

항만시설물 점검용 장비 기술개발 기획연구 최종보고서 I

2012. 3.

연구기관 / 한국해양연구원

국 토 해 양 부
한국해양과학기술진흥원

BSPM 56710-10110-2

항만시설물 점검용 장비 기술개발 기획연구 최종보고서 I

2012

국 토 해 양 부
한국해양과학기술진흥원

Land Transport and Maritime
R&D Report

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 2011년도 첨단항만건설기술개발사업의 기획연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 해양연구기획 사업의 기획연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

항만시설물 점검용 장비 기술개발 기획연구 최종보고서 I

2012. 3.

연구기관 / 한국해양연구원

국 토 해 양 부
한 국 해 양 연 구 원

제 출 문

국토해양부장관 귀하

본 보고서를 “항만시설물 점검용 장비 기술개발 기획연구”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2012. 3. 19

연구기관명 : 한국해양연구원

연구책임자 : 한 상 훈

연 구 원 : 박우선, 장인성, 오상호,
한택희, 고진환, 최현택,
김기훈

보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연 구 기 간	2011. 9. 20. ~2012. 3.19.	단계구분	
연구사업명	중 사업명				
	세부사업명	첨단항만기술개발사업 기획과제			
연구과제명	대 과제명	항만시설물 점검용 장비 기술개발			
	세부과제명				
연구책임자	박우선	해당단계 참 여 연구원수	총 : 명 내부: 명 외부: 명	해당단계 연 구 비	정부 : 기업 : 계 :
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 6명 내부: 6명 외부: 명	총연구비	정부 : 95,000 천원 기업 : 계 : 95,000 천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	한국해양연구원/ 연안개발·에너지연구부		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :	상대국연구기관명 :			
위 탁 연 구	연구기관명 :	연구책임자 :			
요 약			보고서 면수		
<p>○ 항만시설물의 수중부 상태진단 및 유지관리용 기계화 장비개발의 타당성 분석 및 개발 계획 수립</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 국내·외 기술개발동향 및 시장 현황 분석 <input type="checkbox"/> 국내·외 특허 및 논문 분석 <input type="checkbox"/> STEeP 및 SWOT 분석 <input type="checkbox"/> 연구개발 비전 및 목표 수립 <input type="checkbox"/> 중점추진과제 선정 <input type="checkbox"/> 연구개발사업 추진 전략 수립 <input type="checkbox"/> 연구결과물의 목표성능 및 성과지표 제시 <input type="checkbox"/> 연구개발사업 타당성 분석 <input type="checkbox"/> 기대효과 및 활용 방안 제시 					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	항만, 진단, 비파괴 검사, 장비, 기획연구			
	영 어	Harbor, Inspection, NDT(nondestructive test), Equipment, Strategic planning			

목 차

1. 개요	1
1.1 기획연구의 추진 배경 및 필요성	1
1.2 기획연구의 목표 및 내용	6
1.3 기획연구의 추진 방법 및 일정	9
2. 환경 및 역량 분석	17
2.1 국내·외 정책동향	17
2.2 국내·외 기술개발동향	29
2.3 국내·외 시장 현황 및 전망	41
2.4 국내·외 특허 동향 분석	43
2.5 국내·외 논문 동향 분석	61
2.6 국내 기술수준 및 역량분석	65
2.7 국내·외 법 및 제도 현황	69
2.8 기존 과제와의 중복성 검토 및 연계 방안	81
2.9 환경분석 결과 기반 STEeP 및 SWOT 분석	83
3. 연구개발 비전 및 목표 수립	89
3.1 연구개발 비전 및 목표	89
3.2 핵심기술 도출	90
3.3 중점추진과제 선정	97
4. 연구개발사업 추진 전략	107
4.1 연구개발사업의 구성체계	107
4.2 연구목표 및 범위	110
4.3 추진전략 및 로드맵	116
4.4 연구결과물의 목표성능 및 성과지표	119
4.5 소요예산	123

5. 연구개발사업 타당성 분석	125
5.1 정책적 타당성	125
5.2 경제적 타당성	129
5.3 전문가 설문에 의한 타당성 분석	142
6. 기대효과 및 활용 방안	151
6.1 기대효과	151
6.2 활용방안	152
7. 정책제언	153
7.1 진단관련 지침 개정	153
7.2 상용화 과정에서의 부처 및 전문기관 협조	153
8. 참고문헌	155
부록 A0. 과제 카드	157
부록 A1. 수중장비 위치인식기술/통신네트워크기술 상세 기술동향	163
부록 A2. 구조물부착진단장비 상세 기술동향	181
부록 A3. 수중 소나 이미징 상세 기술동향	195
부록 A4. 수중 콘크리트 비파괴 검사 상세기술동향	209

1 개요

1.1 기획연구의 추진 배경 및 필요성

□ 항만시설물 노후화 증가

- 환경과 역량분석 및 R&D 수요에 근거하여 실현가능한 연구비전의 제시
- 항만은 우리나라 수출입화물의 90%이상을 처리하고 있으며, 2002년 기준으로 항만과 관련된 물류비용은 약 20조원으로 전체물류비용의 27%를 차지하고 있음. 하지만, 현재 우리나라는 항만시설의 25% 이상이 **1960~1970년대에 개발된 것으로서 항만시설물의 노후화가 빠르게 진전되고 있는 실정임.**
- 2011년 8월에 발생한 태풍, 무이파에 의해 파손된 가거도 방파제는 건설 후 30년이 경과한 구조물로서, 항만구조물 유지관리의 중요성을 보여줌.

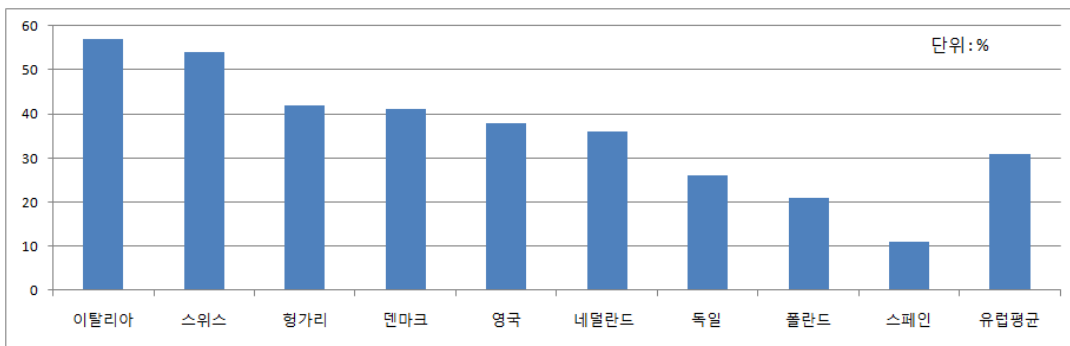


[태풍 무이파에 의한 가거도 방파제 파손 : 출처 (NEWSIS)]

- 즉, 기존에 압축성장기에 대규모로 건설된 항만들은 사용연수가 증가함에 따라 구조물의 노후화가 진행되고 있어 기존 항만시설물의 진단과 유지관리의 중요성은 날로 증가하고 있음. 선진국의 사례를 살펴보면, 국가 토목 투자비 중에서

유지보수 부분이 차지하는 비중이 30%이상이고 특히 이탈리아와 같은 경우에는 50% 이상임. 국내에서는 항만예산 중에서 **유지관리 비용이 10%미만을 차지하고 있지만, 점차로 그 비중이 증가하여 선진국과 유사한 수준이 될 것으로 예측 됨.**

- 따라서, **항만시설물 점검에 대한 기술을 확보하는 것은 매우 중요한 국가 현안임.**



[유럽 국가들의 토목 투자 중 유지 보수 투자 비중 : 출처]

□ 항만경계 내의 새로운 시설물 증가

- 최근 항만물동량 처리 효율성의 증가와 친환경적 항만(Green Port) 구축의 필요성 증대에 따라 전통적인 방파제와 안벽 형태와는 다른 다양한 형태의 항만시설물이 증가하고 있음.
- 즉, 항만에서의 신재생에너지의 활용 증대에 따라 풍력타워, 플랜트 구조물, 조력 발전 구조물, 파력발전구조물 등이 건설 중이거나 건설이 예정되어 있음.
- 또한, 항만 고유기능의 효율성 증대를 위해, 부유식 안벽(하이브리드 안벽시스템)과 침매터널 등이 시공되었거나 계획 중임.
- 따라서, 다양한 항만시설물이 증가됨에 따라 기존 시설물과는 차별화된 유지관리 기법이 필요.



[부유식 안벽]



[침매터널]

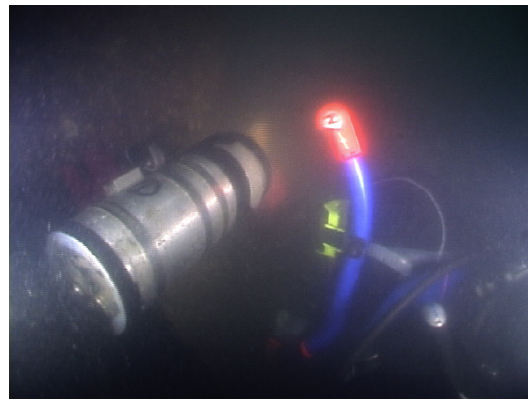
□ 첨단 융·복합 장비(로봇 등)개발 등 Smart-Port 기술개발 확대

- 저탄소 녹색성장을 지향하는 항만 개발과 아울러 항만 건설 및 운영의 효율성을 높이고 IT, 바이오 및 첨단 장비기술을 복합적으로 접목시켜 활용하는 Smart-Port기술개발로 항만 건설에 대한 패러다임이 전환되고 있음.
- 해상풍력 및 파력에너지 개발 등 청정에너지 활용을 높이고, 기존항만시설을 친수·친환경적인 저탄소 에너지 고효율 녹색항만으로의 전환을 위한 목표 설정 및 실천 전략을 수립 중임.
- 장대 해상 교량, 조력/조류 발전, 해저 터널 등과 같이 녹색 성장 정책기조에 부합하며 복합 해양 공간개발에 적합한 다양한 대형 해양 구조물에 대한 요구가 증가하고 있으며, 이를 해결하기 위해서는 대수심 조건에서의 열악한 외부 환경을 극복할 수 있는 첨단융합형 시공 장비(수중로봇 등)의 개발은 향후 해양 건설 강국의 초석을 다지는데 필수적인 요소가 됨.

□ 수중 작업 안전성과 효율성 확보를 위한 장비 필요

- 육상 공사에서는 작업 현황을 육안으로 확인하기 용이할 뿐만 아니라 검사 장비 및 측량장비의 첨단화로 인해 진단의 정밀도를 최대한 확보하고 있음.
- 하지만, 해중 진단의 경우에는 탁도로 인한 시계 확보의 어려움, 수중 영상 및 정밀 위치 파악의 어려움으로 인해 진단의 효율성이 상당히 저하되어 있음.
- 지금까지 대부분의 국내 수중 진단의 경우에는 잠수부를 활용한 재래식 방식으로 이루어지고 있는데, 잠수병 때문에 작업시간이 극히 제한되어 정밀한 진단이 어렵고, 해상 조건이 열악할 경우 작업의 효율성이 떨어지는 문제가 발생하고 있음.

- 일반적인 잠수표에 의하면 수심 20m에서 8시간 근무시간 중 2시간 밖에는 잠수작업을 할 수 없고, 나머지 6시간 이상은 잠수병 예방을 위해 휴식을 취해야 하기 때문에 수중 작업의 효율성이 상당히 떨어지는 실정임.
- 미국 Occupational safety and health administration에 따르면 1989년과 1997년 사이 해상 다이버들의 사망률은 평균 노동자에 비해서 40배에 달하였으며 매우 위험한 직업군의 하나로 알려져 있음.
- 관리·감독자가 작업과정을 직접 확인하지 못하고 작업자인 잠수부에만 의존하며 진행된 진단은 부실진단의 가능성을 내포.
- 따라서, 항만시설물 수중부의 상태진단과 유지관리를 위한 안전성과 효율성을 확보한 장비의 개발이 필요함.

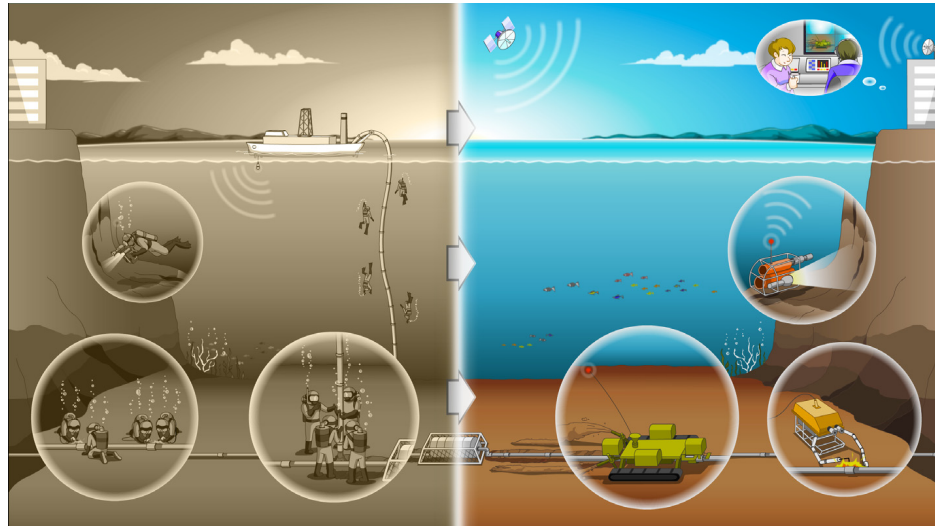


[잠수부에 의한 수중조사]

□ 수중부 점검용 장비기술의 다양한 활용성

- 수중부 진단 기계화 장비는 항만 및 연안 구조물에 대한 정밀 상태진단 및 유지관리를 이 외에도 연안 환경 및 재해 관련 관측 조사, 해양 구조물 정밀 설계를 위한 해양 조사 등 다양한 분야에서 활용 가능.
- 국가 지정학적 특성 및 국가 산업발전의 추이를 볼 때, 다양한 수중 환경조사 및 유지보수 사업의 시장성은 상당할 것으로 기대.
- 최근 관심이 급증하고 있는 기후변화에 따른 연안 구조물 재해 관련 관측 조사를 통해 구조물 설계 및 시공에 직접 활용 가능.
- 무인화 장비에 첨단기술 (통신, 계측, IT)을 접목해 장비의 기능을 높여 수중 구조물에 대한 다양한 목적으로 활용될 수 있음.

- 해상풍력용 해저 케이블 또는 부유식 항만 구조물 등의 진단 등에 대한 활용성이 증가할 것으로 예상.



