야 한다. 예를 들어 일본 오사카에는 주유패스라는 승차권을 이용하여 지하철 및 주요 관광지를 할인된 가격으로 관람할 수 있다.



그림 37. 일본 오사카 주유패스 승차권



그림 38. 일본 오사카 주유패스를 이용한 관광 코스(예)

부산 해양생태계 에코관광은 을숙도-태종대-해상고래관광-오륙도-아쿠아리움을 연계하여 개발해야 할 것이다. 개별적인 관광도 가능하며, 에코 관광의 경우는 개별적인 관광보다는 할인된 가격으로 제공하면 자연스럽게 해상고래 관광을 접할 수 있을 것이다.



그림 39. 부산시 기존 관광 자원과 연계 방안

## 제 4 장 해양포유류 모니터링 시스템

### 제 1 절 해양포유류 모니터링 시스템 개요

#### 1. 모니터링 시스템 개요

수중음향기술을 이용한 해양포유류 모니터링 시스템은 3 부분으로 나누어 설계 하였다. 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 40. 해양포유류 모니터링 시스템 개념도

광역모니터링 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.

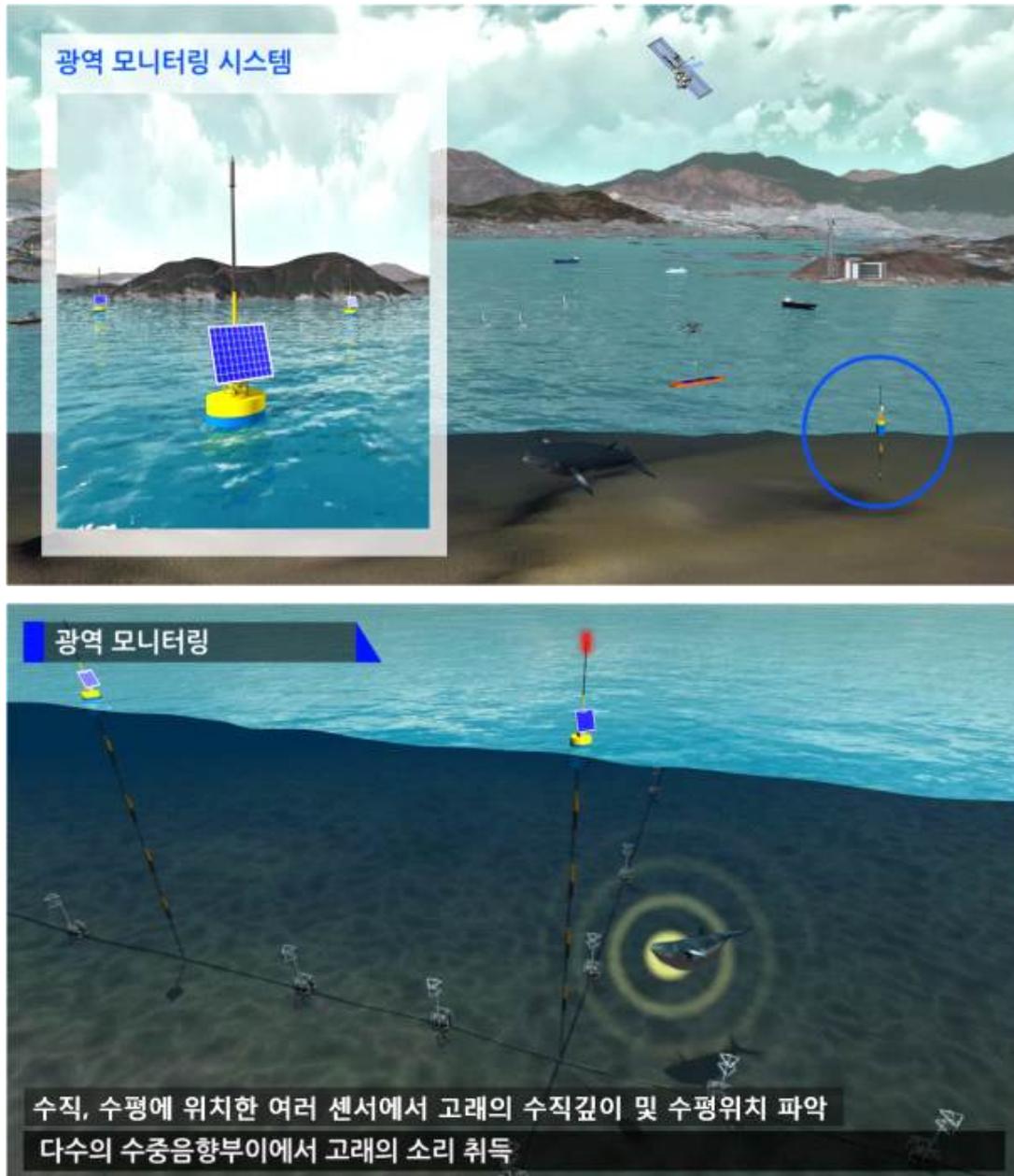


그림 41. 광역 모니터링 시스템 개념

## 제 2 절 선배열형 수중음향센서 배치(안)

### 1. 필요성

돌고래는 시야가 제한된 어두운 바다에서는 특정 위치로 이동하거나, 상호 의사소통, 사냥, 포식자로부터 회피 등을 위하여 소리를 발생하거나 수신하는 방법에 크게 의존하는 것으로 알려져 있다.

### 2. 돌고래 신호 특성

돌고래가 발생하는 음파는 주파수 범위가 0.2kHz에서 150 kHz 사이에 분포하며, 돌고래는 40kHz에서 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 5~200미터 정도의 근거리에서 주로 사용한다.

돌고래는 각 개체의 식별을 signature whistle을 이용하고, 이러한 signature whistle은 소노그램의 형상으로 구분이 가능하여 개체 식별 가능하다. 이러한 신호는 1초 이내로 지속되는 7에서 15kHz의 신호 특성을 가진다.

한반도 해역 특히 고래가 많이 서식하는 동해 연안에서 고래 탐지에 사용되는 주파수 대역인 10kHz 이상에서의 수중소음은 약 50dB 이하로 나타난다.

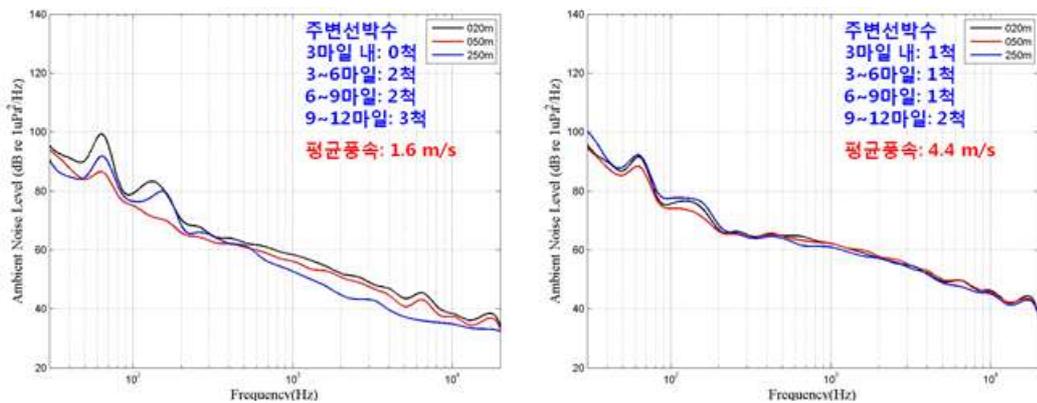


그림 42. 한반도 동해 해역에서 관측한 수중소음(예)

### 3. 배열센서의 설계

선배열 수중음향센서는 4채널 네스티드 어레이 형태로 설계한다. 설계 주파수는 각각 10 kHz, 20 kHz, 40 kHz, 80 kHz로 계산하며, 가중치 -40 dB (체비셰프 윈도우)로 계산한다. 계산 결과 배열 센서가 41개의 경우(순번 10) 가장 효율적인 것으로 계산 되었다.

표 7. 배열센서 설계 결과 정리

순번	배열 센서수	총 소요 센서	배열 길이(m)	3dB 빔폭(°)	DI (dB)
1	5	11	0.3	28.0	7.8
2	9	21	0.6	16.2	10.2
3	13	31	0.9	11.2	11.9
4	17	41	1.2	8.4	13.1
5	21	51	1.5	6.8	14.0
6	25	61	1.8	5.6	14.8
7	29	71	2.1	4.8	15.4
8	33	81	2.4	4.2	16.0
9	37	91	2.7	3.8	16.5
10	41	101	3.0	3.4	17.0
11	45	111	3.3	3.2	17.4
12	49	121	3.6	2.8	17.7

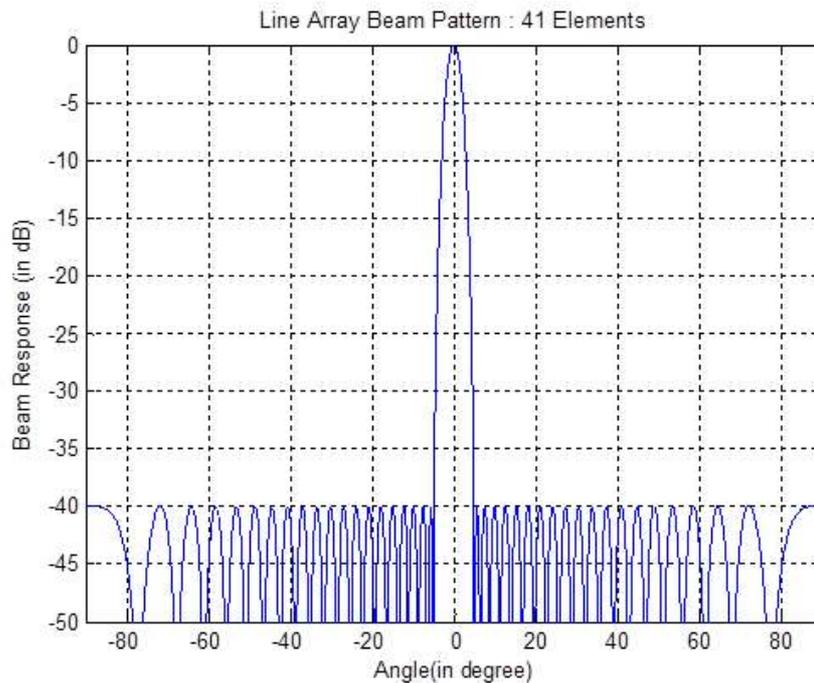


그림 43. 선배열형 빔 패턴 : 41 elements

#### 4. 전달손실 계산

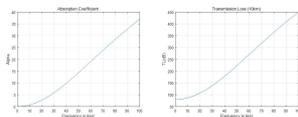
○ 전달손실  $TL = 20 \log(r) = 20 \log(10000) = 80dB$

○ 음수손실  $\propto f \cdot f^2$

where  $a$ 's in  $\frac{dB}{km}$ ,  $f$ 's in kHz

8.