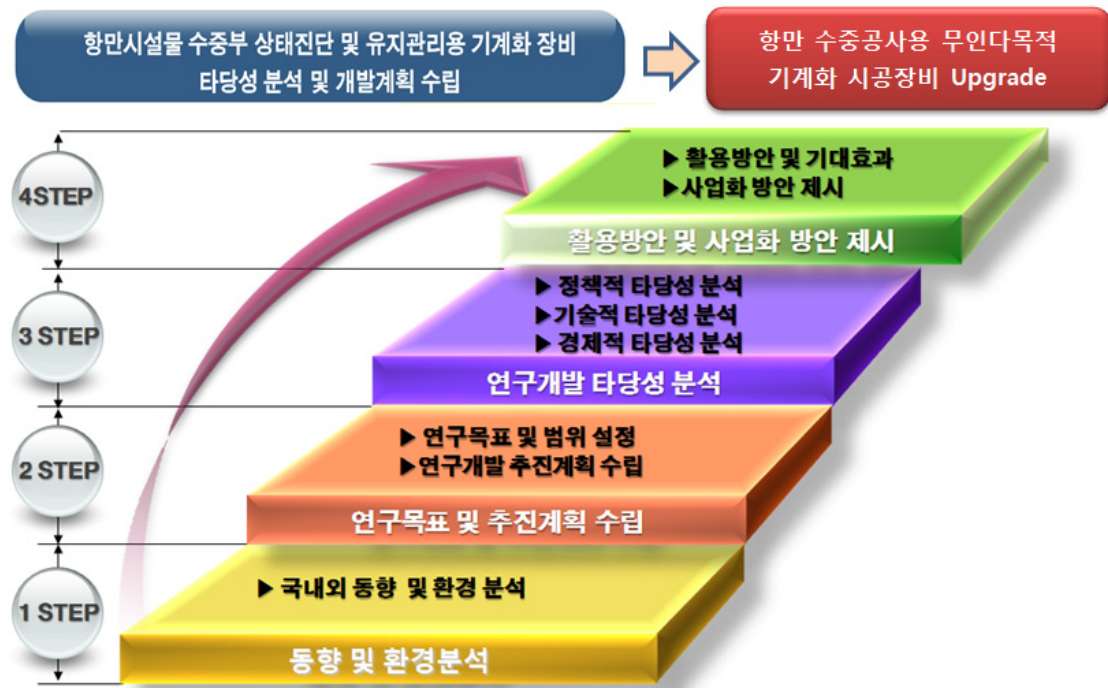
[수중장비 활용 전·후의 개념도]

(‘수중작업능력 고도화를 위한 다기능 지능형 수중로봇 개발 기획연구’ 보고서에서 발췌)

1.2 기획연구의 목표 및 내용

□ 기획연구의 목표

- 항만시설물의 수중부 상태진단 및 유지관리용 기계화 장비개발의 타당성 분석 및 개발 계획 수립¹⁾
- '항만 수중공사용 무인다목적 기계화 시공장비'의 활용성 증대방안 제시²⁾



- 1) 본 과업은 구조물의 상태진단과 유지관리에 한정되는 것으로 보수와 보강에 대한 사항은 본 기획 과제의 범위를 초과하여 본 과업에서 다루지 않음
- 2) '항만 수중공사용 무인다목적 기계화 시공장비의 활용성 증대방안'에 대한 연구는 별도 보고서에서 다룸.



□ 세부목표 및 내용

세부목표	연구내용 및 범위
국내·외 동향 및 환경 분석	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내·외 관련 산업 및 시장동향 분석 ▪ 국내·외 관련 연구개발동향 분석 및 전망 <ul style="list-style-type: none"> - 국내·외 논문, 연구과제, 특허, 제품 동향 및 전망 - 국내·외 기술수준 및 기술개발 역량 분석
연구개발 목표 및 범위 설정	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구개발 최종목표 및 성과물 제시 ▪ 연구내용 및 범위 설정 ※ 항만시설물 및 구조물 종류별 진단 방법에 대한 상세검토 및 최적인 도출 ※ 항만시설물 및 구조물 종류별 정량적 목표 성능 제시
연구개발 추진계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구개발 추진전략 및 로드맵 작성 ▪ 연구사업 추진체계 제시 ▪ 소요예산 및 투자계획, 연구기간, 소요인력 제시 ※ 실패역 실험방안에 대한 검토
연구개발 타당성 분석	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 정책적 타당성 분석(정부 상위계획과의 부합성, 정부지원의 필요성, 연구수행의 시급성, 관련 기관의 참여 및 사업추진 의지, 위협요인 및 대응 방안 분석) ▪ 기술적 타당성 분석(기존 연구사업과의 중복 및 연계성, 기술개발의 성공가능성, 기술개발 위협요인 검토) ▪ 경제적 타당성 분석(경제성 분석, 사회·경제·기술적 파급효과 제시)
사업화 및 연구결과 활용방안 제시	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사업화 방안 제시 ▪ 활용방안 및 기대효과 제시
정량적, 정성적 성과지표 및 지표별 성과 목표치 제시	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구개발 결과의 평가를 위한 정량적, 정성적 성과지표, 지표별 성과 목표치, 평가방법 및 기준 제시
RFP 및 최종보고서 작성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 과제 공모용 제안요구서(RFP) 및 최종보고서 작성

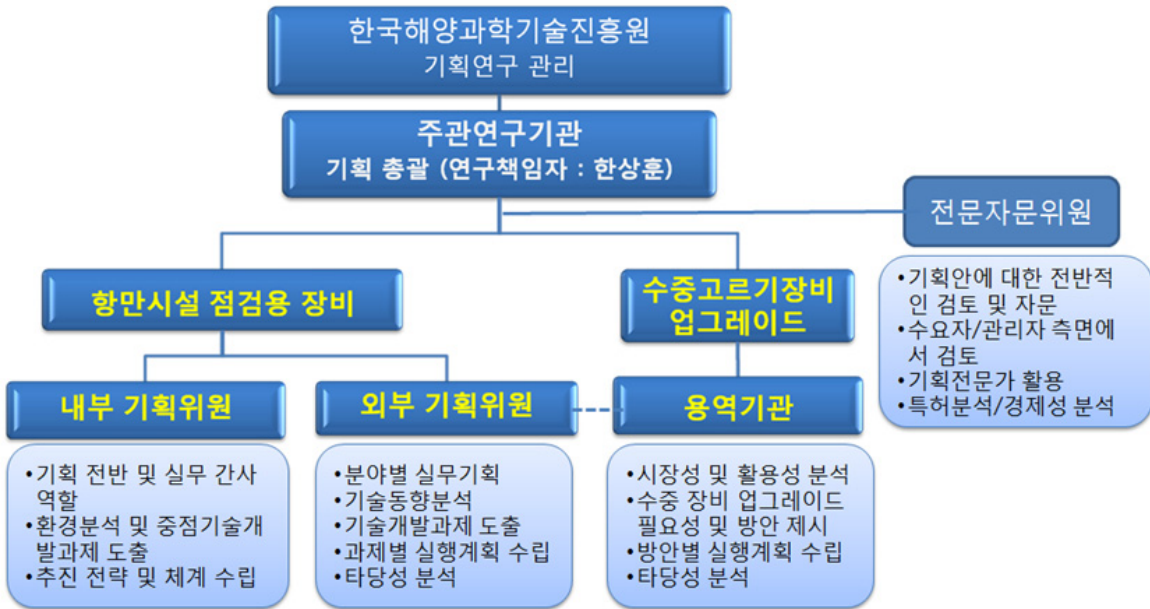
1.3 기획연구의 추진방법 및 일정

□ 추진방향

- 글로벌 마켓에서 경쟁력을 가질 수 있도록 기획연구의 개발 목표를 명확성과 구체성을 바탕으로 수립
- 산·학·연·관 관련전문가로 구성된 국내·외 인적자원을 최대한 활용하여, 개발 기술의 산업화와 실용화를 적극 유도할 수 있는 방안 마련
- 기수행 연구개발 과제 및 실용화 기술과 연계하여 기획연구를 추진함으로써 연구개발사업의 연속성이 확보되도록 함
- 수요자 입장의 시장성 분석을 통해 연구개발 필요성 및 실용화/산업화 방안 등에 대한 세부 검토 수행

□ 추진체계

- 해양연구원이 주관 연구기관의 역할을 수행하며, 실무 연구진과 전문 자문위원회로 연구 추진체계를 정립
- 다양한 분야 전문가 의견 수렴을 위해 항만/지반/구조/기계/경제/기획/정책/환경/수공/선박 전공자를 고르게 포함
- 세미나와 워크샵 등을 개최하고 서면자문을 통해 전문가들의 의견을 청취하여 객관적, 과학적 기획연구 추진



[추진체계도]

한국건설품질연구원, 파코법률사무소, 날리지웍스, KTS, 두배시스템, 삼성중공업, 콘크리닉, 건일엔지니어링



[연구진 구성기관]

□ 연구진 명단

성명	소속	직위	전공 (학위)	세부 역할	경력	구분
주관 연구기관 실무 연구진						
한상훈	한국해양연구원	책임연구원	구조공학 (박사)	업무총괄	15년	연구계
박우선	한국해양연구원	책임연구원	구조공학 (박사)	항만 구조물	25년	연구계
장인성	한국해양연구원	책임연구원	지반공학 (박사)	장비 제작	15년	연구계
오상호	한국해양연구원	선임연구원	해안공학 (박사)	해양 환경	10년	연구계
한택희	한국해양연구원	선임연구원	구조공학 (박사)	항만 구조물	15년	연구계
고진환	한국해양연구원	선임연구원	기계공학 (박사)	기계 설계	15년	연구계
최현택	한국해양연구원	책임연구원	기계공학 (박사)	수중 로봇	15년	연구계
김기훈	한국해양연구원	선임연구원	기계공학 (박사)	수중 센서	10년	연구계
외부 참여 실무 연구진						
라운강	한국건설품질연구원	부원장	토목공학 (학사)	구조물 진단	25년	산업계
손태원	파코법률사무소	변리사	토목공학 (박사)	특허 검색	15년	산업계
송상준	건일엔지니어링	과장	항만공학 (석사)	항만 구조물	10년	산업계
류형근	날리지웍스	수석컨설턴트	토목공학 (박사)	연구 기획	10년	산업계
윤상준	KTS	과장	해양공학 (석사)	해저케이블	10년	산업계

성명	소속	직위	전공 (학위)	세부 역할	경력	구분
이배	두배시스템	대표이사	전자제어 (학사)	장비 제작	20년	산업계
정승진	삼성중공업	차장	항만공학 (박사)	항만구조물	20년	산업계
하지명	콘크리닉	부장	토목공학 (석사)	구조물 진단	20년	산업계
김대현	서울과학기술대	교수	지능계측공 학(박사)	점검용 센서	10년	학계
김진현	서울과학기술대	교수	기계공학 (박사)	수중 로봇	10년	학계
김태성	창원대	연구원	메카트로닉스 (박사)	수중 로봇	15년	학계
박상문	강원대학교	교수	경영공학 (박사)	경제성 분석	15년	학계
신도형	인하대학교	교수	건설관리 (박사)	경제성 분석	15년	학계
이방연	전남대학교	교수	토목공학 (박사)	토목 구조물	10년	학계
홍동수	부경대학교	박사후연구원	토목공학 (박사)	비파괴 장비	10년	학계
함영복	기계연구원	책임연구원	기계공학 (박사)	장비 제작	20년	연구계
민정탁	포항지능로봇연구소	정책기획실장	기술정책 (박사수료)	연구 기획	10년	연구계
서성호	KISTI	선임연구원	유체공학 (박사)	시장 분석	15년	연구계

□ 추진방법

- 국내·외 관련 연구현황 및 동향조사
 - 특허와 논문의 경우, 특허청 산하의 특허 R&D 센터와 공동으로 특허와 논문 전문조사기관인 플러스 특허 법률 사무소에 용역을 주어 실시함.
 - 시장 수요 및 현황, 관련 제도, 연구 인프라 등은 기 수행된 바 있는 연구기획 보고서 및 산업동향 분석 보고서, 각종 논문, 보고서 등의 자료를 활용하여 조사.
- 연구목표, 범위, 요소기술 및 세부과제 도출 및 추진계획 수립
 - 항만시설물의 수중부 상태진단 및 유지관리용 기계화 장비개발의 타당성 분석 및 개발 계획 수립이라는 연구목표 달성하기 위한 연구목표 및 범위를 수립.
 - 설정된 연구목표 및 범위에 대하여 관련 전문가의 의견을 취합하여 최종 선정.
 - 활용 가능한 의견 수렴 도구로는 관련 전문가와의 인터뷰 및 그룹 토의, 서면 자문 등의 방법 사용.
- 기술(연구) 개발 타당성 분석
 - 신규 과제로 추진 여부를 결정함에 있어 가장 중요한 부분으로 고려
 - 시장성, 기술개발 성공가능성, 개발 시 효과 등을 중심으로 기술개발의 타당성을 분석하고, 또한 기존 과제와의 중복성 등을 조사함으로써 국토해양부의 신규과제로서의 추진 가능성을 검토함
 - 시장 분석 등을 수행하고, 경제 분석 전문가와 관련 자문 등을 통하여 경제적 타당성을 분석한 후, 이로부터 사업화 가능성 등을 조사
- 연구개발 성과의 사업화 방안 제시 및 기대효과, 파급효과
 - 연구기획에 참여하고 있는 연구 실무진과 현업의 실무 종사자 그룹 간 토의를 통하여 각 구조물 별 특성을 고려한 실용화 방안을 제시
- 단계별 정량적, 정성적 성과지표 및 성과목표치 제시
 - 국가연구개발사업의 공통적인 성과지표를 비롯하여 고유한 성과지표 등을 제시하고, 각 지표에 대한 성과목표치를 구체적으로 제시함

- 기획연구에 사용되는 기법
 - 환경분석을 위한 STEeP: 기술개발과 관련된 사회, 기술, 경제, 생태, 정치 등 주요 이슈를 분석하고 이로부터 전략을 도출
 - 특허 분석을 위한 특허맵 및 포트폴리오 분석: 특허분석 프로그램인 Aureka를 이용하여 특허맵 및 포트폴리오를 분석함
 - 연구개발 역량 분석을 위한 SWOT(Strength, Weakness, Opportunities, Threats) 및 TRL(Technological Readiness Level) 분석
 - 기능전개(FAST, Functional Analysis System Technique)에 의한 기술트리 작성 및 핵심기술군 도출
 - 기술로드맵(TRM, Technological Road Map) 및 추진체계 작성: 세부과제별 기술로드맵과 향후 사업단 혹은 연구단으로 과제를 추진할 경우에 대한 최적의 추진체계 수립

□ 연구일정

- 연구는 환경 및 역량분석, 비전 및 목표수립, 연구개발 추진전략 수립, 연구개발 타당성 분석, 기대효과 및 활용방안, 정책제언, 보고서 작성 순으로 이루어짐. 전체 연구내용이 상호유기적으로 결합되도록 함.
- 환경 및 역량분석은 정책동향분석, 기술개발동향 분석, 시장현황 및 전망 분석을 실시함. 또한, 특허와 논문 동향 분석을 특허 R&D 센터와 플러스 특허법률 사무소와 공동으로 수행. 기술수준 및 역량분석과 법 및 제도 현황을 분석한 후에 STEeP 및 SWOT 분석을 통해 환경 및 역량분석 결과를 통합함.
- 환경분석결과를 바탕으로 연구개발사업의 비전과 목표를 수립함. 목표기능을 달성하기 위한 기능전개(FAST)를 실시하고 세부기술들을 도출함. 중요성, 시급성, 중복성 검토 결과를 바탕으로 중점추진과제를 선정.
- 연구개발사업의 추진전략을 수립하기 위해, 연구범위를 설정하고 추진 로드맵을 작성함. 또한, 연구결과물들의 목표성능 및 성과지표와 소요예산 등을 산정함.
- 연구개발사업의 타당성은 정책적인 면과 경제적인 면에 대해서 분석하고 전문가 자문을 통해 타당성 분석의 유효성을 자문받음.
- 기대효과와 활용방안에서의 연구개발사업의 실용화 방안을 제시함. 또한, 정책제언을 통해 점검용 장비의 활성화 시에 필요한 정부기관의 협조사항을 제안함.

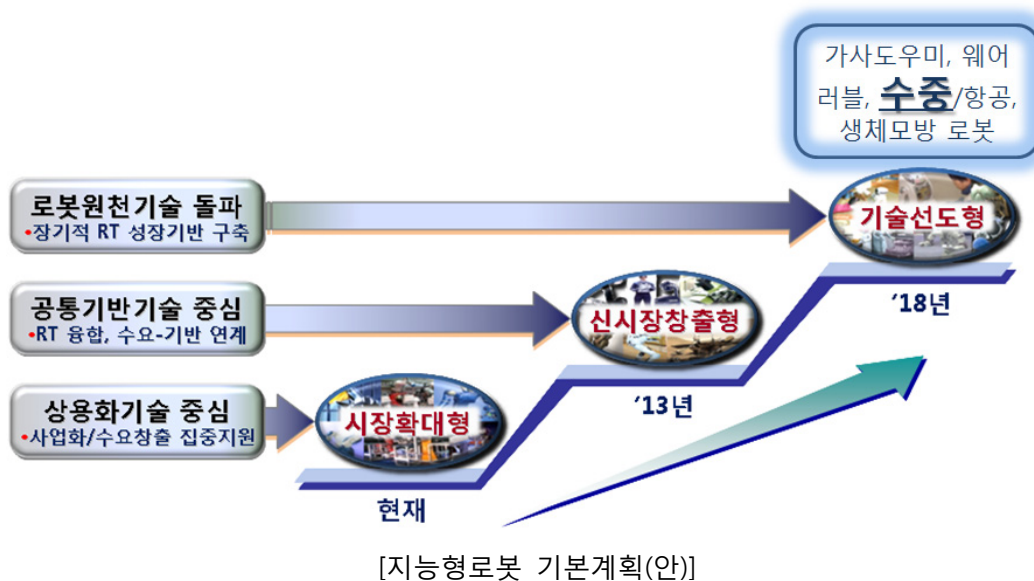
일 정	10월				11월					12월					1월				2월					3월		
	1주	2주	3주	4주	1주	2주	3주	4주	5주	1주	2주	3주	4주	5주	1주	2주	3주	4주	1주	2주	3주	4주	5주	1주	2주	
목 차																										
환경 및 역량분석																										
정책동향 분석																										
기술개발동향 분석																										
시장 현황 및 전망																										
특허 동향 조사																										
논문 동향 조사																										
기술수준 및 역량분석																										
법 및 제도 현황																										
기존 과제와의 중복성 검토																										
STeP 및 SWOT 분석																										
비전 및 목표 수립																										
비전 및 목표																										
핵심기술 도출																										
중점추진과제 선정																										
연구개발사업 추진전략 수립																										
연구개발사업 구성체계																										
연구목표 및 범위																										
추진전략 및 로드맵																										
연구결과물의 목표성능 및 성과지표																										
소요예산																										
연구개발사업 타당성 분석																										
정책적 타당성 분석																										
경제적 타당성 분석																										
전문가 설문에 의한 타당성 분석																										
기대효과 및 활용방안																										
기대효과 및 활용방안																										
정책제언																										
지침개정																										
상용화 과정에서의 부처 및 전문기관 협조																										
보고서 작성 및 최종보고회																										
보고서 최종 작성																										

2 환경 및 역량 분석

2.1 국내·외 정책 동향

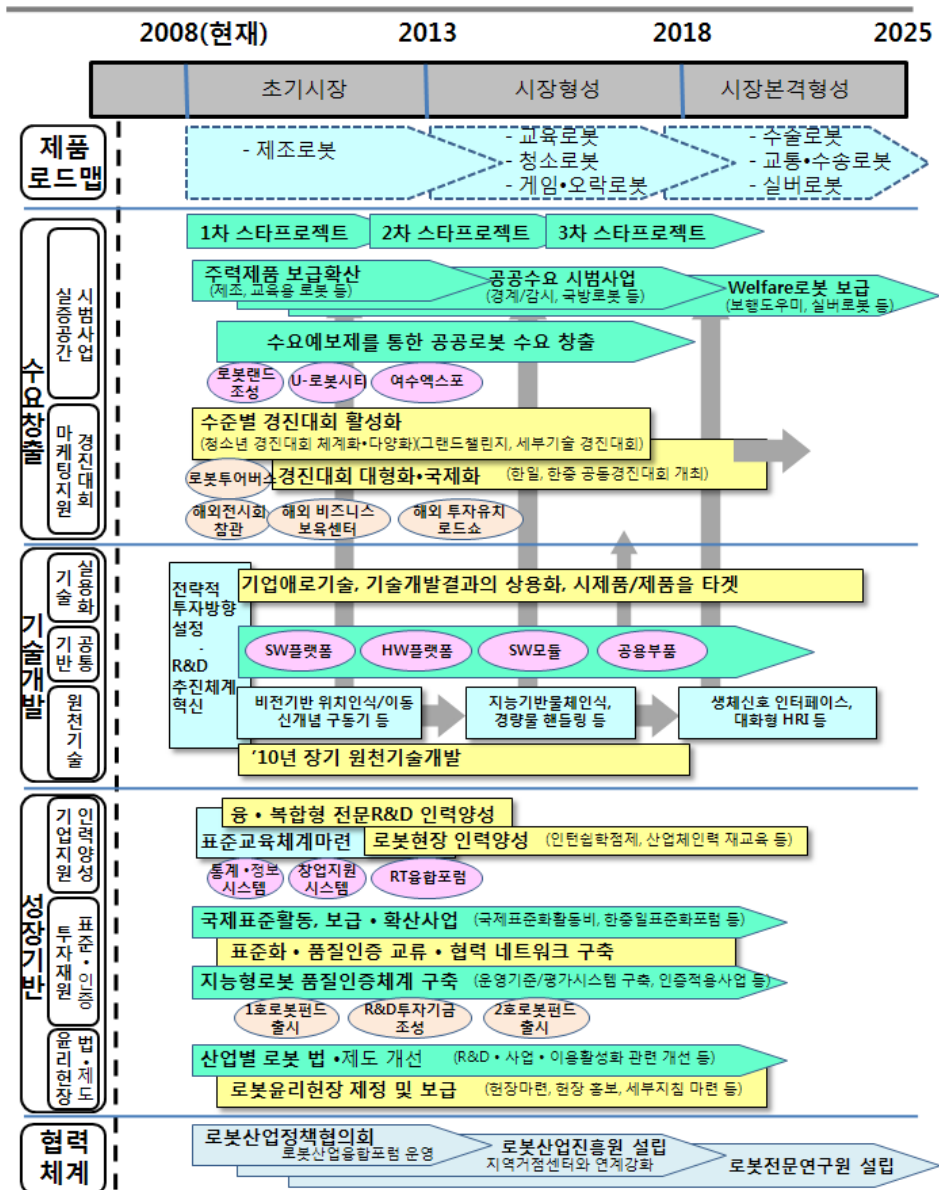
가. 국내 정책 동향

- 국가과학기술위원회의 「국가융합기술 발전 기본계획('09 ~ '13)」, 2011년도 국가 융합기술 발전 시행계획(안)에서 건설·물류 등 전통산업에 신기술 접목을 통해 고도화 추진하기로 함.
- 지능형 로봇 기본계획(안)에 따르면 수중로봇은 향후 10년 이내에 기술선도형 분야로 부각될 것임을 제시함.



- 국토해양부는 2009년도의 3대 핵심 정책과제로 경제위기 조기극복, 물과 함께 하는 국토 재창조, 녹색성장과 신성장동력 확충 등으로 정하고, 이 중 신성장동력 확충의 세부 목표인 '건설기술력 제고 및 공간정보 산업 육성'의 일환으로 로봇 시공기술 등 첨단 용·융복합 건설기술 개발에 대한 지원을 대폭 확대할 계획을 발표한 바 있음.
- 국토해양기술연구개발사업 시행계획에 의하면, 해양장비기술 개발로 총 35개의 과제에 총 266억원의 연구비가 투자됨

- 해양장비 기술은 미래 해양자원 탐사, 해양에너지 개발, 해양 생물/유전자 연구 등에 활용될 핵심 연구 장비 및 해양레저 스포츠 등에 활용되는 첨단 해양장비 개발을 그 목적으로 함
- 건설기술혁신사업의 일환으로 건설산업의 생산성 향상을 위하여 첨단재료 개발 및 IT 기술을 접목한 건설생산프로세스의 혁신을 사업개요로 하고 있음



[국가 로봇산업 추진 로드맵(2009년 2월)]

- 최근(2011.07)에 제시된 해양과학기술 로드맵(안)에 따른 '항만시설물 점검용 장비 기술개발'은 4가지 정책목표 중에서 해양산업진흥에서 고부가가치 전략제품 개발을 통한 세계해양장비선도 부분에 해당됨.



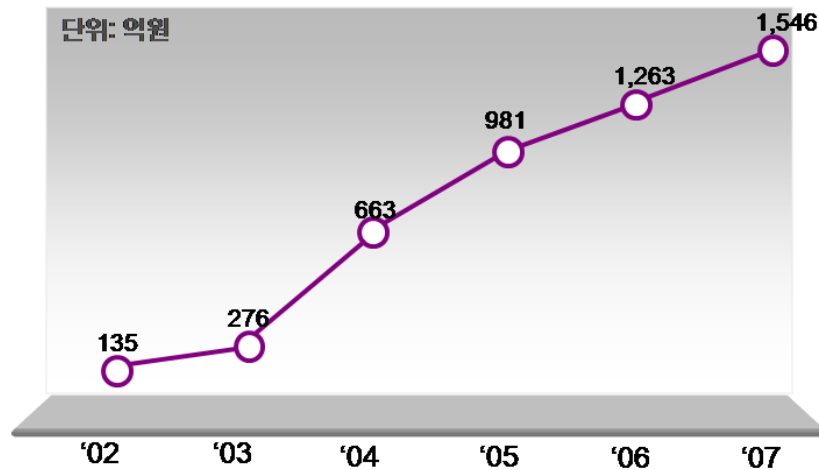
[2020 해양과학기술 로드맵 비전 및 목표]

- 2020 해양과학기술 로드맵의 해양장비 로드맵에서 '항만시설물 점검용 장비 기술개발은' 해양구조물시공/유지보수 수중로봇 기술과 직접적으로 연계됨. 본 연구과제의 과업기간인 2012년~2016년까지는 항만시설물 진단로봇기술개발, 그 이후에는 신형식 항만시설물 진단과 수중보수 로봇기술 개발로 전개 가능

연계 과제	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Target 성과물
나노광 이용 해양용센서 개발	해양핵심장비 국산화 기술 (390억원)									수중심해 관측센서 해양관측장비 상용화
다관절 복합이동 해저로봇개발	해양구조물 시공·유지보수 수중로봇 기술 (857억원)									수중로봇 상용화
다목적 지능형 무인잠수정개발	해저극한지 탐사 잠수정 기술 (330억원)									장거리 탐사용 수중 자율무인잠수정 시제품
수중무선통신시스템개발	수중무선통신 고도화 산업화 기술 (200억원)									수중 고속통신 및 장거리 통신모뎀
	해저플랜트 구축 기반기술 (360억원)									해저 드릴링, 배관 및 시공기술 확보
추진 전략	- 산업화를 목적으로 1단계 기초연구 이후 2단계부터 민간기업과 매칭방안 모색 - 기술개발에 따른 시제품 제작을 목적으로 추진									
기대 효과	- 해외 수입의존도가 90%를 상회하는 해양산업분야에서 수입대체효과 및 수출기반 확보 가능 - 해양탐사 및 수중작업 기계화 장비 개발에 따른 해양위험성 극복 - 해양조사 효율 최대 40% 증대 효과 (운영비 연 134억원 절감) - 해양사고시 신속투입으로 인명사고 감소 (연 4%)									

[해양장비 기술로드맵]

- 국내 로봇산업을 위한 정부재원의 총투자현황은 '02년 이후 7년간 총 5,748억 원(연평균 821억원)을 정부예산으로 투입하여 766여개 과제를 지원함.
- 정부는 연평균 821억원, 766여개 과제를 지원
- '04년부터는 성장동력기술개발, 21C프론티어사업 등의 중장기 대형과제 착수로 투자가 급증.



[정부재원 투자현황]

[국가 R&D 연도별 총투자추이]

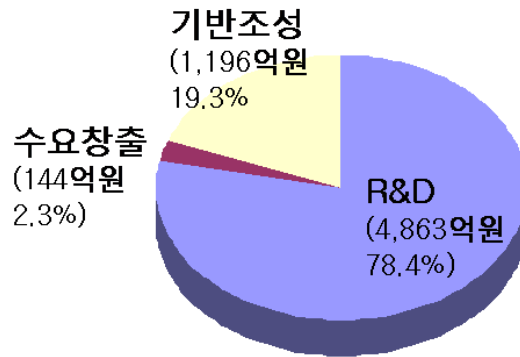
(단위 : 백만원)

구분		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	계	02~07 CAGR
과제수	총과제	56	125	155	252	309	362	148		45.2%
	민간참여과제	56	67	103	160	206	246	80		46.9%
사업비	총사업비	19,878	41,986	102,902	144,106	185,401	214,976	113,632	822,882	61.0%
	정부출연금	13,527	27,582	66,269	98,145	126,262	154,632	88,382	574,798	62.8%
	민간부담금	6,352	14,404	36,634	45,961	59,140	60,344	25,250	248,084	56.9%

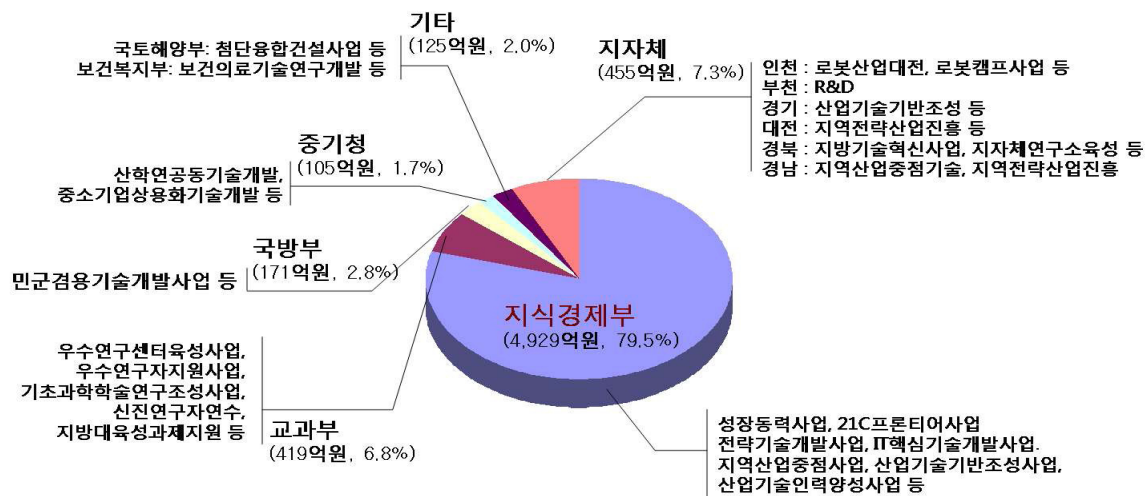
출처: 지식경제부, “로봇 R&D 실태조사”, 2008. 10(2008년도 사업은 지경부소관 사업만 조사)

- 정부의 로봇산업 부분별 투자현황은 R&D분야에 총 투자액의 약 82.7%(4,757 억원), 수요창출분야에 총 119억원, 기반조성분야에 약 872억원 투입하였음

- R&D분야에 대한 투자는 플랫폼 및 시스템통합, 이동 및 위치인식 등의 원천기반기술 개발에 941억원을 투자하였으며, 260여종의 로봇 상용화 개발에 3,355억원의 예산을 투입



[정부재원 부분별 투입현황]



[정부 부처별 재원 투입현황]

- 이전 부처인 산업자원부와 정보통신부 통합하여 출범한 지식경제부 소관의 로봇산업 관련 투자액은 총 4,946억원으로 전체 정부부분 투자의 약 80%를 차지하고 있음
- 산업자원부에서는 로봇 하드웨어 중심의 기술개발 및 지역로봇센터 구축, 경진대회 등에 총 투자액의 51%인 약 3,164억원 투입
- 정보통신부에서는 IT인프라를 활용한 네트워크 로봇 개발 및 시범사업, 인력양성 등에 총 투자액의 28.51%인 약 1,782억원 투입

- 그 이외의 방위사업청, 교육과학기술부, 중소기업청 및 기방자치단체(중앙정부와 매칭펀드) 순으로 지원하고 있으며, '06년 이후에 증가추세이고 향후 비중이 상승될 것으로 전망되어지고 있음

[부처별 주요사업 및 투자현황]

(단위: 백만원)