$20^\circ C \Rightarrow A_s = 4.937$



## 5. 능동소나 방정식 계산 결과

선배열형 센서 배치 간격을 계산을 위하여 각각의 주파수를 이용하여 전달 손실을 계산하였다.

○ 10 km 거리, 문턱값(Detection Threshold 6 dB)

○ 능동소나 주파수 10 kHz에서 필요한 음원 레벨

$$SL = NL + TL + DT - DI = 50 + 87.25 + 6 - 17 = 126.25dB$$

○ 능동소나 주파수 20 kHz에서 필요한 음원 레벨

○ 능동소나 주파수 30 kHz에서 필요한 음원 레벨

○ 능동소나 주파수 40 kHz에서 필요한 음원 레벨

○ 최종 계산 결과  
고주파인 Click 보다는 비교적 저주파(20 kHz이하)인 Whistle 소리를  
발견하면 10 km 이내에서 탐지가 가능할 것으로 계산되었다.

## 6. 고래 모니터링 부이 설치(안)

### 가. 부산시 에코투어를 위한 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)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 45. 고래 모니터링 부이 설치(안)

## 나. 한반도 전역 고래 모니터링 부이 설치(안)

부산시에 설치한 고래 모니터링 부이가 성공적으로 이루어지면, 한반도 전역에 고래 모니터링 전용 부이를 설치하여 고래의 이동 경로 및 생태 연구가 가능할 것이다.

또한 한반도 전역 모니터링 방법은 기존에 유지하고 있는 국립해양조사원, 기상청, 항로표시 부이 등에 선배열형 수중음향센서를 설치하여 모니터링 할 수 있는 방법이 있다.

위와 같이 수중음향 네트워크가 구축되면 한반도 해역에서 회유하는 고래류의 이동 경로 등에 관한 과학적인 해석이 가능할 것이다.



그림 46. 향후 한반도 근해 수중음향 네트워크 구축(안)



## 가. 실시간 모니터링 시스템 부이 구성

실시간 해양환경 모니터링을 위하여 직경 2.4m 해양관측부이를 이용하고 관측 부이는 관측센서, 자료저장 및 전송, 전원공급 시스템으로 구성된다. 관측센서 및 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 Iridium 통신위성으로 송신하는 모듈을 추가하여 CDMA/Iridium dual 자료전송시스템으로 구성한다. 전원공급 시스템 : 자체 배터리를 내장하고 태양광충전 패널 4개를 부착하여 장기간 독립적으로 운영할 수 있도록 구성한다.

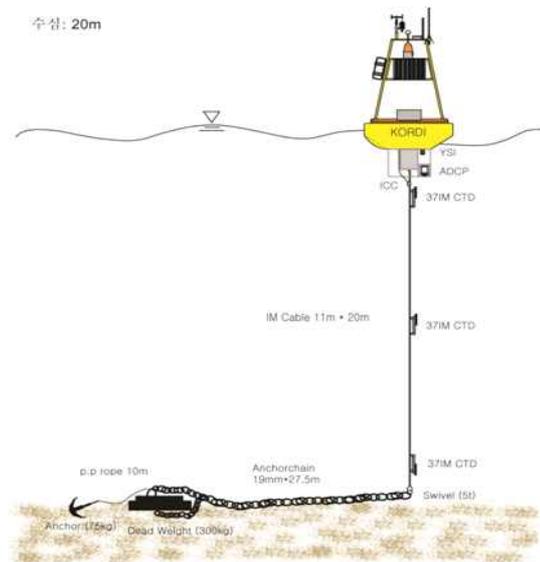


그림 48. 해양환경 모니터링 부이 설치(예)

## 나. 실시간 해양환경 관측자료 가시화 프로그램

해양관측부이에서 관측한 해양환경 정보를 실시간으로 표출할 수 있는 가시화 프로그램을 개발하였다. 관측 위치와 관측 자료의 특성에 적절한 시계열 시간변화도 및 분포도를 작성하여 해양환경 변화를 실시간으로 쉽게 파악할 수 있도록 구성한다.

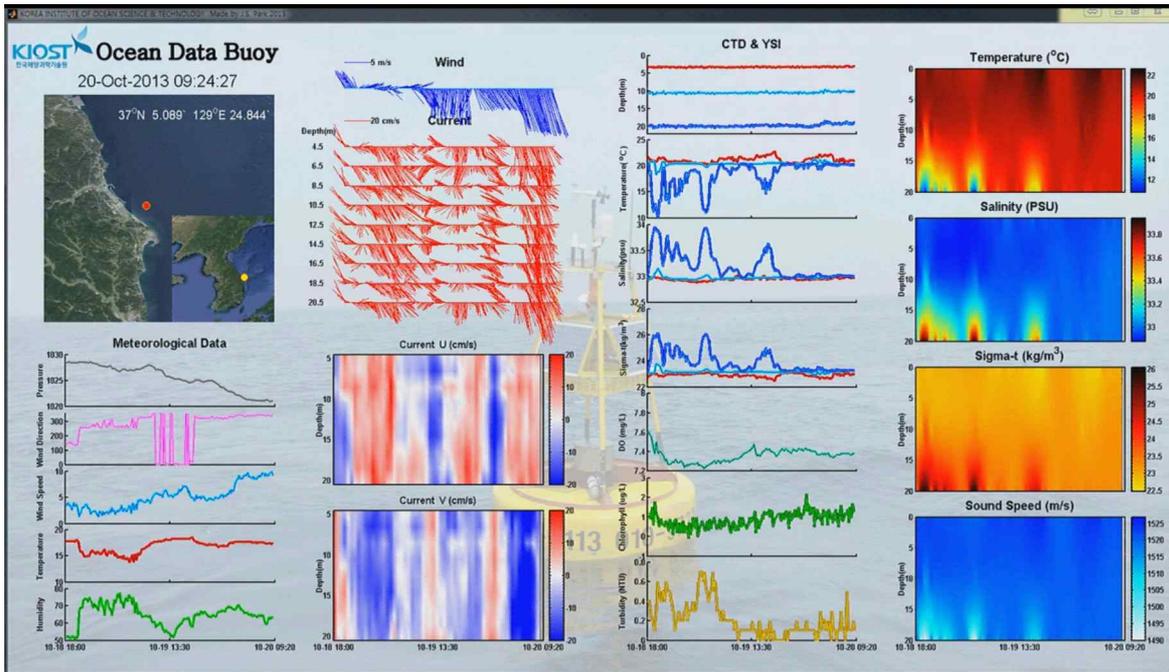


그림 49. 실시간 관측자료 가시화 프로그램(예)

## 다. 선배열형 음향센서 구성

### (1) 센서 개념

선배열형 음향센서는 수중 음향신호를 수신하는 센서모듈과 육상과 센서모듈간의 전기적 기구적 연결을 담당하는 연결합체, 광케이블로 구성한다.

표 8. 선배열형 음향센서 구성 개요

구 성	설계 개념	비 고
복합광케이블	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 부이로부터 수중음향센서부로의 전원공급 및 센서신호의 모니터링센터 음향신호수신장치로 전송</li> <li>- 전원라인의 저항 최소화를 위한 동튜브를 통한 전원공급</li> <li>- 해저 매설 운용 환경 하에서의 장기적인 내구성 및 고신뢰성</li> <li>- 포설 및 회수 장비와의 연동 운용성</li> </ul>	부이에서 전원 공급
센서연결합체	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 복합광케이블과 센서부간의 전기적/광학적/기계적 접속</li> <li>- 광변환기 조립체 내장</li> <li>- 해저 매설 운용 환경 하에서의 장기적인 내구성 및 고신뢰성</li> <li>- 포설 및 회수장비와의 연동성 확보</li> </ul>	
센서부(기구부)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 음향센서 간섭최소화 구조 적용</li> <li>- 센서부내 주요 부품 보호 장착 구조 설계</li> <li>- 연결부 수밀을 위한 압출 몰딩 기술 및 보호 슬리브 구조 설계</li> <li>- 해저 매설 운용 환경 하에서의 장기적인 내구성 및 고신뢰성</li> </ul>	
센서부(전자부)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 아날로그 전처리 회로부의 저전력 /소형화 설계 : 비선형 최적화 기법 및 잡음 모델링을 통한 저잡음 회로설계</li> <li>- 부품수 최소화 및 소규모 H/W 적용한 신호 전송부 설계 (장기 신뢰도)</li> <li>- 고신뢰성 전자부 설계 : 저전력 소모형 회로 설계, 소요 부품수 최소화, 고품질 조립/제작 기술 적용 : 환경시험을 통한 신뢰성검증 및 초기고장 배제 노력</li> </ul>	
음향신호 수신장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 복합광케이블과 육상장비와의 신호 및 전원 연동기능</li> <li>- 센서부 직류 전압 공급</li> </ul>	부이에서 전원 공급

## (2) 센서 모듈

센서모듈 각 구성품은 수중청음기, 전치증폭기 조립체, 노드 조립체, 2차전원 조립체로 구성된 음향센서부와 TDM로직 조립체, 2차전원 조립체로 구성된 신호전송부로 구성되었다. 센서모듈은 음향센서부와 신호전송부를 1개의 모듈에 일체형으로 제작구성된다.