부처명	정부출연금				주요사업		
	총액	R&D	수요 창출	기반 조성			
중앙 부처	지식경제부 산자부	316,386	248,660	2,062	65,664	성장동력기술개발, 21C프론티어사업, 전략기술개발, 지역산업중점기술개발사업, 산학연공동기술개발, 산업기술기반조성사업, 산업기술인력양성사업 등	
	정통부	176,465	157,150	9,848	9,467	IT핵심기술개발, IT우수기술지원, 인력양성사업, 시범사업, 지능형 로봇 테스트베드사업, IT표준화사업 등	
	교육과학기술부	과기부	33,002	26,752	-	6,250	국가지정연구구질사업, 국제공동연구사업, 국제화기반조성사업, 대덕특구R&D, 여성과학자지원, 우수연구센터육성, 지역대학우수과학자지원, 특정기초연구지원사업 등
		교육부	8,924	3,075	4	5,845	2단계연구중심대학육성, 공동연구과제지원, 국제연구인력교류, 기초과학술연구조성, 대학원연구중심대학육성, 문제해결형연구지원, 박사후해외연수, 신진교수연구지원, 신진연구자연수, 우수연구자지원, 인문사회학술연구조성, 지방대학성과지원, 지방대학혁신역량강화프로젝트, 학문후속세대양성, 학술연구조성사업 등
	방사청	17,100	17,100	-	-	민군검용기술개발사업	
	중기청	10,470	10,449	20	1	기업협동형기술개발, 산학연공동기술개발, 산학협력실설치지원, 생산현장직무기피요인해소, 생산환경혁신기술개발, 신기술아이디어타당성평가, 연구장비이용클러스터, 중소기업상용화기술개발사업 등	
	국해부	9,402	9,402	-	-	건설기술혁신사업, 건설핵심기술연구개발사업, 첨단융합건설기술개발사업, 해양수산R&D, 해양장비 기술개발 등	
	기타	3,049	3,049	-	-	보건의료기술연구개발, 의료기기간연연구개발, 농업회계연구사업 등	
	소계	574,798	475,637	11,934	87,227		
	지방 자치 단체	인천	825	-	460	365	대한민국로봇대전사업, 로봇캠프사업 등
부천		4,661	4,661	-	-	지역자체R&D사업 등	
경기		3,000	-	-	3,000	산업기술기반조성사업	
대전		7,540	-	-	7,540	지역전략산업진흥사업, 지능형로봇 테스트베드 운영	
경북		12,500	-	2,000	10,500	지방기술혁신사업, 지자체연구소육성사업	
경남		16,930	5,968	-	10,962	지역산업중점기술개발사업, 지역전략산업진흥사업	
소계	45,456	10,629	2,460	32,367			
총계	620,254	486,266	14,394	119,594			

* 기타는 농촌진흥청, 보건복지부, 농림부, 국무총리실, 식품의약품안전청, 국무조정실 포함

□ 정부지원 정책사업 종류와 현황

- 항만물류 기후변화 협약 대응방안(2009, KMI) : 항만의 온실가스 배출량 측정 및 저감목표치, 로드맵 설정, 온실가스 저감 경제성 분석
- 친환경 항만운영기술 적용 및 실행방안 연구(2008, KMI) : 친환경 항만운영기술대안의 검토, 친환경 항만운영기술 우선순위 및 타당성 분석, 시뮬레이션에 의한 기술 적용 효과 분석
- 저탄소 항만구축방안(2008, 현대건설) : 해외 저탄소항만 분석, 국내 항만 대기 오염물질 발생량 추정, 저탄소 Green Port정책수립 및 실행계획(안) 마련

[중장기 항만기술 발전 기본계획(변경)]에 따른 연구개발과제 추진현황]

분야구분	추진종료 및 추진 중 연구과제명	연구비 (백만원)	연구 기간
항만설계 관련기술	항만매몰 및 오염방지기본기술	700	01~06
	차세대 항만설계기술	600	01~05
	항만구조물 설계자동화 시스템	1,000	00~05
	경사식방파제 최적설계 기술개발	1,500	00~03
	준설토 재활용방안	500	00~03
	부유토 발생량평가 및 오탁방지막	1,300	00~02
	지진대비 구조물보강 및 신형안벽	2,000	98~03
	항만시설 개선을 통한 가동율 제고	400	02~03
	사석다짐 중력식 안벽 내진성능	200	04
	항만구조물 신뢰성설계법	3,000	06~11
	항만리모델링 기반구축	2,350	06~11
	해일예측 기반구축 및 설계해면추산	3,000	06~10
항만 및 해양 구조물 및 내구성기술	해수교환방파제 실용화 방안	1,250	98~02
	굴패각 혼입콘크리트	500	00~04
	고내구성 신소재 해상파일	800	99~02
	항만시설 관리체계 개선	400	00~01
	신형소규모 방파제 개발	200	02~03
	대수심 방파제 및 연약지반관련 기술	8,713	98~07
항만 및 해양 장비기술	수두차이용 퇴적물준설장비	300	04~05
	수중항만공사 기계화 시공장비	2,000	01~08
	해양 콘관입시험기 개발	1,650	02~07
항만물류기술	지능형 항만물류시스템 기술개발	29,900	03~09

- 국토해양부 첨단항만기술개발사업
 - 1999년 첨단항만건설기술개발사업에 대한 법적 근거를 마련하고, 이를 체계적으로 수행하기 위하여 「중장기 항만기술 발전 기본계획」이 수립된 바 있음
 - 동 계획은 2006년 「중장기 항만기술 발전 기본계획(변경)」을 통하여 변화된 국제환경 등을 반영하여, 항만기술 추진전략을 “기초 및 기반기술 개발 전략”, “실용화 기술 개발 전략”, “사업화 기술 개발 전략”의 3개 전략으로 재구분하고, 이들에 대하여 “항만물류기술”, “항만계획 및 설계기술”, “항만 및 해양구조물 기술”, “항만 및 해양장비 기술”의 4개 기술분야 31개 사업을 계획.
 - 2006년 수립된 「중장기 항만기술 발전 기본계획(변경)」 역시 2010년까지 중장기 기본계획이 수립되어 있음.
 - 국토해양부에서는 2010년 이후 “첨단항만건설기술개발사업 중장기 실행계획” 수립을 위한 연구용역을 최근에 수행하였음.

- 이명박 정부의 과학기술 기본계획 (2009)
 - 2008년도 11월에 발표한 “이명박 정부의 과학기술 기본계획” 2009년도 시행 계획을 보면, 7대 기술 분야에 집중육성을 위하여 총 4조 6,282억 원이 투자되며, 이 중 1조 1,923억 원을 신 성장 동력 발굴에 사용하도록 명시하고 있어 미래사회에 발전을 이끌어갈 산업을 발굴하고자 노력 중임.
 - 아래 표는 집중 육성대상인 7대 R&D 분야를 나타냄. 여기에서 7번째 기초, 기반, 융합기술 개발활성화란 제목 아래 지능형 로봇의 개발을 포함하고 있으며, 이를 위해 2009년 예산안에 1,923억 원의 예산이 책정됨.
 - 국토해양부의 R&D 예산에는 국가주도 기술 핵심역량 확보를 위해 3,432억 원이 책정되어 있으며, 민간이 투자하기에 규모가 크고 위험부담이 큰 기술 분야를 지원하도록 하고 있음. 또한 융합기술 개발 활성화 명목으로 총 731억 원의 금액이 책정됨.

7대 R&D 분야	08예산 (백만원)	09예산안 (백만원)	증 감	
			금액	비율(%)
주력기간산업 기술 고도화 (자동차·조선, 기계·제조공정, 반도체 등)	318,513	335,100	16,587	5.2
신산업창출을 위한 핵심기술개발 강화 (차세대시스템 S/W, 암 진단·치료 등)	450,931	490,633	39,702	8.8
지식기반서비스 산업 기술개발 확대 (융합형 콘텐츠, 첨단물류 등)	90,732	127,930	37,198	41.0
국가주도기술 핵심역량 확보 (우주·항공, 원자력·핵융합, 국방 등)	1,909,104	2,117,609	208,505	10.9
현안관련 특정분야 연구개발 강화 (인수공통전염병, 부품·소재 등)	739,579	834,064	94,485	12.8
글로벌 이슈관련 연구개발 추진 (신재생에너지, 기후변화 예측·적응 등)	445,212	530,600	85,388	19.2
기초·기반·융합기술 개발 활성화 (바이오칩·센서, 지능형 로봇 등)	166,959	192,279	25,320	15.2
총합계	4,121,030	4,628,215	507,185	12.3

3대 분야	17개 신성장 동력
녹색기술산업 (6)	신재생에너지, 탄소저감 에너지, 고도 물처리, LED 응용, 그린수송시스템, 첨단 그린도시
첨단융합산업 (6)	방송통신융합산업, IT융합시스템, 로봇응용, 신소재·나노융합, 바이오제약(자원)·의료기기, 고부가 식품산업
고부가 서비스 산업 (5)	글로벌 헬스케어, 글로벌교육서비스, 녹색금융, 콘텐츠·소프트웨어, MICE·관광

- 국무총리실 보도자료 (2009)
 - 국무총리실 및 녹색기술 위원회에서 발표한 미래를 이끌 17개 신성장동력에 로봇 응용 기술 개발 R&D과제 추가발굴을 요구하고 있음.
 - 3대분야중 첨단융합 산업으로 로봇 응용산업을 미래 신성장동력으로 지정하여 R&D투자의 중요성을 보여주고 있음.

- 지능형로봇산업은 개인서비스용 로봇이나 전문서비스용 로봇 제조업용 로봇은 물론 국방(무인정찰), 교통(무인자동차), 복지(재활, 간호, 의료), 해양(심해탐사)등 타 산업과 로봇분야와의 융합을 요구하고 있음.
- 국가융합기술 발전 09년도 시행계획
 - 정부는 2013년까지 우리나라의 융합기술 수준을 선진국 대비 70~90%까지 끌어올리려는 계획을 가지고 있음.
 - 세부 추진전략에서는 성숙기에 접어든 기존 주력산업들을 대체할 전략분야로 바이오신약과 로봇을 꼽음.
 - 또한 융합기술과 관련된 전문인력 양성 프로그램의 일환으로 융복합 로봇 전문인력 양성사업을 지경부에서 신규 착수.

나. 국외 정책 동향

□ 미국

- 국방부와 NSF(미과학재단)주도로 전문서비스로봇 집중개발
- NSF가 로봇분야 국가R&D 정책 총괄
- 국방부 산하 DARPA는 '12년까지 약 18조규모의 '미래형전투시스템'사업 추진 서비스로봇분야 경쟁력확보계획 수립중
- NSF와 CCC(컴퓨팅 컨소시움)은 비군사용 서비스로봇 로드맵 공동작성 착수 (2008.1)
- 미국은 '95년 미국로봇협회와 IEEE간 MOU 체결이행을 위해 산학연관으로 구성된 로봇산업협력위원회(RIMCC, Robotics and Intelligent Machines Cooperative Committee) 협의체를 통하여 본격적으로 지원업무에 착수.
- 에너지성, 국방성, NASA, DARPA 등 주요 정부기관 협력 하에 구성된 로봇 및 지능 기계 협력위원회에서 3세대 지능로봇 기술개발에 향후 5년간 1억 달러의 기술개발자금지원 계획 수립('03년 기준) 중.
- 특히, NASA 등에서 우주공간에서 사용될 우주용 지능로봇 개발 등에 중점
- 서비스로봇 분야에서 일본 및 EU에 비하여 다소 열세임을 인식하고 '08년 1월부터 서비스로봇 로드맵 작성에 착수하여 경쟁력 확보계획을 수립중.

□ 일본

- 경제산업성에서 로봇산업정책 전반을 관장, 부처별 응용분야사업 지원
- 경제산업성의 차세대로봇개발프로그램으로 공통기반, 요소부품, 실용화 기술개발
- 총무성의 네트워크 로봇, 소방청의 소방방재로봇, 국토교통성의 토목건설로봇 지원
- 프로토타입 개발지원사업의 워킹그룹별 개발내용을 살펴보면 7개의 워킹그룹 중, 옥외작업용 로봇(옥외숙련작업) 및 옥외작업용 로봇(특수환경)의 두 개 워킹그룹이 수중 점검 및 작업 로봇의 영역에 해당.
- 옥외작업용 로봇(옥외숙련작업) 그룹은 crawler기술, 부정지이동기술 등을 이용하여 극한환경에서의 탐색 및 작업이 가능한 로봇 구축에 대한 연구를 수행.
- 옥외작업용 로봇(특수환경) 그룹에서는 위치측정기술, 육해공에서의 구동기술을 이용하여 육해공에서 이동 가능한 로봇 구축에 대한 연구를 수행.
- 일본은 '83년 경제산업성은 극한작업용 로봇 개발 착수 이후, 공통기반, 요소부품, 실용화 개발을 총괄하는 차세대 로봇개발 프로그램을 통하여 국가 로봇 산업 육성을 주도.
- 일본정부는 '70년대부터 제조용 로봇 육성을 위한 정책지원, '25년까지의 시장 비즈니스, 기술개발 분야 로봇기술전략맵 등을 수립('07년 경제산업성).
- 현재 경제산업성에서 로봇산업정책 전반을 관장하고 있으며 각 부처별로 응용분야의 특성에 맞는 사업을 지원.
- 총무성은 '02년부터 기업 컨소시엄을 중심으로 "네트워크 로봇의 실현을 위하여"라는 주제로 네트워크를 융합한 개념의 로봇을 기획하여 개발을 추진.
- 통산성 주도하에 인간형 로봇 프로젝트를 진행하고 있으며, 총무성에서는 네트워크 로봇, 소방청은 소방방재 로봇, 국토교통성은 토목작업 및 건설 로봇 등의 부처별 응용개발을 지원.
- 특히, 일본 정부는 지능형로봇 개발 정책 중의 하나로 건설작업, 재난극복 및 인명구조 로봇 등과 관련된 로봇분야의 개발과 상용화에 역점을 두고, 극한환경 및 위험한 환경에 서도 인간과 유사한 작업을 수행하는 지능형 휴머노이드형 로봇을 개발하여 다양한 응용 분야에 활용할 것으로 전망.
- '09년 2월에는 "과학기술 융합 정책의 차세대 로봇 심포지엄"을 개최하여 일본 정부의 각 부처별 차세대 로봇 연구개발 정책을 발표.
- 경제산업성(인간 지원형 로봇 실용화 프로젝트와 차세대 로봇 공통 기반 개발

프로젝트를 지원), 총무성(네트워크 로봇 지원), 문부과학성, 농림수산성, 국토교통성 등에서 추진 중.

□ EU

- '00년부터 EU차원의 프레임워크 프로그램(FP)과 각 국가별 연구프로그램을 통하여 회원국 간 협업을 바탕으로 로봇 요소기술 개발을 위한 지원을 추진 중
- 제 7차 FP에서 '07년~'09년까지 372M€ 투자 계획 수립
- EU의 FP의 로봇연구부분에서는 제조용 로봇의 경쟁력 강화와 기초기술력 확보에 바탕을 둔 인지시스템, HRI(Human Robot Interaction)등의 로봇 S/W 기술에 집중 지원 중
- FP는 전략적 로봇 연구분야 로드맵 발표('07.05)을 통하여 첨단생산시스템, 가사로봇, 네트워크로봇, 실외로봇, 건강의료로봇 등의 5개 핵심분야 선정.
- 독일의 경우에는 'IKT2020'을 통하여 로봇 S/W 및 제조용 로봇분야에 지원
- 이탈리아는 NRP(National Research Plan)의 핵심기술로 로봇산업을 지원
- 독일은 기술개발 주체와 사업화 주체가 분리되어 있고, 최근 기술적으로 선도적 역할을 수행 중이며 국책연구소에서 듀얼암(Dual Arm) 로봇의 상용화에 주력.

□ 기타 국가

- 중국, 대만, UAE 등도 로봇산업을 국가적 Agenda로 채택하여 지원 중
- 중국은 중장기기술개발프로그램('06년~'20년, '06.02 발표)을 통하여 로봇을 포함한 첨단신산업 육성을 위한 R&D 청사진을 마련.
- 중국은 로봇을 첨단제조기술분야로 분류하고 5년간('06년~'10년) 휴머노이드, 노인/장애자 지원, 구조 로봇 등의 개발할 계획이며 우주개발, 극지개발, 해양탐사 등에 투입할 전문서비스 로봇 개발을 활발히 추진 중.
- 대만은 국내 제조용 로봇 시장규모('07년 6.1억불 → '15년 77억불)를 10배 이상 육성할 계획 마련 중
- UAE는 휴머노이드 로봇개발(REEM-B, 스페인에 위탁개발), 로봇조정 낙타경주대회, 국제로봇올림픽아드 개최 등의 다양한 로봇산업을 추진 중이며, '08년말 11억불 규모로 46,000m²의 돔형 로봇쥬라기공원(Restless Planet) 사업을 추진 중

2.2 국내·외 기술개발동향

가. 국내 기술개발 동향

국내에서는 항만구조물 검사에 특화된 기계화 장비의 개발 사례는 없으며 교량, 댐 그리고 원자력 발전기 등의 토목 구조물의 수중부를 검사하기 위한 장비나 그 외 수중 장비들에서는 일부 기능으로 연구되고 있다.