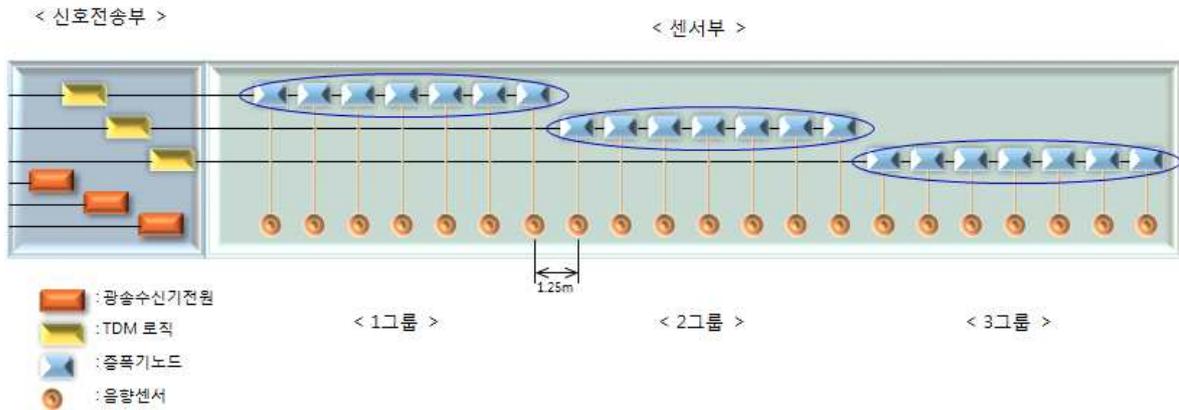


그림 50. 센서 모듈 내부 구성도

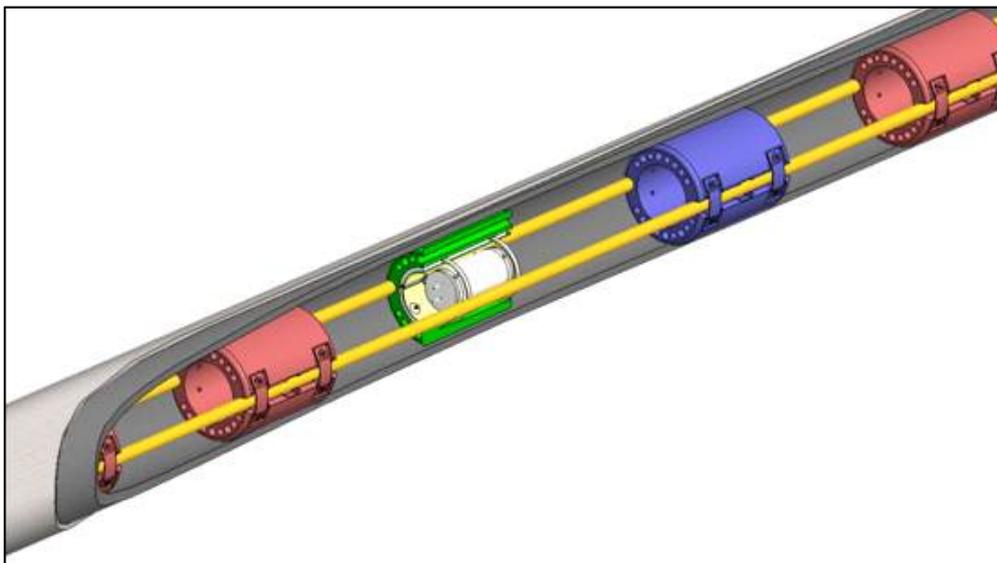


그림 51. 센서 모듈 내부 구조

(가) 수중 청음기

수중의 배경소음 및 표적으로부터 방사되는 음향신호를 수신하여 전기적인 신호로 변환하는 기능을 가지며, 변환된 신호는 전치증폭기의 입력에 인가된다.

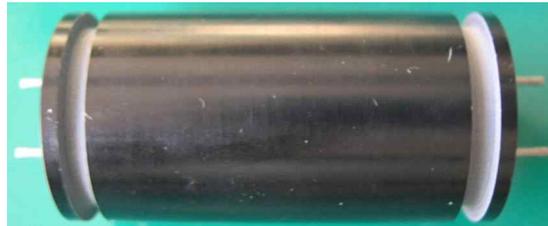


그림 52. 수중청음 센서

표 9. 수중청음 센서 사양

구 분	규 격
수신 감도	-193.5dB/V/uPa (±2dB)
주파수 범위	10Hz ~ 12.8kHz
지향성	±2dB (at 12.8kHz)
커패시턴스	2,400pF (±10%)

(나) 전치증폭기

전치증폭기는 수중 청음기의 미약한 아날로그 신호를 외부잡음의 유입 없이 증폭하기 위한 저잡음 증폭기, 아날로그/디지털 변환기(ADC)의 동적범위 증대를 위한 수중소음 보정(SNC : Sea Noise Correction)회로, A/D변환 시 발생할 수 있는 중첩 현상에 의한 왜곡 방지를 위하여 입력 신호의 대역을 규정된 범위로 제한하는 저역 통과 필터, 수중음향 센서부의 전기적 특성을 확인하기 위해 외부에서 인가되는 시험신호를 수신할 수 있는 시험신호 입력 회로 등으로 구성한다.



그림 53. 프리 앰프(예)

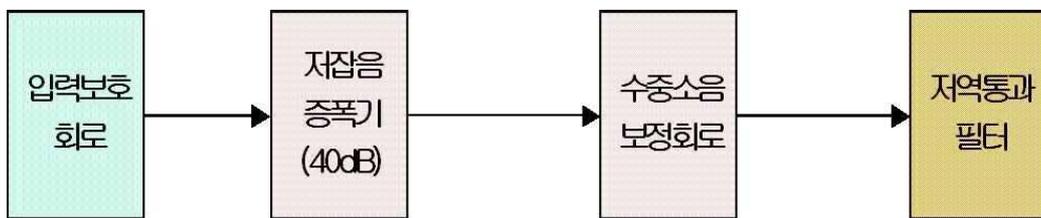


그림 54. 프리 앰프 구성 및 신호처리 구성도

표 10. 프리 앰프 사양

구 분		규 격							
입력 임피던스		10MΩ							
출력 잡음	주파수(Hz)	10	30	100	1K	3K	8K	12.8K	
	잡음(dB이하)	-130	-126	-124	-121	-111.5	-103.5	-104.5	
출력 형태		전압							
전원전압		±10V 이상							
소비전류		±20mA이하							
신호 출력 범위		최대 ±10Vpk							
채널간 최대 위상편차		±5° (at f=4KHz)							
왜율		0.1% 이하 (at f=4KHz)							
DC_Offset		±1mVrms이하							
주파수 특성 및 이득	주파수(Hz)	10	30	100	300	1K	3K	8k	12.8K
	이득(dB)	-15.5	-3.5	7.5	17	27.5	37	46	45
	허용오차(dB)	±2.0	±2.0	±1.0	±1.0	±1.0	±1.0	±1.0	±1.5

(다) 2차전원조립체, 아날로그용(±15V):

2차전원조립체는 센서전원공급기로부터 원거리 전송되어온 센서 전원인 +100V를 ±15V의 안정된 전원으로 변환하는 기능을 나타낸다.

표 11. 아날로그 모듈을 위한 전원 사양

구 분	규 격
출력전압(정밀도)	±15V (±3%)
출력 잡음 전압 (BW : 10~20MHz)	20mV 이하
라인/로드 레귤레이션	5% 이내

(라) 2차전원조립체, 디지털용(+5V):

2차전원조립체는 센서전원공급기로부터 원거리 전송되어온 센서 전원인 +100V를 +5V의 안정된 전원으로 변환하는 기능을 나타냄.



그림 55. 내부 전원 조립체

표 12. 디지털 모듈을 위한 전원 사양

구 분	규 격
출력전압(정밀도)	5V (±3%)
출력 잡음 전압 (BW : 10~20MHz)	20mV 이하
라인/로드 레귤레이션	5% 이내

(마) 노드조립체

노드조립체는 등방성 수중 청음기로부터 전송되어진 신호를 음향신호수신 장치로부터 전송되어진 AGC신호에 따라 증폭하고 노드 전송을 위한 디지털 신호로 변환하여 할당된 채널에 데이터를 실어 다음 노드로 전송하는 기능을 수행한다.



그림 56. 노드 조립체

표 13. 노드 조립체 사양

항 목	규 격
전체 전송 채널수	음향 채널 : 8 채널/열 기준 채널 : 1 채널/열
전송 노드 당 입력 채널수	1채널
A/D 변환 분해능	16bit
A/D 입력 신호 범위	± 10Vpk
1 채널 샘플링 주파수	32.768KHz
채널 간 샘플링 시간 오차	± 0.1 msec 이하(노드간)
왜 율	-60 dB 이하(@4 KHz)
AGC 범위	0,10,20,30,40,50dB (6단계)
DC-offset	-316 ~ 316 mV(@AGC 50 dB)
잡음 특성	-100 dB 이하(@AGC 0 dB)
전송 데이터 형태	RS 485, Manchester Coding
전송 노드 간 간격	50 m
노드 간 전송 주파수	19.922944 MHz

표 14. 전송 프레임 구성

구성	BYTE 수	구성 값	
Preamble	2Byte	HEX"AAAA"	
SYNC	2Byte	HEX"AAAB"	
번호	2Byte	TDM	열, 그룹 ID
노드정보	2Byte x 9개 = 18Byte	16 - 13 BIT	라인상태
		12 - 9 BIT	AGC 값
		8 - 1 BIT	노드 일련번호
노드데이터	2Byte x 9개 x 18Byte	OFFSET Binary	
체크섬	2Byte	N1노드정보에서 N9 DATA까지의 합	
더미	4Byte		
OFF 구간	약 28Byte		
합	약 76Byte	19.922944MHz의 전송률	

(바) 신호전송부

음향센서모듈로부터 수신된 디지털 신호를 광 변환을 위한 데이터 프레임으로 재 정렬하고 음향신호 수신장치로부터 광변환기 조립체로 전송되어진 AGC, SAMPLE신호를 수신하여 각 음향센서모듈에 전송한다.



그림 57. 신호 전송 조립체

표 15. 신호 전송 조립체 사양

항 목	규 격
전송데이터 형태	맨체스터 코딩
전송 주파수	19.922944MHz
A축 번호 데이터	08000H
전송방법	직렬전송, MSB먼저
BIT수	16BIT / 채널

(사) 센서연결함체

센서연결함체는 광신호 전송 및 수중음향센서부에 필요한 전원공급 기능의 해저부 복합광케이블과 수중음향센서부 간에 기구적, 광학적, 전기적으로 접속하기 위한 장치이며, 이 장치는 복합광케이블과 같이 해저에 설치, 고장 시 회수, 재설치 시에 받게 되는 장력, 측압, 굽힘, 비틀림, 충격, 마모 기타 기구적인 외력 등에 충분히 견디어야 하고, 매설 후 장기간 운용 기간에도 내수압, 내수밀, 내해수, 내마모 특성을 유지하도록 구성하였다.

표 16. 센서연결합체 구성 및 기능

구분	구성 요소	구성품 재질 및 표면처리	제작 규격	기능
센서 연결 합체	유입구조 조립체	Ni-Cr-Mo 합금강, (Ni 도금)	<input type="checkbox"/> 복합광케이블 심선부 $\phi$ 2.6mm 알루미늄 피복강선의 고정 <input type="checkbox"/> 복합광케이블 전원선의 최종 접속위치로의 가이드	복합광케이블 절연 심선부에 대한 합체부의 인입부와 연결/고정
	광변환 조립체	Ni-Cr-Mo 합금강	<input type="checkbox"/> 내부 접속부 금속부품과 완전 절연 유지 <input type="checkbox"/> 해수침수 방지를 위한 PP 절연층 몰딩 작업시의 유해성 열전달 차단/보호	센서부 감지 및 제어 신호를 복합광케이블 통해 송.수신하기위한 광, 전기 신호 상호 변환 및 절체 기능.
	여장 조립체	Ni-Cr-Mo 합금강 (Ni 도금) AL합금 (양극산화피막) MC 나이론	<input type="checkbox"/> 광fiber 6가닥 및 +/- 전원 공급선, 톤공급선 접속 및 여장 <input type="checkbox"/> 킹와이어 고정 <input type="checkbox"/> 광fiber 여장시 최소 허용 반경 R30mm 유지	광fiber 및 전기적 통전부에 대한 접속부 보호 및 여장, 수용
	접속부 조립체	Ni-Cr-Mo 합금강 (Ni 도금)	<input type="checkbox"/> 내부 공간부 충전재 (광케이블용 Jelly) 사용 또는 방습제 적용	광Fiber 접속부에 대한 외력으로 부터 보호 및 방수, 기밀성 유지 복합광케이블의 절연 심선부간, 복합광케이블과 센서부간 연결된 심선 접속부 양단간에 걸리는 인장력, 굽힘력, 비틀림력 등의 외력 전달 및 접속부 내구성 유지기능
	접속부 조립체 절연부	MDPE (중밀도 폴리에틸렌)	<input type="checkbox"/> 절연 PP층 두께 : 8mm 로 전둘레 압출 몰딩	복합광케이블 및 센서부에 대한 도체와 해수간의 전기적 절연 유지 내부 접속부 조립체에 대한 침수 및 기구적인 보호
	굽힘 (곡률)제한기	PU, (폴리우레탄)	<input type="checkbox"/> 허용 곡률 반경 유지 : R 900 mm	복합광케이블과 센서연결합체 간의 또한 센서연결합체와 센서부 간의 접속 부위에서의 취급 설치시의 극심한 외형 굽힘으로 인한 내부 광섬유의 손상 및 센서부의 손상을 미연에 방지하고, 이외 구성품의 기구적인 변형/파손을 방지함.

표 17. 센서연결함체 사양

구분	외형치수(mm)		중량(Kg)	굽힘제한기 포함 여부	비 고
	최대경( $\phi$ )	길이(L)			
센서연결함체	156	1,673	70	O	
		596	58	X	



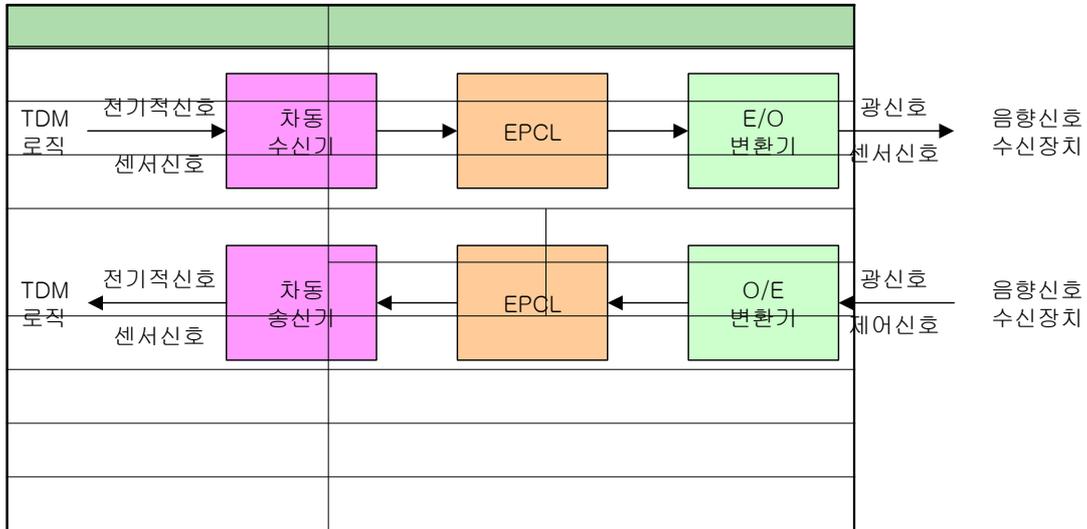
그림 58. 센서 연결함체 내부 모습

(아) 광변환기조립체

광변환기조립체는 TDM로직에서 전송되는 음향 데이터를 음향신호수신장치로 저손실의 장거리 전송을 하기 위해 전기적 신호를 광신호로 변환하는 기능과 역시 음향신호수신장치에서 전송되어진 광신호를 전기적 신호로 변환하는 기능을 수행한다.



그림 59. 광변환기조립체



(자) 광케이블

광케이블은 수중센서부로부터 수신된 전기-광 변환된 신호를 육상의 신호 처리부로 장거리 전송하는 역할과 수중 센서부의 전압 공급 기능을 갖는다. 광케이블은 인장력, 수압, 온도 환경 등과 같은 외력 및 해저에 포설, 매설, 회수 및 재설치 과정에서 발생할 수 있는 충격, 비틀림, 인장력, 축압, 굴곡 (bending), 마모 등으로부터 충분히 보호될 수 있도록 설계되었다.

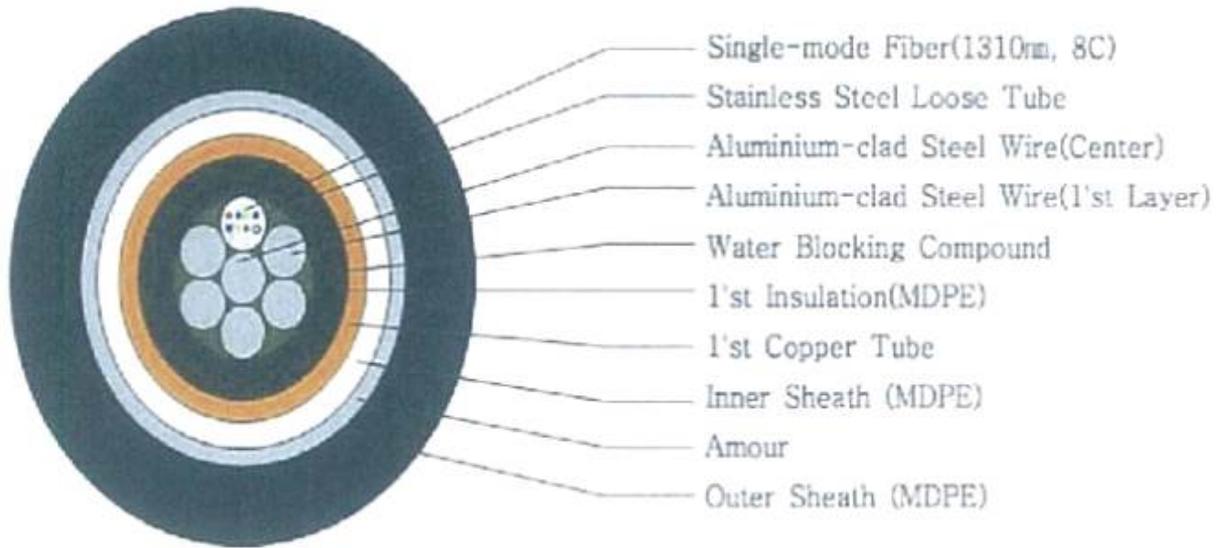


그림 61. 광통신케이블 구성도

표 19. 수중 광통신 케이블 구성

항목		단위	구조
광섬유 유닛	광섬유	Fibers	8
	알루미늄 피복강선	mm	1.48
	연선	mm	1.88
알루미늄 피복강선	중심 외경	mm	2.0
	1차 동튜브	mm	2.0
연선	외경	mm	6.0
1차절연	두께	mm	1.5
	외경	mm	9.0
1차동튜브	두께	mm	0.8
	외경	mm	10.6
내부시스	두께	mm	2.5
	외경	mm	15.6
황권외장	두께	mm	1.0
	외경	mm	18.4
외부시스	두께	mm	3.0
	외경	mm	25.0
공기중 무게		kg	1,050



그림 62. 광통신 케이블(예)

## 제 4 절 고래 청음 시뮬레이터

### 1. 고래 청음 시뮬레이터 설계

다목적 모니터링 부이로부터 측정된 자료는 실시간으로 모니터링 센터로 전송된다. 전송된 자료를 해석하기 위한 전용 프로그램이 필요하다. 그림 50에 전송된 자료 전시 및 분석 프로그램(예)을 나타냈다. 프로그램의 주요 기능은 주변의 수중소음 레벨을 관측하고, 고래가 나타날 때 고래소리를 탐지하며, 고래 소리의 파형 및 주파수 분석이 필요하다.