□ 육상관절팔 형식 진단 장비

- 2005년 설립된 한양대학교의 교량조사 로봇 개발 연구단(BIRDI)에서 검사 기계화 장비를 개발함. 아래의 그림과 같이 트럭 단부에 장착된 관절 구조를 이용하여 다리 하부 구조의 유지관리를 담당하는 첨단굴절로봇차를 개발하였으며 그 외에도 벽면보행 로봇들을 개발 중임.



[BIRDI 기계화 장비]

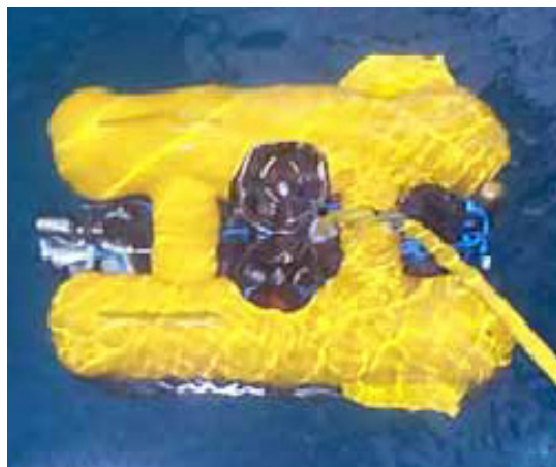
- 한국도로공사의 도로교통연구원에서는 U-BIROS라는 장비를 개발하여 정밀외관 조사 및 교량바닥판 상태분석에 사용. 사용범위: 편도 2차로 이하의 고속도로 교량. 점검대상: PSC B교 Box Girder하면 및 교량바닥판 하면



[U-BIROS 의 시스템 구성 및 제작 비용]

□ 수중유영로봇 형식 진단 장비

- 한국원자력 연구소에서 2009년 원자로 검사용 수중 로봇(ROV 시스템)을 개발. 4개의 수중 추진기를 이용하여 원자로 및 냉각재 배관 내에서 자유로운 유영이 가능하며 컬러 카메라를 통해 고방사선 지역의 수중 영상을 촬영하는 기능보유.

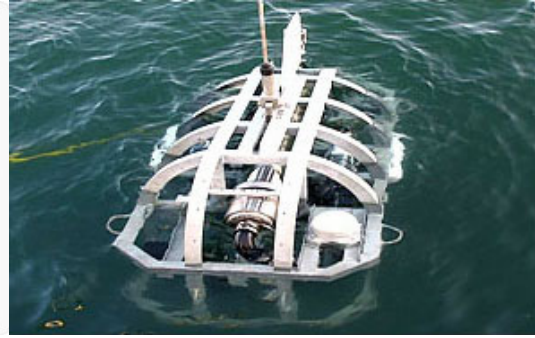


[원자로 검사용 수중 로봇]

- 한국해양연구원 대전 분원에서 개발되고 있는 해미래(ROV 시스템), 해누리 시스템은 해저지형 정밀 관측이 가능. 이 기술은 세월호 등에 의해 연안구조물 근처의 변화된 해저 지형 관측에 이용될 수 있음.

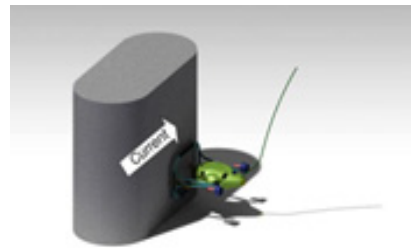
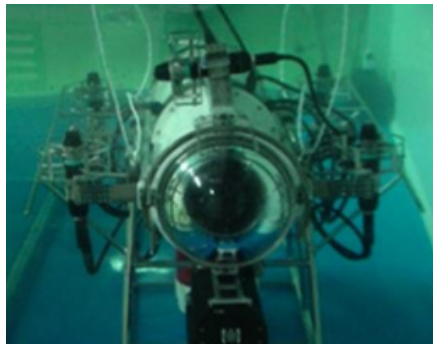


[해미래]



[해누리]

- 포항공과대학교 지능형 극한환경 로봇 연구실에서 개발하고 있는 그림의 sea spider(ROV 시스템)는 조류 중 자세유지기를 이용하여 교각/수중 구조물 안전 검사에 활용이 가능.

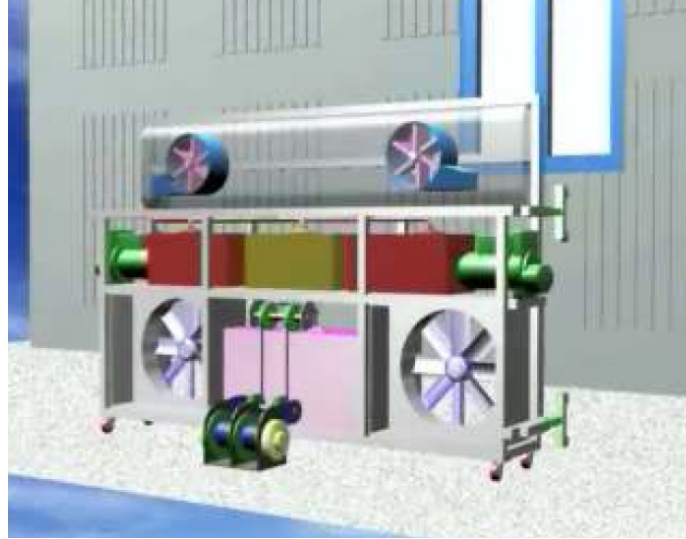


교각/수중구조물 안전검사

[Sea spider]

□ 벽체이동 형식 진단 장비

- 한국기계연구원에서는 곤돌라형 외벽 유지관리 로봇시스템 개발
- 팬을 이용하여 흡착하고 기존곤돌라 시스템을 활용하여 상하이동을 함



[곤돌라형 외벽유지관리 로봇시스템 개념도]

- 중수로형 원자력발전소의 운용에 필수적인 중수로형 원자로 핵연료 교환기의 안정적인 운전을 위하여 핵연료 교환기에서 발생하는 전반적인 문제에 비상대응 하는 로봇을 한국원자력연구원에서 개발하였음

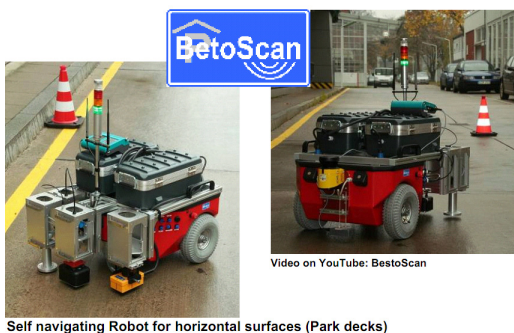


[관측 이동로봇, 비상구동 이동로봇, 작업 모습]

나. 국외 기술동향분석

□ 구조물 진단 장비 기술

- 최근 국외에서는 로봇기술 및 정보통신기술과 연계한 자동화 진단 장비 개발에 관한 연구가 매우 활발함.
- 독일의 대표적인 연구기관인 BAM에서는 비파괴검사 분야에서의 자동화와 관련하여 구조물의 바닥 자동 스캔로봇인 BetoScan과 함께 현장에서 수평 및 수직으로 스캔할 수 있는 OSSCAR (On-Site SCAnner) 등을 개발 중임.
- 자율주행 비파괴시험 로봇인 BetoScan은 습도, 온도 센서를 장착하여, 이와 관련된 정보를 모니터링을 할 뿐만 아니라 초음파 시험장비를 탑재하여 부재의 두께도 자동적으로 평가가 가능하며, 현재는 이와 유사한 자율주행 스캔로봇으로 벽을 타고 올라가면서 계측할 수 있는 장비인 Climbing and Crawler Robot을 비롯하여, 검사자가 직접 접근이 어려운 시설물 상부에 대한 비파괴시험을 위한 Flying Robot 등도 연구개발 중인 것으로 알려져 있음.
- 한편 현장에서 쉽게 적용할 수 있는 시스템인 OSSCAR(On-Site SCAnner)의 경우 현장에서의 적용을 더욱 용이하게 하기 위하여 Eddy Current, Proceq Probe, Ultrasonic Echo Radar 등을 탑재하여 적용범위를 넓힌 바 있음.
- University of Bamberg에서는 건축구조물의 상부 시설에 대한 NDT를 위하여 기존의 사다리를 이용한 시스템 대신 적용성을 높인 Crane 시스템을 개발하고 있는 것에 관한 내용을 발표(Drewello et al 2011). 이 시스템은 고해상도 영상 취득 및 표면에 대한 3D 스캐닝이 가능한 장비를 탑재하고 있으며, 특히 소형으로 기존 역사적인 건축구조물에 대한 접근 등이 용이하도록 설계됨. 또한 구조물 바닥 등에 대한 손상을 발생시키지 않을 정도의 중량을 가지고 있으며, 쉽게 22m까지 확장 가능한 마스트 기술 등이 적용됨.



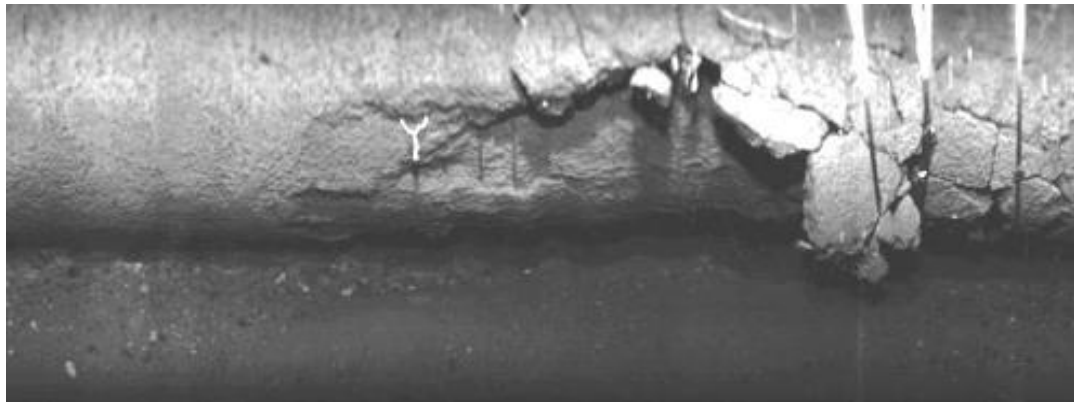
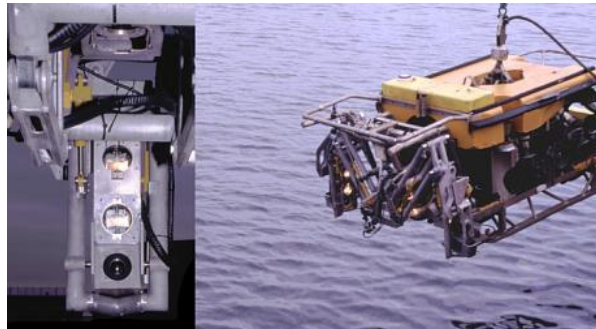
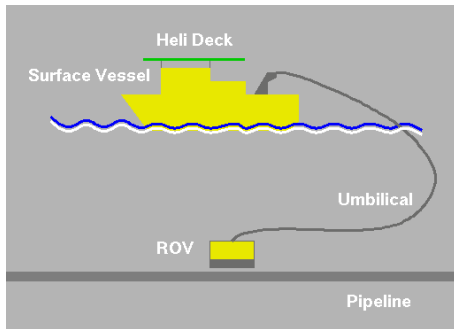
[etoScan]



[OSSCAR]

- 해저케이블 및 파이프라인 검사 장비

- Norsk Electro Optikk AS사에서는 파이프라인 건전성 조사 시스템인 XPLISIT를 개발하여 판매하고 있음. ROV와 라인스캔카메라를 이용해 파이프라인의 손상을 조사



[XPLISIT 시스템 - 장비와 측정결과]

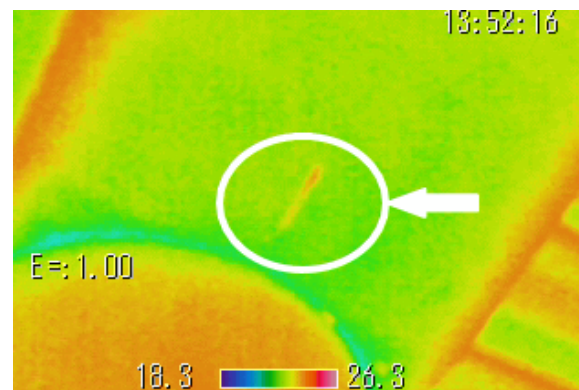


[해저케이블 유지관리로봇-비스트]

- Global Marine System사에서는 해저케이블의 설치와 유지보수를 위해 자체 보유한 비스트 심해탐사로봇 이용. 비스트는 6톤 중량의 1,000만 달러짜리 원격조종 심해탐사 로봇. 이 로봇은 무한궤도와 추진 장치를 채용, 수심 1.6 km의 심해에서 시속 3노트로 이동할 수 있음. 비스트에 장착된 카메라와 음파탐지기·금속탐지기 등으로 망가진 해저케이블을 찾아내는데 해저의 물살이 빠르고 가시거리도 제로에 가까워 정확한 손상 부위를 발견하는 데만 상당한 시간소요. 손상된 부분을 찾더라도 수리하기 위해 해저케이블을 수면 위로 끌어올려야 함.
- 시험체 표층부에 존재하는 결함이나 접합이 불완전한 부분에서 방사된 적외선을 감지하고, 적외선 에너지의 강도 변화량을 전기신호로 변환하여 결함부와 건전부의 온도정보의 분포패턴을 열화상으로 표시하여 결함을 탐지하는 검사법. 각종 재료표면 결함의 고감도 검출, 철근콘크리트의 열화진단, 강도측정, CFRP 등 복합재료의 내부 결함 검출과 열탄성효과에 의한 응력측정을 할 수 있음. 표면상태에 따라 방사율의 편차가 크기 때문에 결함 검출시 편차가 생기지 않도록 배경잡음, 전파경로에서 흡수산란의 영향을 제거할 필요가 있음



[적외선을 이용한 검사 장비]



[적외선을 이용한 균열위치 검색법]

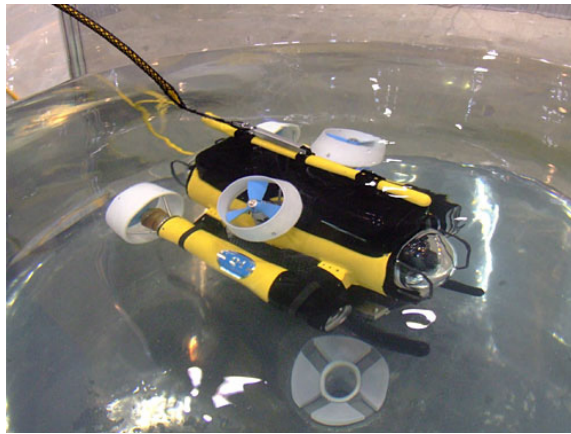
□ 수중운행 기술

- 가장 많이 활용되는 것은 자유 유영 방식으로 ROV 타입은 SeaBotix사 등에서 제작되고 AUV 타입은 Kongsberg사 등에서 제작되며 Aquatic Sciences사 등에서 이를 활용하여 해상 구조물 점검 서비스를 제공.
 - SeaBotix사의 crawler와 유영 타입의 ROV 장비



[Crawler과 유영 타입 장비]

- DELTA-150 (QI, 일본)



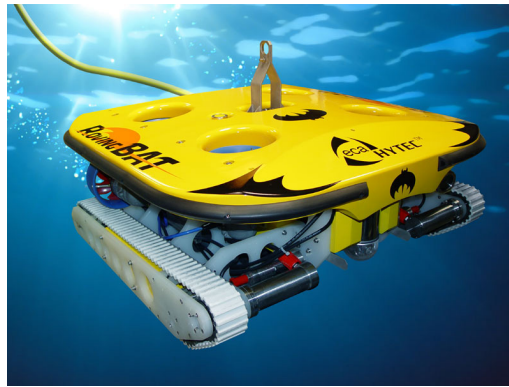
[DELTA-150]

- '헐 벅(Hull BUG, Robotic Hull Bio-inspired Underwater Grooming)'이라는 이름의 이 로봇은 미국 해군연구청(ONR)과 시로보틱스(SeaRobotics)에 의해 개발 중이다. 바퀴가 4개인 이 로봇은 부압 기기를 사용해 선박 하단부에 부착되는데, 이 부압 기기가 선체와 로봇 사이에 소용돌이를 일으키는 역할을 한다. 로봇 진공청소기나 잔디 깎기처럼 이 선체 청소 로봇도 한번 작동을 실행시키면 외부의 컨트롤 없이 혼자서 작업을 진행할 수 있음



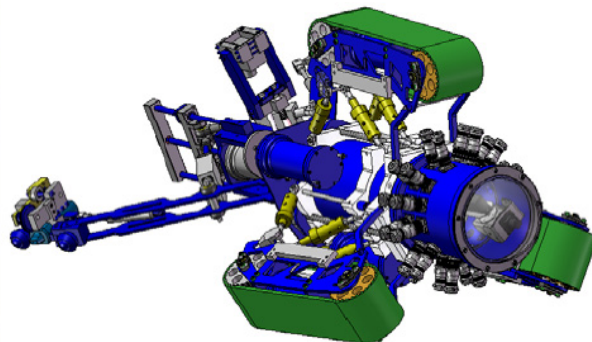
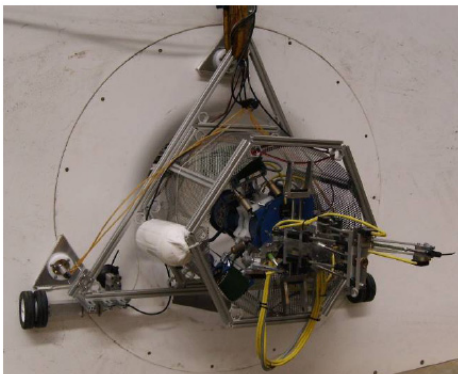
[헐 벅, 시로보틱스]

- 프랑스 ECA Robotics사는 유영과 crawler 타입을 혼합한 ROVING BAT 장비를 개발하여 선박이나 댐 등의 육안검사는 물론 부착하여 정밀 검사를 할 수 있음



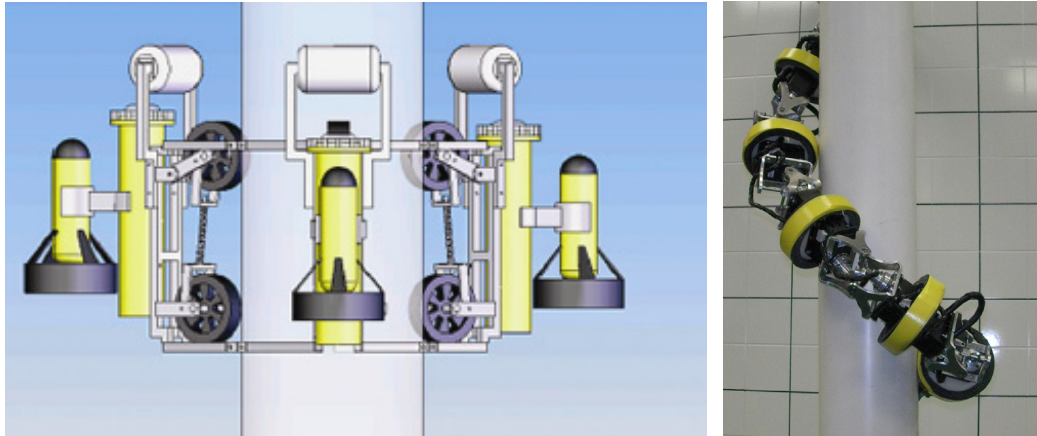
[Roving bat, ECA Robotics]

- WI Ltd 사의 RIMINI 과제에서는 걷는 방식과 suction cup/wheel 혼합 방식으로 수중 운행되는 장비 개발 연구를 진행하고 있는 등 새로운 방식의 운행 시스템이 도입되고 있는 추세임. suction cup/wheel 방식은 London South Bank University에서 시제품을 제작하였고 NDT 센서를 장착하여 원자력 내벽 검사를 목표로 하고 있다. 걷는 방식(Crawling)의 경우도 개념단계 시스템에 NDT 센서가 부착되어 내벽 검사용으로 연구되고 있음



[Suction cup/wheel 방식과 Crawling 방식의 벽체 이동 NDT 시스템]

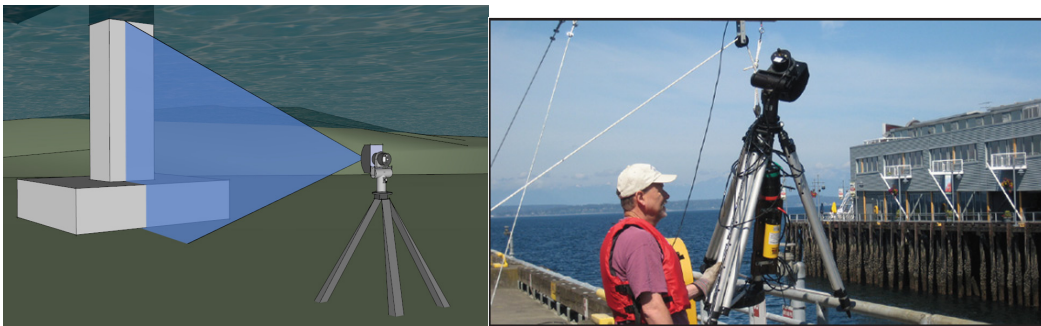
- 말레이시아 USM Robotics Research 그룹의 롤러/프로펠러 방식이나 미국 버지니아텍의 뱀의 움직임을 모사한 방식 등 기동 형태의 잔교식 구조에 특화된 수중 운행 기술이 개발 중임.



[(롤러/프로펠라 방식; USM Robotics Research)(HyDRAS_Climb; 버지니아텍)]

□ 수중구조물 모니터링 장비

- 3D 멀티빔 스캐닝 소나는 멀티빔 에코 사운더와 원리는 동일하나 투사 방향을 전방으로 선택하고 모션과 독립적으로 고정된 삼각대를 사용하여 위치를 이동하여 팬틸트 등을 이용하여 운용함으로써 정밀한 이미지 취득이 가능함. 보다 고주파수의 소나에 사용하는 방식임. Blueview가 상대적으로 고가의 정밀 솔루션을 내놓았고 Imagenex는 상대적으로 저가의 솔루션을 제공함. 항만 내 구조물, 천해 해양 구조물의 정밀 관측을 하기 위하여 가장 적합한 솔루션에 해당함. 가격이 비교적 고가여서 도입에 어려움이 있음.

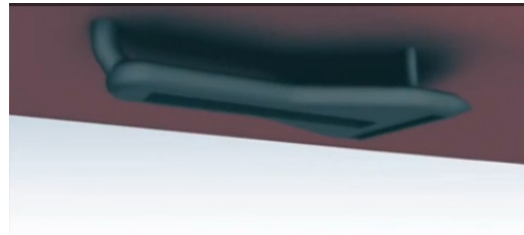


[3D 멀티빔 스캐닝 소나를 삼각대에 실장하여 운용하는 모습]

- 3D 멀티빔 에코 사운더는 저주파의 경우 모선의 하방부에 탑재하여 자세센서, DGPS 등과 연동하여 해저면의 지형을 매핑하기 위한 센서. 최근에는 고주파 멀티빔 에코 사운더를 장착한 ROV를 적용하여 해저면 정밀 매핑 및 탐지, 식별 임무에 투입하고 있음. Kongsberg, RESON 등이 최고의 기술력을 자랑하고 있음.



[RESON 7125]



[Kongsberg EM3002]

- 측면주사소나는 싱글빔이나 멀티빔을 양쪽에 배치시켜서 측면 주사 소나가 탑재된 Tow fish를 모선에서 전진속도를 가지고 끌어 운용하면서 해저면의 영상을 확보하는 방식의 소나임. 가장 식별성이 좋은 영상을 확보할 수 있는 방법 중의 하나임. 측면 주사 소나의 경우 Edgetech, Klein 사가 대표적인 업체이다.



[Kelin system 5900, Multibeam side scan sonar]

- 초음파카메라는 수중초음파를 렌즈를 사용하여 빔 포밍을 함으로써 이미지를 생성하는 방식임. Sound metrics 사에서 독보적인 기술을 가지고 있음.

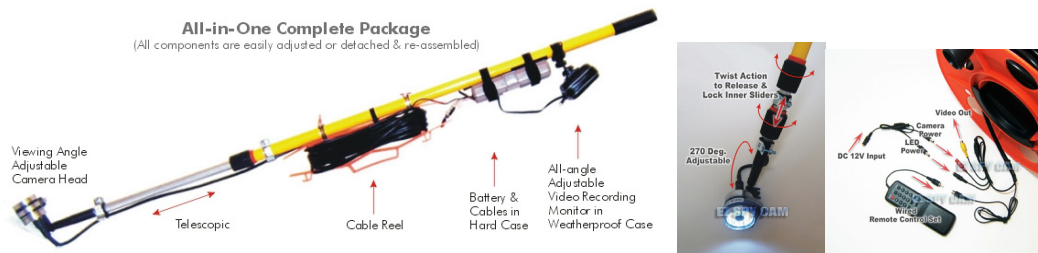


[ARIS]



[DIDSON]

- Portable 검사 장비, (007securitycamera, 미국)
 - Easy-to-use Twist action telescopic 12ft pole&270 deg. Adjustable Camera Head Mount
 - Optical Telephoto Zoom up to x27 + Digital Zoom up to x270 plus Pan &Tilt feature within Digital Zoom Range
 - 잔교식, 중력식 등 항만 구조물에 활용



2.3 국내·외 시장 현황 및 전망

- 국내 항만시설물 진단시장 현황
 - 항만시설물 중에서 1종은 약 70개정도이고, 2종 시설물 약 230개 정도이며, 따라서 진단과 유지관리 대상으로 분류되는 1종과 2종 항만시설물은 총 300개소 임.
 - 항만시설물의 진단 시장은 국가 발주분이 약 50~60억, 민간 발주분 약 30~40 억으로 연간 총액으로 80~100억원의 규모.
 - 항만 수중부에 대한 진단은 잠수부에 의해서 진행되어 있으나, 인원부족과 시설면적 증가에 따라 잠수부에 의한 진단 단가가 계속 상승하고 있고, 수심 20 m 정도의 영역에 대해서는 잠수부에 의한 진단이 쉽지 않은 상황임.

- 국내 항만시설물 진단시장 예측
 - 향후 항만진단시장의 크기를 예측하기 위해, 현재 10%수준인 SOC 유지관리 예산이 선진국 수준인 30%로 증가로 가정함. 즉, 항만 안전진단비가 2012년부터 10년동안 3배로 증가 예상. 매년 순수하게 12%증가 예상. **2017년부터 10년 동안 항만시설물 진단시장은 4,157억원으로 예상됨.**
 - 또한, 항만진단 전문가 12인을 대상으로 설문조사를 실시하여 2016년과 2021년의 항만진단시장 예상치를 조사함. 12인 평균으로 2016년에 200억, 2021년에 350억 수준의 진단시장 예상. 2021년 이후에 물가상승률 만큼 진단시장이 증가한다고 가정하면 **2017년부터 10년 동안 항만시설물 진단시장은 3364억원으로 예상됨.**
 - 전체 항만진단 관련 시장규모에서 수중구조물에 투여되는 예산은 10-20%정도로 크지 않은 상황이나, 항만시설물 중 방파제와 안벽 같은 구조물은 면적의 70-80%가 수중에 존재하고, 수중에서 열화나 손상의 가능성이 크기 때문에 이에 대한 세밀한 진단이 필요하여 수중구조물 진단 시장의 확대 예상. **설문조사에 의하면 2011년의 항만안전진단비 중 수중진단비율이 10%라면, 2016년에 20%, 2021년에 35%로 설문조사됨.**
 - 2가지 방법에 의해 조사된 항만안전진단비 중에서 작은 것을 기준으로 항만 수중진단 시장을 예상하면 다음과 같이 **2017년부터 10년 동안 1,099억원으로 예상됨.**

연도	항만안전진단비 (억원)	항만안전진단비 중 수중진단비 비중 (%)	항만수중진단 시장(억원)
2011	100	10	10
2012	120	12	14
2013	140	14	20
2014	160	16	26
2015	180	18	32
2016	200	20	40
2017	230	23	53
2018	260	26	68
2019	290	29	84
2020	320	32	102
2021	350	35	123
2022	361	35	126
2023	371	35	130
2024	382	35	134
2025	394	35	138
2026	406	35	142
2017~2026 총액	3,364		1,099

- 항만시설물 수중부에 대한 진단기술은 교량 교각의 수중부와 댐 구조물의 수중부 등에 대한 진단도 가능할 것으로 예상됨. 연간 댐의 안전진단시장은 2011년 기준으로 약 70억원 규모로 추정됨. 2011년도 교량 수중진단시장은 교량공사비의 0.03%인 약 5억원 정도로 간접적으로 추정됨.
- 또한, 향후에 건설될 해상풍력단지, 조력 및 파력 발전 구조물, 초장대 해상 교량 교각 등에 본 연구개발과제의 기술이 적용될 수 있을 것으로 판단됨

• 국외 수중구조물 진단시장 예측

- 국외 수중구조물 진단시장에 대한 직접적인 시장조사 자료는 거의 없음. 이에, 간접적인 방법으로 세계 진단시장 규모 예측. 세계 건설시장 규모는 약 8조달러로 추정되며 연평균 4.5%씩 성장하여 2020년에는 12.7조달러 내외가 될 것으로 예상하고 있음. 건설시장에서 수중구조물 진단시장의 규모를 전체건설시장의 약 0.01%로 간접적으로 추정하고 있음. 따라서, 세계 건설시장에서 수중구조물 진단시장은 8억달러 수준으로 예상됨. 향후 해양에너지 발전구조물, 해양플랜트 구조물 등 수중구조물에 대한 건설이 증가함에 따라 이 시장은 급격히 커질 것을 판단됨.