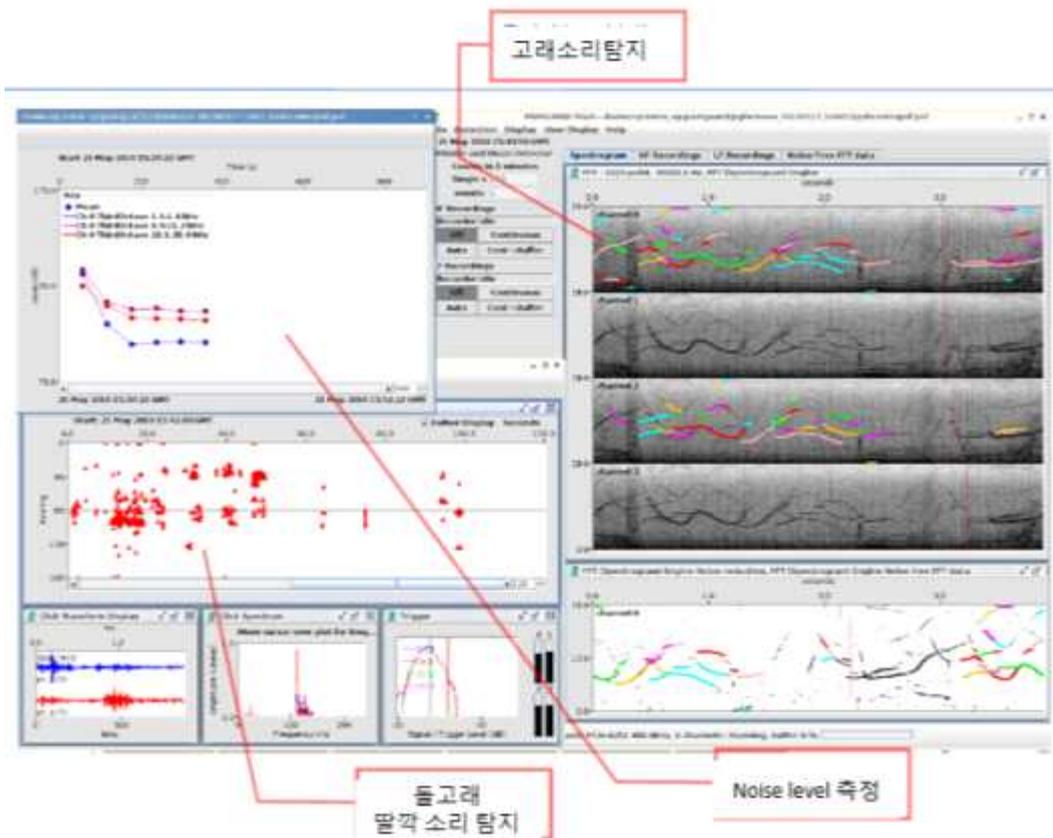


그림 63. 전송된 자료 전시 및 분석 프로그램(예)

본 연구에서 고래 시뮬레이터를 설계하여 제작하였다. 주요 기능은 Target Motion, 고래 소리 재생, 해역 환경 모델링 설정 및 전달손실 그래프 부분으로 구성하였다.

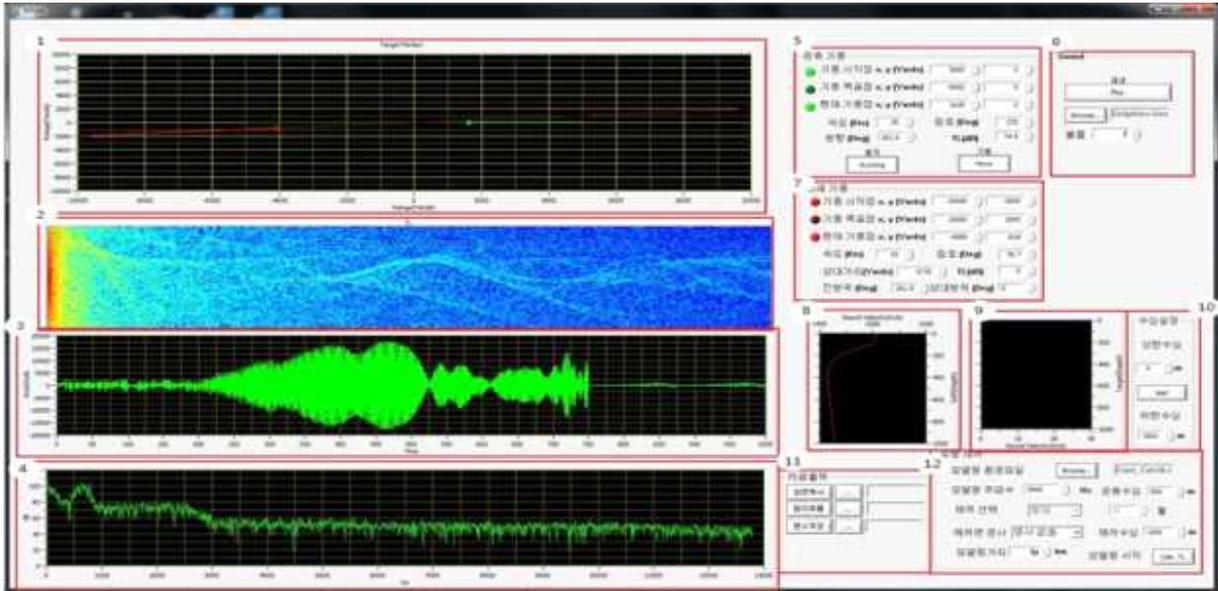


그림 64. 고래 시뮬레이터 전체 화면

부분별 주요 기능 중 Target Motion에서는

- 관측선(관측부이)와 고래의 이동 제어기능
- 고래 기동 설정 기능
- 관측 기동 설정 기능
- Target Motion 그래프에서 고래 및 관측 기동 표시부분을 설정했다.

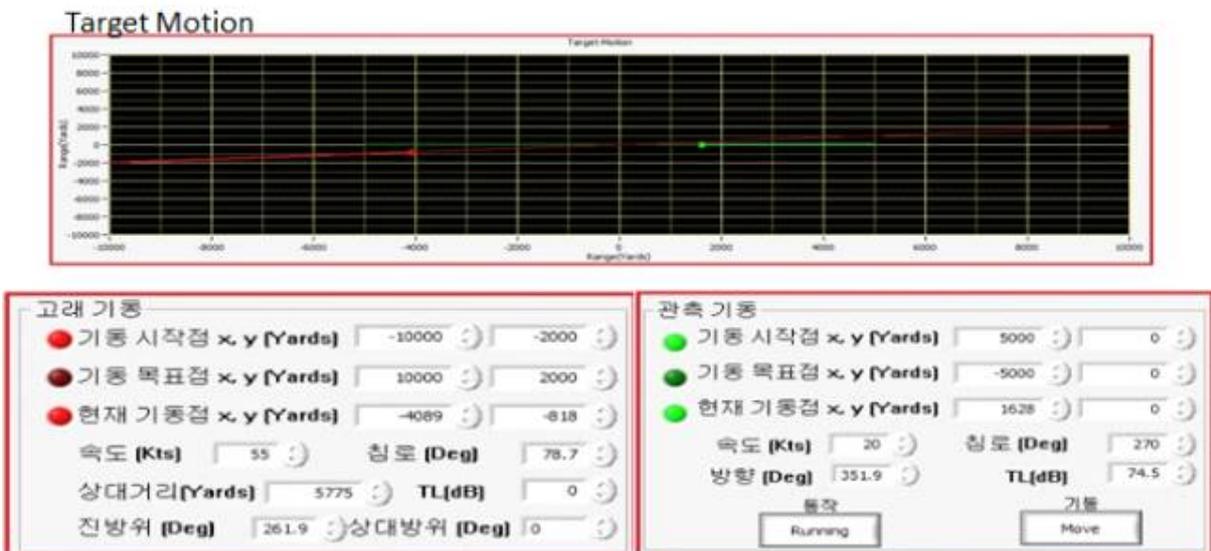


그림 65. Target Motion 화면

부분별 주요 기능 중 고래소리 재생 부분에서는

- 고래소리 .wav 파일 재생 기능
- 고래소리 Amplitude와 주파수 Spectrum 전시 기능을 포함하였다.

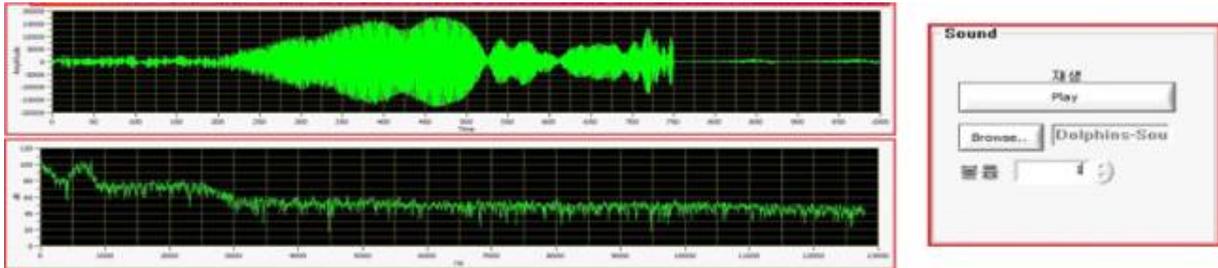


그림 66. 고래소리 재생 화면

해역 환경 모델링 설정 및 전달손실 그래프 부분에서는

- 해역 환경 모델링 파일 설정
- 전달손실 그래프 전시기능을 추가하였다.

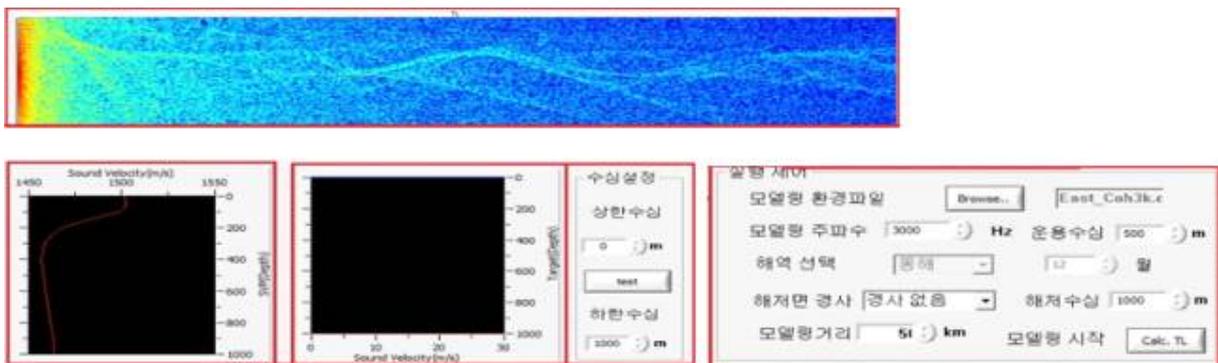


그림 67. 해역 환경 모델링 설정 및 전달손실 그래프 화면

## 제 5 절 집중/근접 모니터링 시스템

### 1. 집중/근접 모니터링 시스템 개요

집중/근접 모니터링 시스템은 광역모니터링에서 수집된 자료를 바탕으로 운영된다. 광역모니터링에서 수신된 신호를 바탕으로 부이 근처로 접근 하여 직접적인 관측을 수행한다.