2.4 국내·외 특허 동향 분석

가. 분석 범위

- 본 특허 동향 분석에서는 연구 성과의 파급효과 및 연구의 필요성을 고려하여 선택된 연구기획 기술분야를 특허분석 대상으로 하였으며, ~2011년 10월까지 출원공개 된 한국, 일본, 유럽 및 미국 특허를 분석 대상으로 함

□ 분석대상 특허

- 특허 검색 범위는 다음과 같음

[검색 DB 및 검색범위]

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국	WIPS DB	~ 현재(검색일)	특허공개 및 등록 전체문서
	일본	WIPS DB		특허공개 및 등록 전체문서
	미국	WIPS DB		특허공개 및 등록 전체문서
	유럽	WIPS DB		특허공개 및 등록 전체문서
	PCT	WIPS DB		특허공개 및 등록 전체문서

□ 검색식

- 3장에서 언급될 소분류별로 특허(논문) 검색을 실시함

소분류	검색식	검색건수					
		KR	JP	US	EP	논문	합계
육상제어 플랫폼	((항만* or 해안* or 연안* or 해양* or 해상* or 해역* or 수중* or 해저* or 하천* or 수변* or 천해*) and (장비* or 장치* or 로봇* or 플랫폼* or 시스템* or 설비* or 기구* or 버킷 or 도저* or 백호* or 포크레인* or 해머* or 워터젯* or 툴* or 암*)) and ((육지* or 육상*) near (주행* or 이동*)) CTB=((marine* or harbor* or offshore* or ocean* or underwater* or levee* or submer*) near (device* or apparatus* or robot* or platform* or system* or tool* or equipment* or machine* or mechanism* or appliance* or instrument* or implement* or backhoe* or (back adj hoe) or dozer* or excavator* or bucket* or hammer* or waterjet* or arm*)) and (land* or ground* or shore*)) AND IC=(B60F* or B63*)	25	53	173	58	56	365
구조물 부착 플랫폼	((항만* or 해안* or 연안* or 해양* or 해상* or 해역* or 수중* or 해저* or 하천* or 수변* or 천해*) near (장비* or 장치* or 로봇* or 플랫폼* or 시스템* or 설비* or 기구* or 버킷 or 도저* or 백호* or 포크레인* or 해머* or 워터젯* or 툴* or 암*)) and ((부착* near 이동*) or crawling* or (rolling adj suction) or 프로펠러* or 프로펠라* or propeller* or biomimetic* or ((로봇* or robot*) near (팔* or 암* or arm*))) CTB=((marine* or harbor* or offshore* or ocean* or underwater* or levee* or submer*) near (device* or apparatus* or robot* or platform* or system* or tool* or equipment* or machine* or mechanism* or appliance* or instrument* or implement* or backhoe* or (back adj hoe) or dozer* or excavator* or bucket* or hammer* or waterjet* or arm*)) and ((surface* near attach*) or crawling* or (rolling* adj suction*) or biomimetic* or (robot* near arm*)))	61	7	29	6	14	117
수중 유영 플랫폼	((항만* or 해안* or 연안* or 해양* or 해상* or 해역* or 수중* or 해저* or 하천* or 수변* or 천해*) near (장비* or 장치* or 로봇* or 플랫폼* or 시스템* or 설비* or 기구* or 버킷 or 도저* or 백호* or 포크레인* or 해머* or 워터젯* or 툴* or 암*)) and (유영* or ROV* or AUV* or 무인* or 탐사*) AND (G01V* or B63B* or B63C-011* or G01S* or B25J*).IPC. CTB=((marine* or harbor* or offshore* or ocean* or underwater* or levee* or submer*) near (device* or apparatus* or robot* or platform* or system* or tool* or equipment* or machine* or mechanism* or appliance* or instrument* or implement* or backhoe* or (back adj hoe) or dozer* or excavator* or bucket* or hammer* or waterjet* or arm*)) and (ROV* or AUV* or unmanned* or prospect* or explor*)) AND IC=(G01V* or B63B* or B63C-011* or G01S* or B25J*)	66	24	127	42	65	324
수중작업 매니플레이터	((항만* or 해안* or 연안* or 해양* or 해상* or 해역* or 수중* or 해저* or 하천* or 수변* or 천해*) near (장비* or 장치* or 로봇* or 플랫폼* or 시스템* or 설비* or 기구* or 버킷 or 도저* or 백호* or 포크레인* or 해머* or 워터젯* or 툴* or 암*)) and ((검사* adj (센싱* or 센서*)) or (수중* adj 작업*) or 잠수부* or 육안* or 매니플레이터* or 매니플레이터* or manipulator*) CTB=((marine* or harbor* or offshore* or ocean* or underwater* or levee* or submer*) near (device* or apparatus* or robot* or platform* or system* or tool* or equipment* or machine* or mechanism* or appliance* or instrument* or	92	9	28	13	31	173

소분류	검색식	검색건수					
		KR	JP	US	EP	논문	합계
	implement* or backhoe* or (back adj hoe) or dozer* or excavator* or bucket* or hammer* or waterjet* or arm*) and (manipulat*)) AND IC=(B25J* or B63C* or G01B*)						
외관모니터링	((항만* or 해안* or 연안* or 해양* or 해상* or 해역* or 수중* or 해저* or 하천* or 수변* or 천해*) near (장비* or 장치* or 로봇* or 플랫폼* or 시스템* or 설비* or 기구* or 버킷 or 도저* or 백호* or 포크레인* or 해머* or 워터젯* or 툴* or 암*)) and (((외관* or 손상*) near (인식* or 모니터* or 촬영* or 영상*)) or 레이저* or 레이더* or 레이더* or 레이저* or 레이더* or 레이더*) CTB=((marine* or harbor* or offshore* or ocean* or underwater* or levee* or submer*) near (device* or apparatus* or robot* or platform* or system* or tool* or equipment* or machine* or mechanism* or appliance* or instrument* or implement* or backhoe* or (back adj hoe) or dozer* or excavator* or bucket* or hammer* or waterjet* or arm*)) and monitor*) AND IC=(H04N* or G01B* or G01S*)	58	31	59	19	103	270
비파괴검사	((항만* or 해안* or 연안* or 해양* or 해상* or 해역* or 수중* or 해저* or 하천* or 수변* or 천해*) near (장비* or 장치* or 로봇* or 플랫폼* or 시스템* or 설비* or 기구* or 버킷 or 도저* or 백호* or 포크레인* or 해머* or 워터젯* or 툴* or 암*)) and (비파괴* or 부식* or 균열* or 방수* or 이물질* or 반발경도* or 초음파속도* or 재료물성* or 건전도*) AND (G01N* or G01M* or G01B* or E02B*).IPC. CTB=((marine* or harbor* or offshore* or ocean* or underwater* or levee* or submer*) near (device* or apparatus* or robot* or platform* or system* or tool* or equipment* or machine* or mechanism* or appliance* or instrument* or implement* or backhoe* or (back adj hoe) or dozer* or excavator* or bucket* or hammer* or waterjet* or arm*)) and (non-destructive* or corrosion* or erosion* or waterproof* or waste* or caustic*)) AND IC=(G01N* or G01M* or G01B* or E02B*)	26	21	69	13	80	209
시료 샘플링	((항만* or 해안* or 연안* or 해양* or 해상* or 해역* or 수중* or 해저* or 하천* or 수변* or 천해*) and (((시료* adj 채취*) or 샘플링*)) and (G01N-001*).IPC. CTB=((marine* or harbor* or offshore* or ocean* or underwater* or levee* or submer*) near (device* or apparatus* or robot* or platform* or system* or tool* or equipment* or machine* or mechanism* or appliance* or instrument* or implement* or backhoe* or (back adj hoe) or dozer* or excavator* or bucket* or hammer* or waterjet* or arm*)) and (sampl* or manipul*)) AND IC=(G01N* or G01B*)	38	11	37	10	72	168
수중장비 위치인식 기술	((항만* or 해안* or 연안* or 해양* or 해상* or 해역* or 수중* or 해저* or 하천* or 수변* or 천해*) near (장비* or 장치* or 로봇* or 플랫폼* or 시스템* or 설비* or 기구* or 버킷 or 도저* or 백호* or 포크레인* or 해머* or 워터젯* or 툴* or 암*)) and ((위치* adj 인식*) or USBL* or (Ultra adj Short adj Base adj Line) or LBL* or (Long adj Base adj Line) or SBL* or (Short adj Base adj Line) or 테더* or RF* or (추측* adj 항법*)) CTB=((marine* or harbor* or offshore* or ocean* or underwater* or levee* or submer*) near (device* or apparatus* or robot* or platform* or system* or tool* or equipment* or machine* or	35	16	12	1	0	64

소분류	검색식	검색건수					
		KR	JP	US	EP	논문	합계
	mechanism* or appliance* or instrument* or implement* or backhoe* or (back adj hoe) or dozer* or excavator* or bucket* or hammer* or waterjet* or arm*) and (((recogniz* or detect* or aware*) near (location* or position*)) or USBL* or LBL* or SBL*)) AND IC=(B63B* or G05B* or H04B* or G01S*)						
원격제어 기술	((항만* or 해안* or 연안* or 해양* or 해상* or 해역* or 수중* or 해저* or 하천* or 수변* or 천해*) near (장비* or 장치* or 로봇* or 플랫폼* or 시스템* or 설비* or 기구* or 버킷 or 도저* or 백호* or 포크레인* or 해머* or 워터젯* or 툴* or 암*)) and ((원격* or 무인*) near (조종* or 제어* or 운용* or 모니터*)) CTB=(((marine* or harbor* or offshore* or ocean* or underwater* or levee* or submer*) near (device* or apparatus* or robot* or platform* or system* or tool* or equipment* or machine* or mechanism* or appliance* or instrument* or implement* or backhoe* or (back adj hoe) or dozer* or excavator* or bucket* or hammer* or waterjet* or arm*)) and ((remote* or unmaned*) near (control* or monitor*))) AND IC=(B63C* or B25J* or G05B* or G06F*)	70	21	41	18	7	157
통신 네트워크 기술	((수중* or 항만* or 해양*) and ((광* or 케이블* or 무선*) adj 통신*)) AND (G08G* or H04B*).IPC. CTB=(((marine* or harbor* or offshore* or ocean* or underwater* or levee* or submer*) near (device* or apparatus* or robot* or platform* or system* or tool* or equipment* or machine* or mechanism* or appliance* or instrument* or implement* or backhoe* or (back adj hoe) or dozer* or excavator* or bucket* or hammer* or waterjet* or arm*)) and ((optical* or cable* or wireless*) near communication*)) AND IC=(G08G* or H04B*)	31	9	23	3	2	68
수중영상 확보기술	((항만* or 해안* or 연안* or 해양* or 해상* or 해역* or 수중* or 해저* or 하천* or 수변* or 천해*) adj 영상*) and (센서* or 센싱* or 초음파* or 정밀* or 융합*) CTB=(((marine* or harbor* or offshore* or ocean* or underwater* or levee* or submer*) near (sens* or monitor* or display* or ultrasonic*)) AND IC=(G01S* or H04N*)	67	181	91	18	44	401

□ 유효특허(논문) 선별

- 항만시설물과 무관한 특허들은 노이즈로 분류함
- 기술분류체계 상의 어느 분류(특히 소분류)에도 속하지 않는 특허들은 노이즈로 분류함
- 항만시설물의 주요 기술이기는 하지만 항만시설물로서의 특징을 전혀 나타내지 않는 기술은 노이즈로 분류함

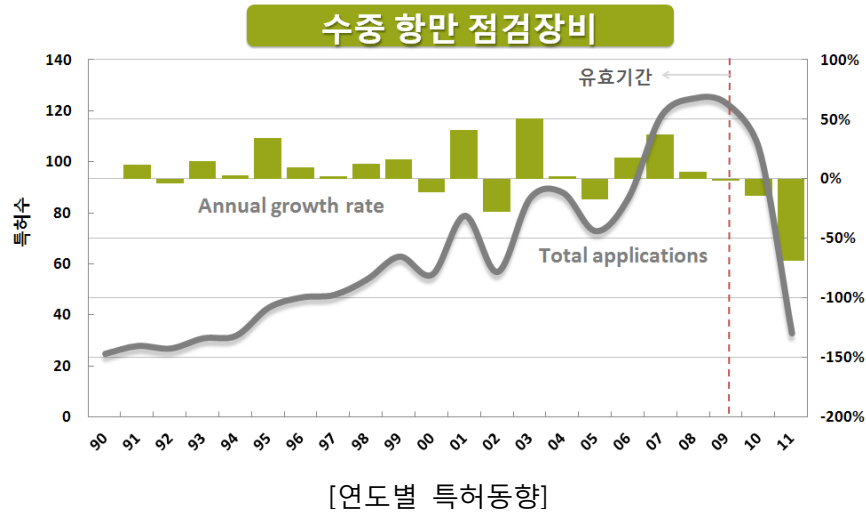
[유효특허(논문) 선별결과]

대분류	소분류	유효데이터 건수					
		한국	일본	미국	유럽	논문	계
수중항만시설 점검장비	육상제어 플랫폼	19	44	112	158	56	389
	구조물 부착 플랫폼	46	6	22	1	14	89
	수중 유영 플랫폼	53	15	75	63	65	271
	수중작업 매니플레이터	63	6	16	22	31	138
	외관모니터링	43	28	40	29	103	243
	비파괴검사	21	16	49	33	80	199
	시료 샘플링	30	11	26	16	72	155
	수중장비 위치인식 기술	29	15	7	4	0	55
	원격제어 기술	42	20	21	37	7	127
	통신 네트워크 기술	21	7	21	4	2	55
	수중영상 확보기술	41	176	66	44	44	371

나. 국가별 특허기술 현황

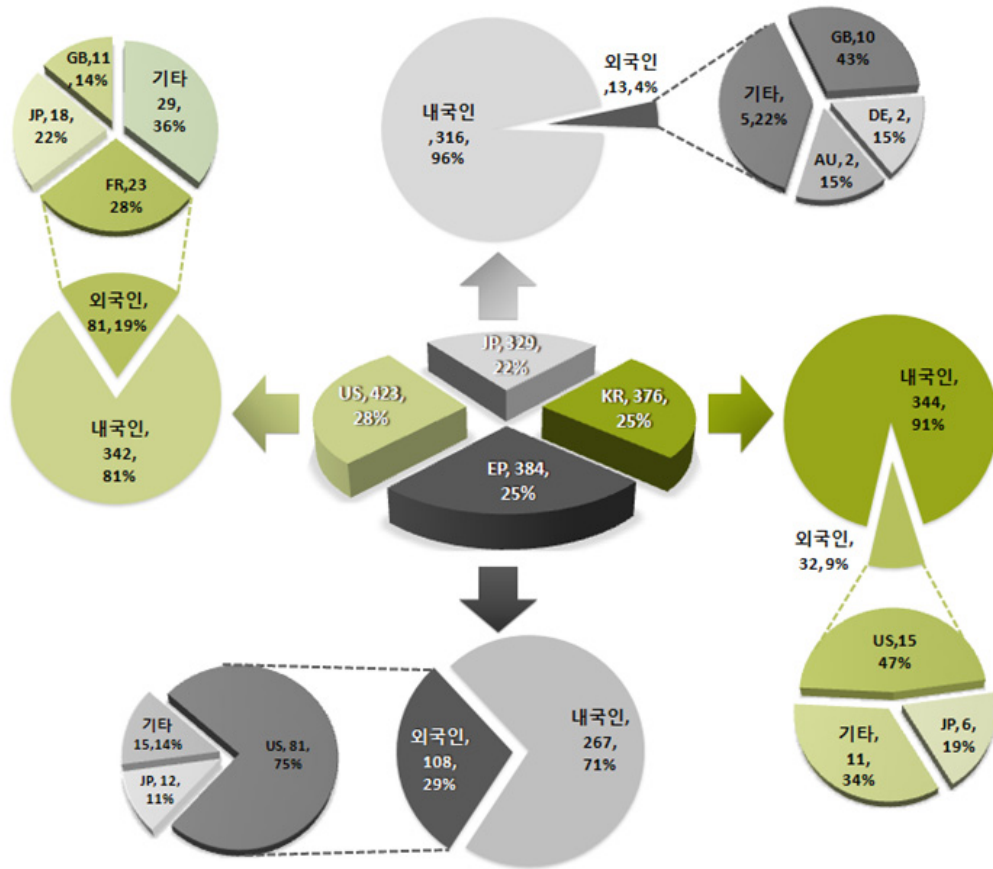
□ 주요시장국 기술개발 현황

- 연도별 동향을 살펴보면 1990년대 초반부터 관련 분야의 출원이 꾸준히 증가하기 시작하여 최근까지 빠른 속도로 출원이 증가하고 있음
- 2009년 이후의 감소현상은 1년 6개월 이후에 특허가 공개되는 제도에 기인하여 미공개 된 특허 때문인 것으로 해석됨



□ 주요시장국 내·외국인 특허출원현황

- 국가별 출원비율은 미국 28%, 한국 25%, 유럽 25%, 일본 22%로 집계되었으며, 비교적 고르게 모든 국가에서 이 분야의 기술이 발달한 것으로 판단됨
- 국가별 내외국인 출원비율을 살펴보면 대부분 국가들에서 자국 출원인인 내국인이 차지하는 비율이 높았으며, 그 중에서도 일본특허에서의 내국인 출원비율이 96%로 가장 높았고, 한국 91%, 미국 81%, 유럽 71% 순으로 내국인 출원비율이 높은 것으로 조사됨
- 한국과 유럽의 외국인 출원인 중에서는 특히 미국 국적의 외국 출원인이 강세를 보인 것으로 나타남