집중/근접 모니터링을 위하여 드론, 무인선박을 이용하여 수행하며, 해양포유류에 접근하여 광학사진 등을 통한 모니터링을 수행한다. 광역모니터링(고래 소리)에서 수집된 여러 고래 소음을 형태학적으로 분석할 수 있다.

- 광역모니터링에서 수집된 자료를 바탕으로 운영
- 드론, 무인선박 등을 이용하여 근접 모니터링 수행
- 해양포유류에 접근하여 광학사진 등을 통한 모니터링 수행
- 형태학적 분석 등에 자료 활용



그림 68. 집중/근접 모니터링 시스템(안)



그림 69. 집중/근접 모니터링 시스템(안)

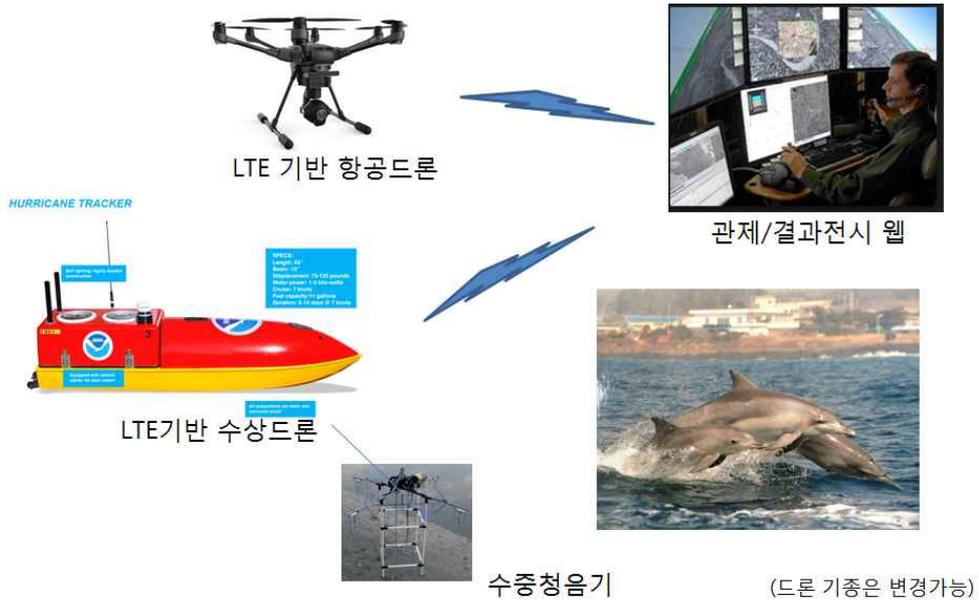


그림 70. 집중/근접 모니터링 구성도

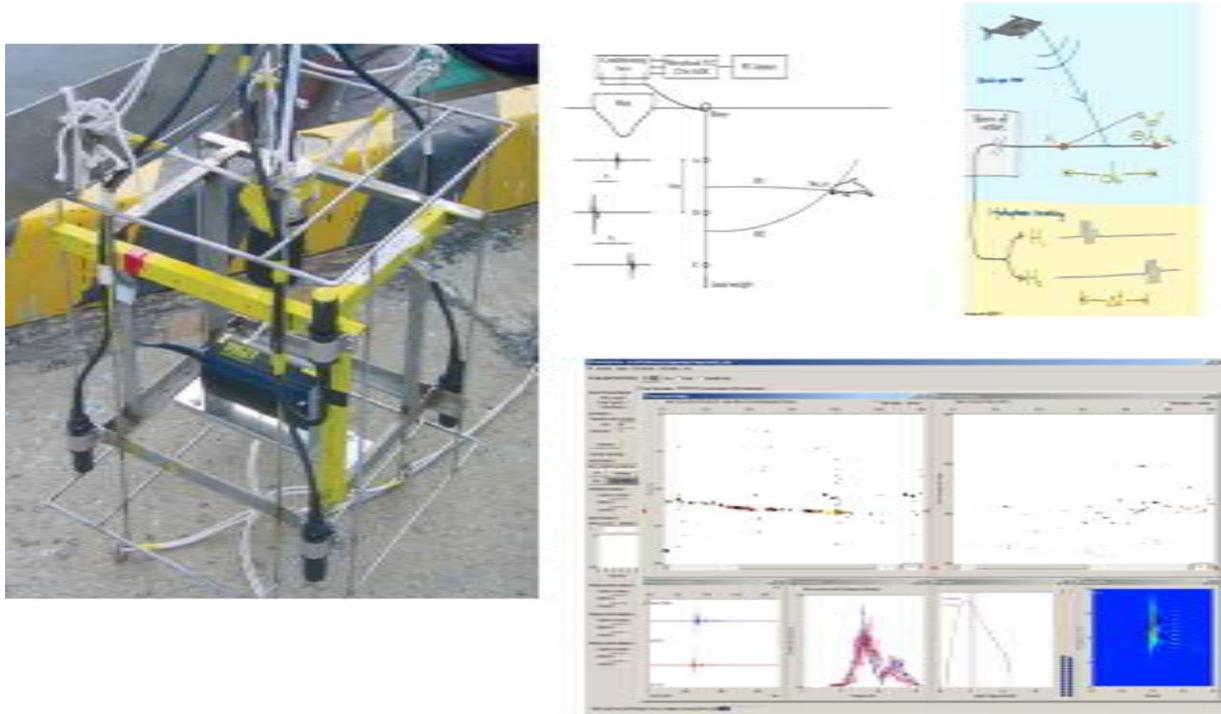


그림 71. 무인 수상선 청음시스템 개념도



그림 72. 드론을 이용한 모니터링(해외사례)

## 제 6 절 모니터링 센터

### 1. 모니터링 센터 자료 분석

광역모니터링, 직접/근접 모니터링에서 수집된 모든 자료를 실시간으로 모니터링 센터로 전송된다. 모니터링 센터에서는 수집된 자료를 분석한다. 실시간으로 전송된 고래소리를 분석하여 주변에 항행중인 선박에 고래 위치를 전송하여 선박 항행시 주의하도록 경고한다.

광역 모니터링으로 수집된 고래 소리와 직접/근접 모니터링을 통해 수집된 영상, 사진을 통하여 개체 식별 및 고래 생태 연구에 활용한다.

실시간으로 전송되는 고래 청음자료는 모니터링 센터에서 실시간 재생한다. 하와이에는 실시간으로 전송된 고래 청음자료를 이용한 카페가 운영중에 있다. 획득된 고래 청음자료를 이용한 카페를 운영하여 획득한 자료를 활용 할 수 있을 것이다.



그림 73. 모니터링 센터 (예시)



그림 74. 모니터링 센터에서 항행정보 제공 (예시)

고래 출현시 고래 위치 및 고래 소리를 재생할 수 있는 프로그램을 개발하여 Web 및 스마트폰 앱 서비스를 수행한다. 프로그램을 이용하여 주변에서 전용 관광선에서 고래 출몰을 확인하여 운행하며, 고래가 국민들에게 조금 더 친숙하게 다가갈 수 있을 것이다.

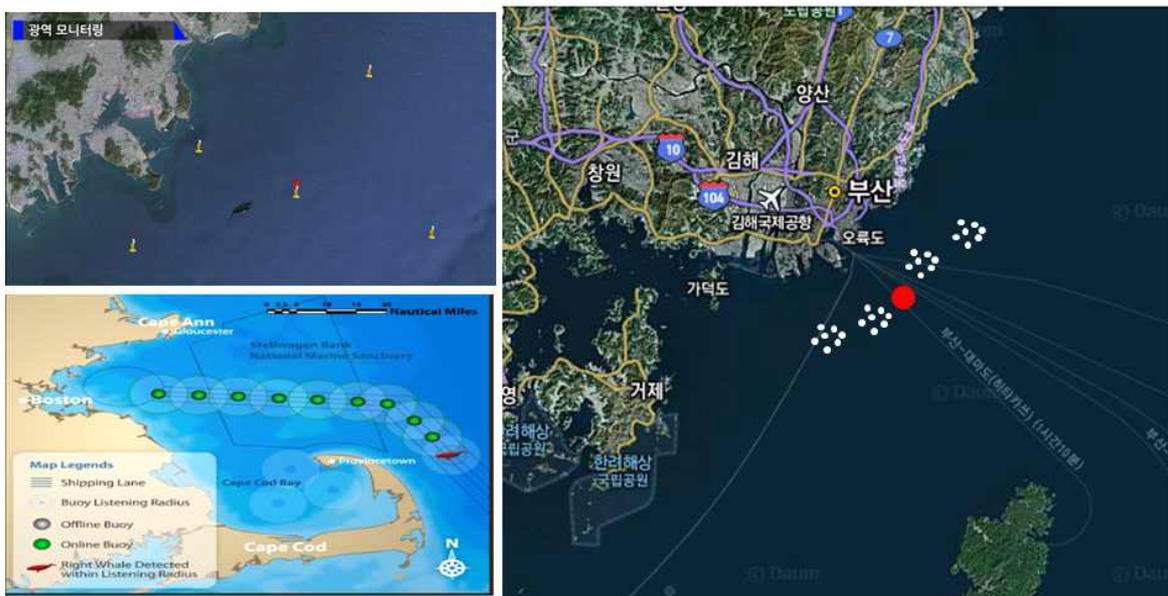


그림 75. 고래 출현 시 알람 프로그램 개발

모니터링 센터에서는 다목적 모니터링 부이의 선배열 음향센서에서 획득한 고래 및 수중소음 및 고래 휘슬음을 분석한다.

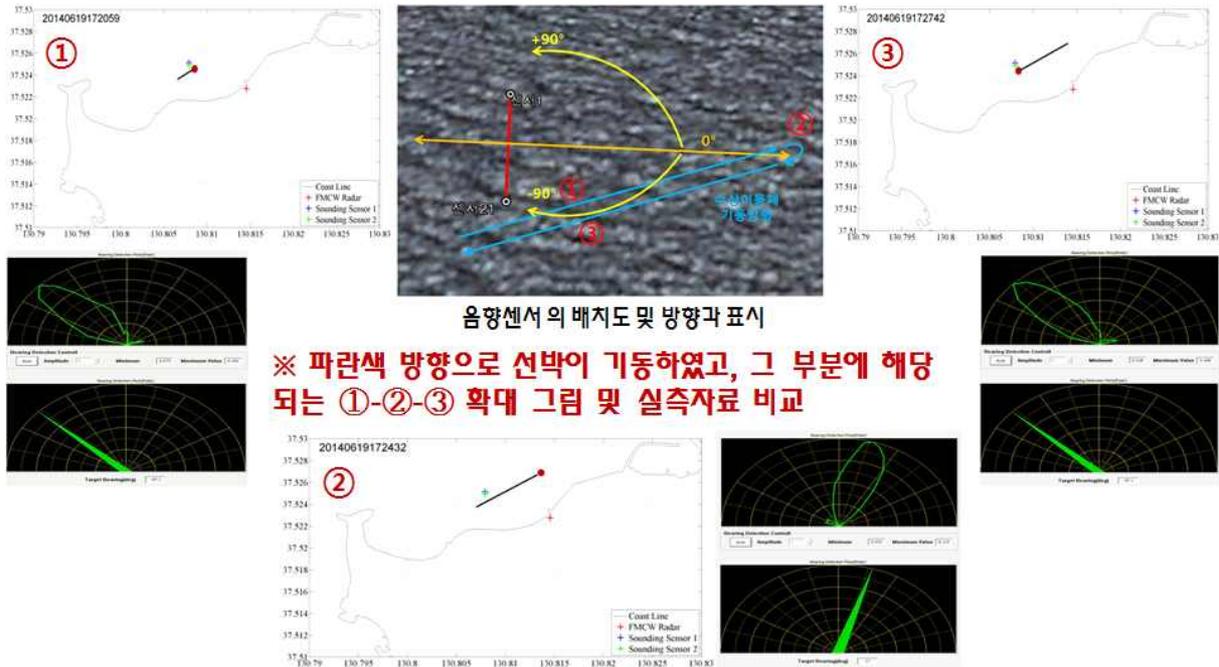


그림 76. 수상이동체 방향성 탐지 실험(예)

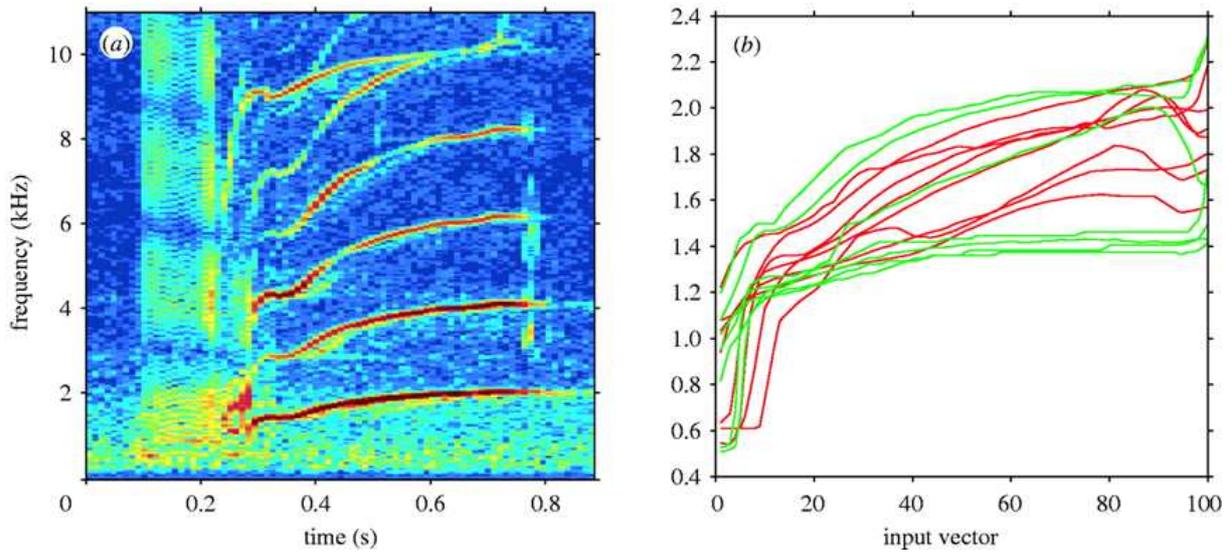


그림 77. 돌고래 휘슬음 사례

또한 모니터링 센터에서는 다목적 모니터링 부이에서 전송된 해양환경 자료를 실시간으로 가시화하여 수온, 염분, 해수유동 등의 정보를 제공한다.

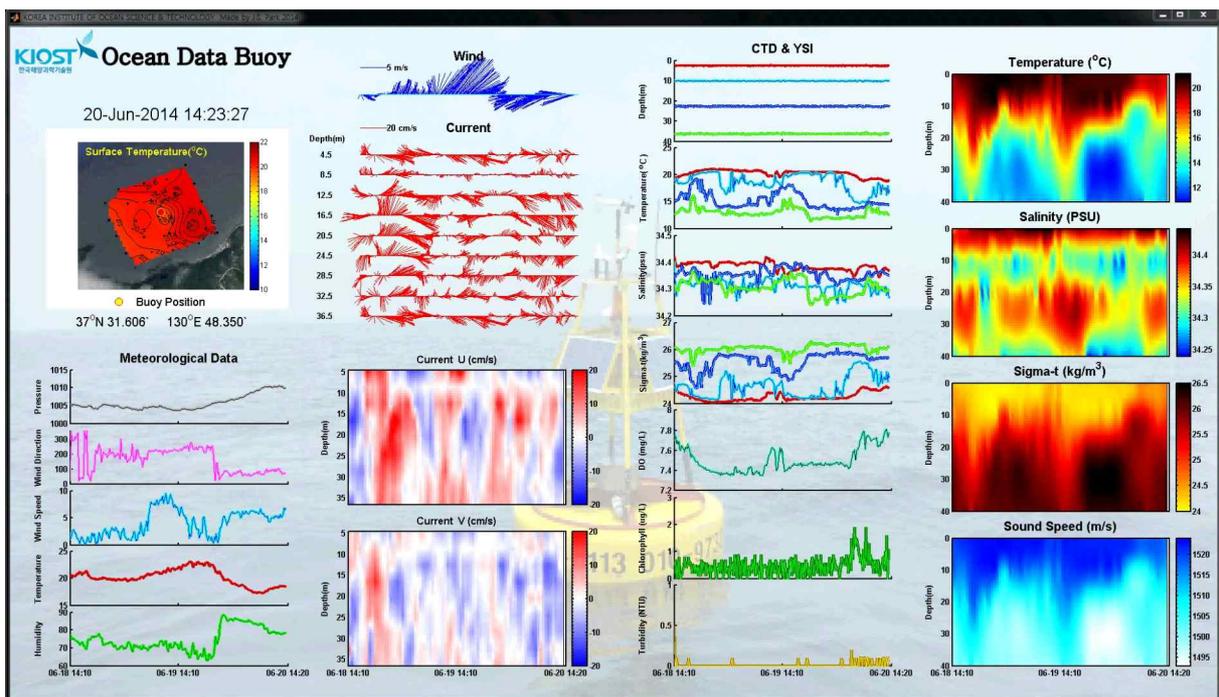
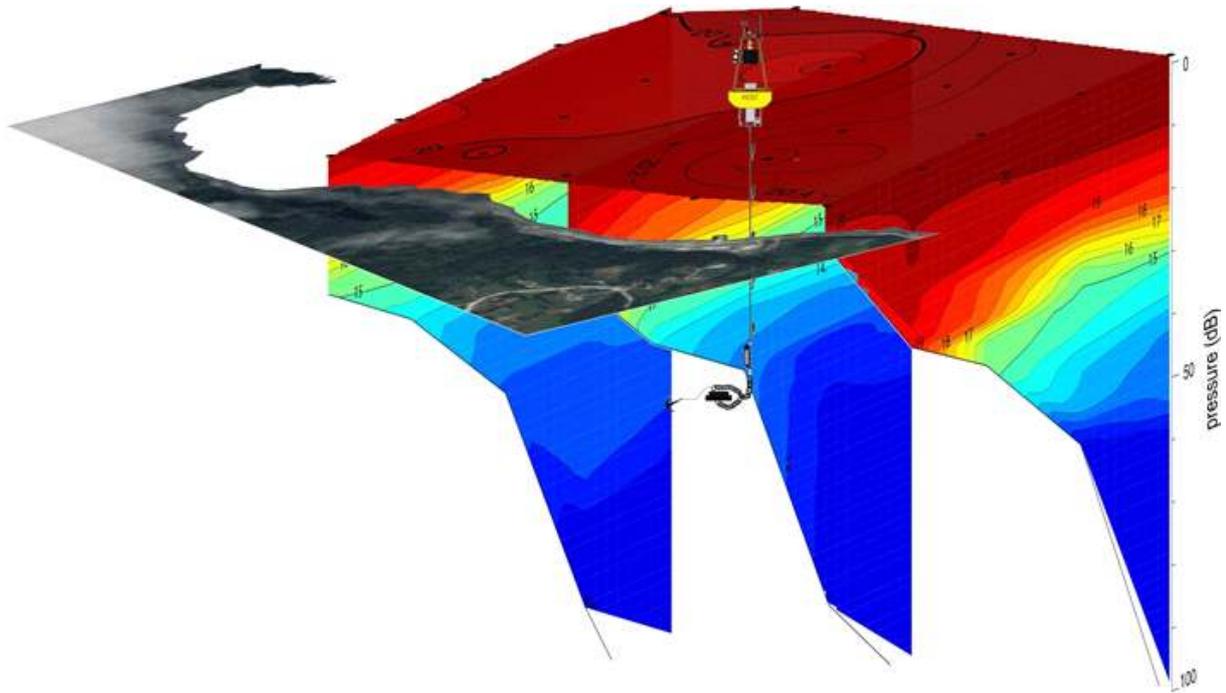


그림 78. 모니터링 부이에서 전송된 해양환경 자료 가시화 프로그램(예)

## 2. 모니터링 센터 제공 자료

- 육안으로 고래를 볼 수 있는 생태관광정보 제공
- 고래 청음자료 수집 및 분석
- 수집수중음향 자료 분석
- 고래의 이동 패턴 및 서식지 수중소음준위 평가
- 이동 중인 선박에 실시간 고래 출현 경보 정보 전달

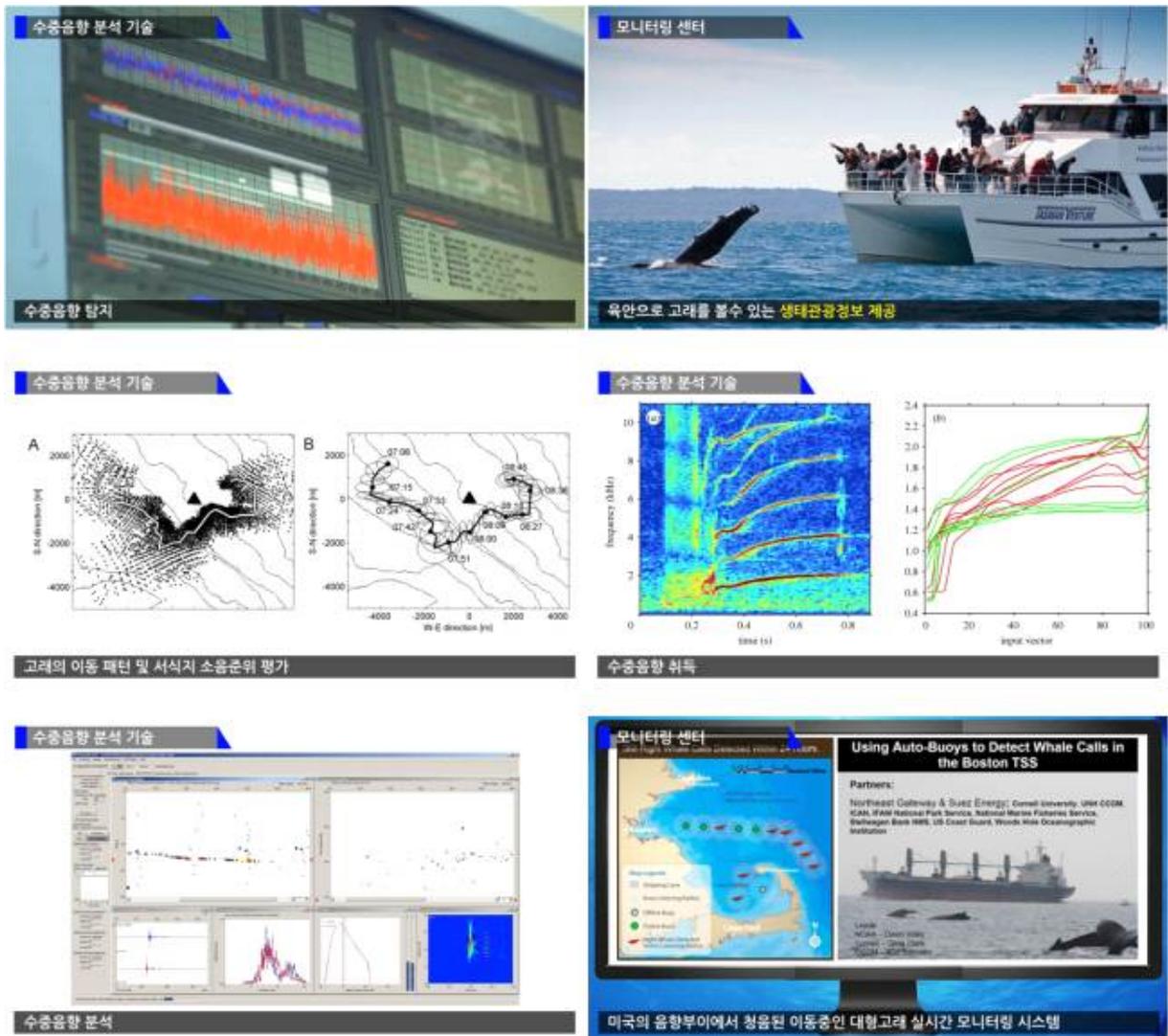


그림 79. 모니터링 센터에서 제공하는 자료

## 제 5 장 연구추진 전략 및 중장기 로드맵

### 제 1 절 연구과제 추진 전략

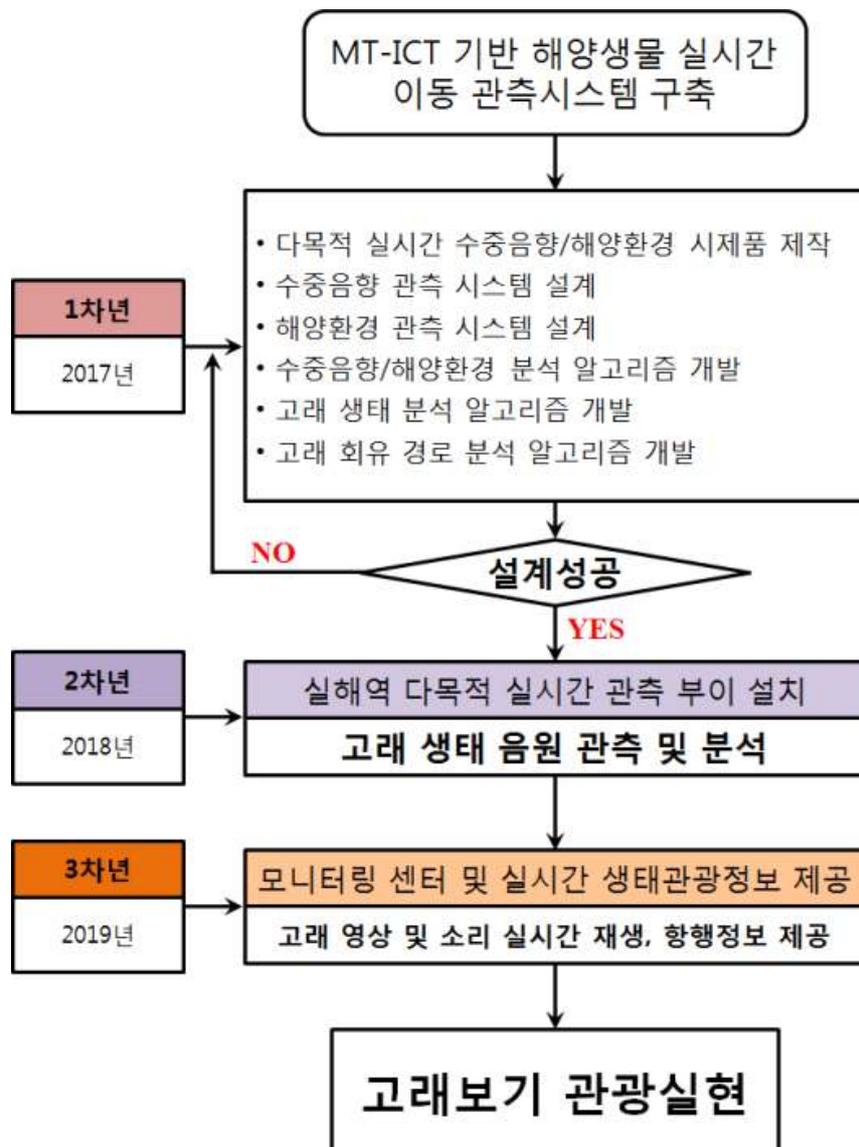
- 부산지역 유관기관과의 긴밀한 연구협력 강화
  - 고래연구소의 고래 자원 및 고래생태에 관한 자문 요청
  - 부산시와 긴밀한 협조체제를 통한 지속적인 콘텐츠 확보
  - 기술보유 기관/업체와의 긴밀한 협조로 소프트웨어 및 스마트폰 앱 개발



## 제 2 절 연구과제 중장기 로드맵

○ MT-ICT 기반 해양생물 실시간 이동 관측시스템 구축

- 1차년 시제품 제작 및 알고리즘 개발
- 2차년 다목적 실시간 관측 부이 설치
- 3차년 모니터링 센터 및 실시간 생태관광정보 제공



### 제 3 절 실행 예산 선정

○ 부이 제작, 설치 및 모니터링 센터 구성까지 총 50억원 소요

(단위 : 백만원)

연차	연구내용	예산
1차년 (2017년)	○ 다목적 실시간 수중음향/해양환경 시제품 제작	800
	○ 수중음향/해양환경 시스템 설계	50
	○ 수중음향/해양환경 분석 알고리즘 개발	50
	○ 고래 생태 분석 알고리즘 개발	50
	○ 고래 회유 경로 분석 알고리즘 개발	50
	합계	1,000
2차년 (2018년)	○ 실효역 다목적 실시간 관측 부이 제작(5개)	2,300
	○ 다목적 실시간 관측 부이 설치(5개)	100
	○ 고래 생태 음원 분석 프로그램 제작	100
	합계	2,500
3차년 (2019년)	○ 모니터링 센터 구성 (KIOST 부산 신청사 활용)	1,000
	○ 실시간 영상 및 소리 재생, 항행정보 제공 앱 개발	100
	○ 모니터링 센터 운영	400
	합계	1,500
	총합계	5,000

## 제 4 절 연구결과 활용방안

### 1. 기대성과

#### 해양생물관광 콘텐츠 개발

- 부산시의 새로운 관광 콘텐츠로 개발 가능
- 고래보기 관광 사업의 저변확대에 기여

#### 음향특성을 이용한 수중생물 자원분포 및 생태환경 연구에 기여

- 고래류의 음파특성 파악으로 회유 경로, 자원 분포 등에 관한 정보 제공
- 해양환경(수온, 염분, 해수유동) 실시간으로 양식어장 및 어민에게 전송 가능

#### 수중이동체 탐지 가능

- 수중생물, 수중이동체 등에 관한 수중음향 자료 획득 가능
- 연속적인 수중음향자료를 이용하여 군사적 이용으로도 가능

### 2. 활용방안

#### 수중이동체 탐지 시스템 활용

- 군사적 목적으로 부이형 수중이동체 탐지 시스템 구축에 즉시 활용 가능
- 고래류가 송신하는 신호를 분석하여 해군이 사용하는 소나개발에 접목하는 활용연구에 활용 가능

#### 고래 자원 분포 및 생태연구에 활용

- 수중음향관측시스템에서 획득한 자료를 이용하여 고래의 음향 특성 연구 가능

## 부 록

### ※ 연구사업 홍보를 위한 동영상 및 팸플릿 제작

- 해양생물관광 콘텐츠 개발을 위한 홍보동영상 제작 완료



- 해양생물관광 콘텐츠 개발을 위한 홍보 팸플릿 제작 완료



## 주 의

1. 이 보고서는 한국해양과학기술원에서 수행한 주요사업의 연구결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 한국해양과학기술원에서 수행한 주요사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.