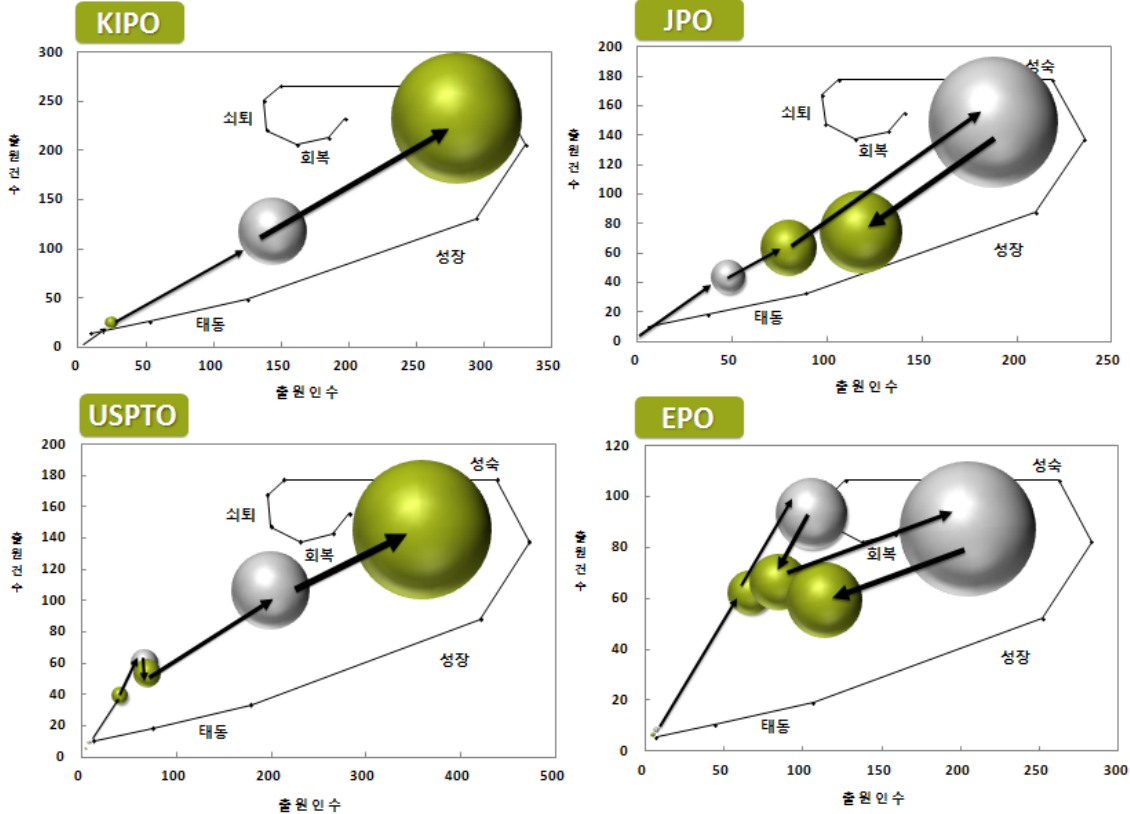
[내외국인 출원 비율]

□ 기술시장 성장단계 파악



- 기술시장 성장단계를 파악하기 위한 본 분석에서는 출원인수와 출원건수를 연도구간별로 구획하여 그래프를 도시하였으며, 출원인수의 증가는 시장의 신규진입자가 증가함을 의미하며 해당 기술분야의 시장이 커지고 있다고 볼 수 있으며, 출원건수의 증가는 연구개발이 활발한 것으로 해석할 수 있음
- 본 분석 포트폴리오에 따르면 한국특허의 기술적 위치는 출원 건수와 출원인수가 모두 증가하는 발전기의 단계에 있음. 특히 4구간 (1995년~2003년)과 5구간 (2004년~2009년)까지의 출원 건수 및 출원인 수가 크게 증가하고 있어 급격한 기술개발이 이루어지고 있는 과정에 있는 것으로 분석됨
- 미국특허는 1구간(1950년~1958년)부터 마지막 구간까지 전 구간에 걸쳐 출원인수와 출원건수가 지속적으로 모두 증가하고 있어 계속해서 발전하고 있는 것으로 풀이됨
- 일본특허는 4구간(1995년~2003년)에서 크게 증가하였지만 최근인 5구간(2004년~2009년)에서 출원건수와 출원인수가 모두 감소하는 경향을 보여 최근 들어 관련 기술이 쇠퇴기에 접어들은 것으로 파악됨
- 유럽특허의 기술위치는 4구간(1995년~2003년)에서는 출원건수와 출원인수 모두 크게 증가하였으나 최근인 5구간(2004년~2009년)에서 감소하는 것으로 보아 기술이 쇠퇴기에 접어들은 것으로 분석됨

수중 항만 점검장비



[기술시장 성장단계]

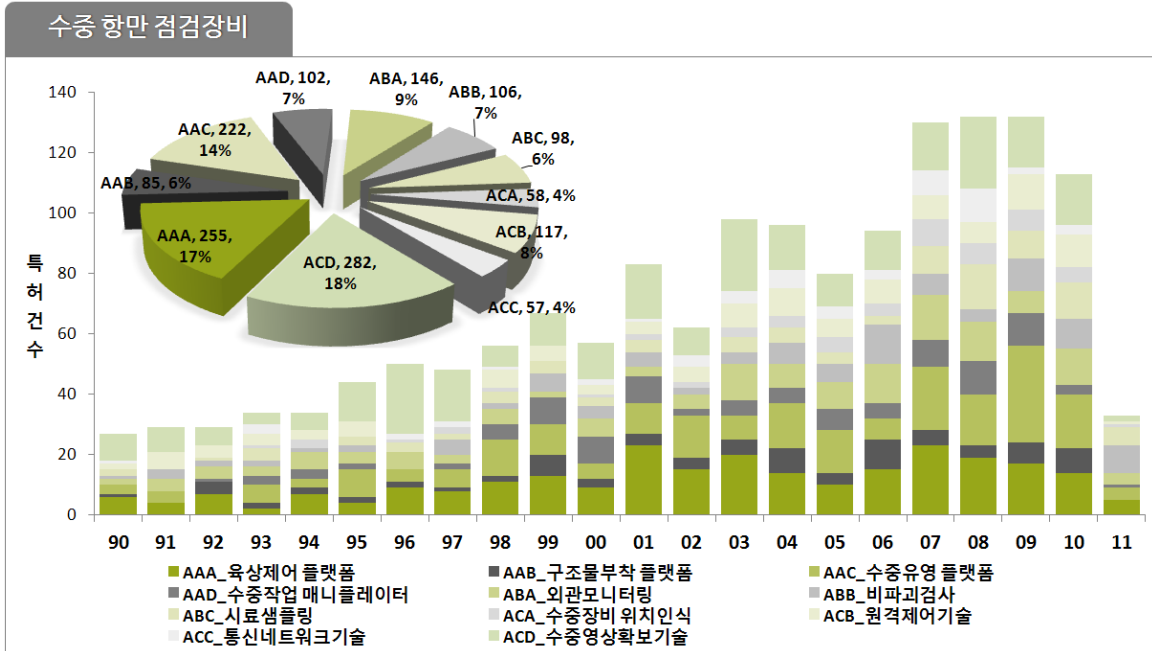
분석구간

- 한국 : 68-76, 77-85, 86-94, 95-03, 04-09
- 미국 : 50-58, 59-67, 68-76, 77-85, 86-94, 95-03, 04-09
- 일본 : 68-76, 77-85, 86-94, 95-03, 04-09
- 유럽 : 50-58, 59-67, 68-76, 77-85, 86-94, 95-03, 04-09

다. 세부기술별 동향

□ 연도별 세부기술 동향

- 수중 항만 점검장비 분야 특허현황의 연도구간별 세부기술 동향을 살펴보면 ACD_수중영상 확보기술이 전체특허의 18%, 282건으로 가장 높은 비율을 차지했으며, AAA_육상제어 플랫폼 17%, AAC_수중유영 플랫폼 14% 등의 순으로 나타나 이들 분야에서의 기술 개발이 활발함



[연도별 세부기술 특허 동향]

□ 국가별 세부기술 동향

- 수중 항만 점검장비 분야의 국가별, 세부기술별 특허동향을 살펴보면, 미국과 유럽에서는 육상제어 플랫폼 분야에서 출원이 활발하며, 일본에서는 수중영상 확보기술에서 출원이 가장 활발함
- 한국의 경우 수중작업 매니플레이터, 수중유영 플랫폼, 구조물 부착 플랫폼 분야에서의 비율이 상대적으로 높았으며, 육상제어 플랫폼, 비파괴검사, 통신네트워크 기술의 출원비율은 비교적 낮은 것으로 조사됨
- 일본은 수중영상 확보기술, 육상제어 플랫폼, 미국과 유럽은 육상제어 플랫폼, 수중 유영 플랫폼, 수중 영상 확보기술 분야의 출원비율이 상대적으로 높은 편임
- 통신네트워크기술은 전 세계적으로 상대적인 특허 출원 비중이 낮은 것으로 조사되어 관련 기술분야의 시장상황 및 연구개발 동향 분석 등을 통하여 적극적인 지원 및 기술시장 선점을 위한 대비책을 수립하는 것이 필요하다고 판단됨

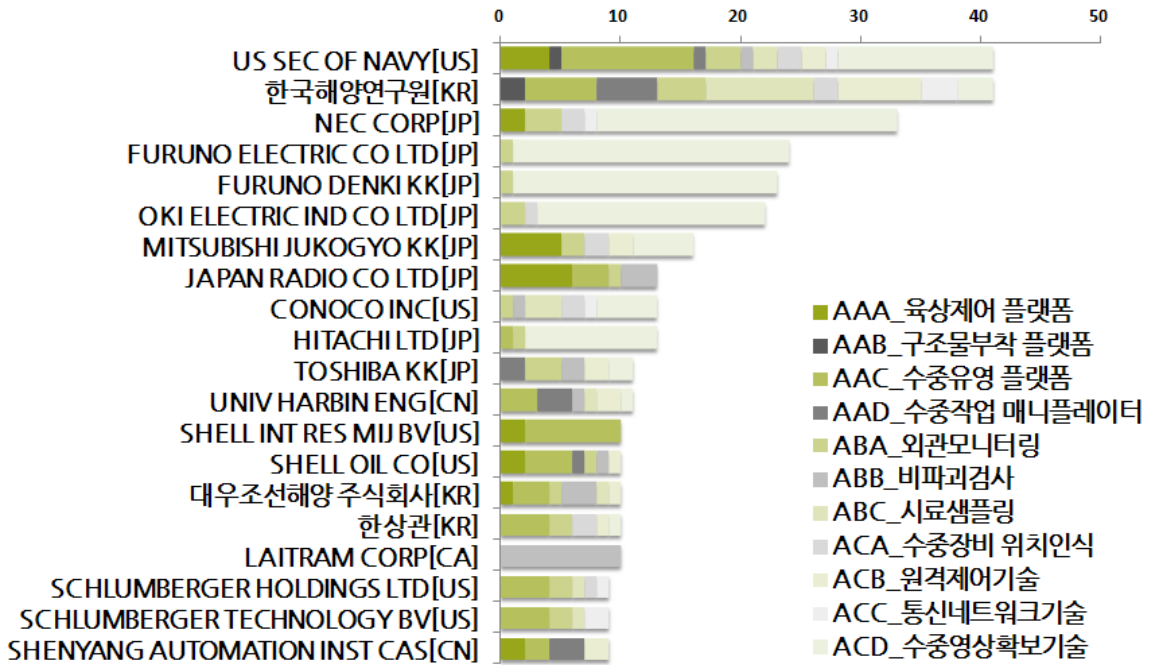


[국가별 세부기술 특허 동향]

□ 다출원인별 특허동향

- 상위 20개사의 주요 출원국 및 세부 기술별 특허동향을 살펴보면 가장 많은 출원을 한 출원인은 US SEC OF NAVY(미국)이며, AAC_수중 유명 플랫폼, ACD_수중 영상 확보기술 분야의 출원 비중이 높았고, NEC CORP(일본), FURUNO(일본)의 경우 ACD_수중 영상 확보기술 분야의 출원 비중이 높은 것으로 조사되어 향후 세부기술 관련분야의 기술시장 진입을 위해서 시장리드 기업의 연구개발 동향 및 특허출원 등과 관련한 철저한 분석이 필요할 것으로 판단됨

A_수중항만시설 점검장비



[다출원인별 특허 동향]

□ 미국특허로 살펴본 국가간 기술경쟁력현황

- IP로 본 각국의 질적 수준 및 시장 확보력(수중 항만 점검장비)

- 피인용비/인용비

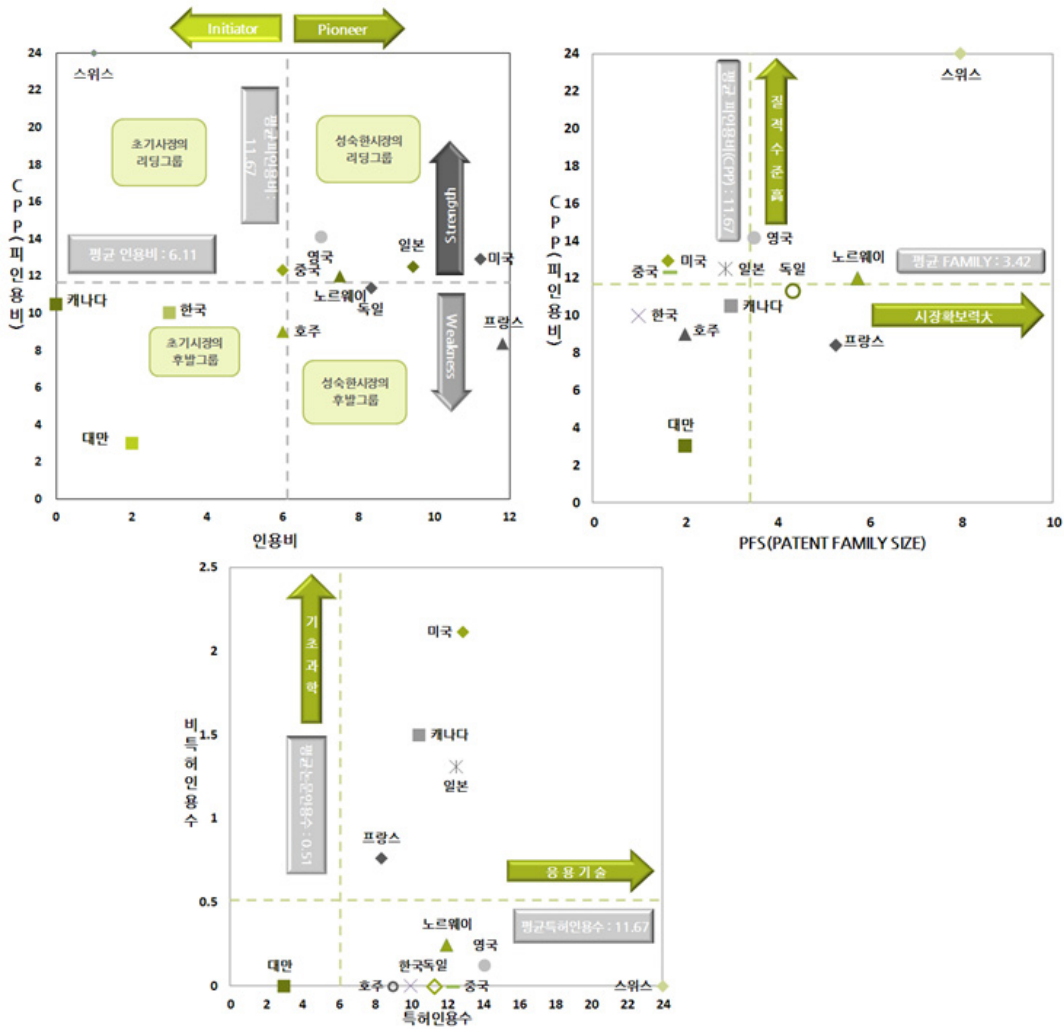
영국, 일본, 미국, 노르웨이의 경우는 지속적으로 특허출원이 활발하게 이루어지고 있어 이 시장의 리딩그룹으로 조사됨

- 피인용비/PFS

스위스, 영국, 노르웨이는 시장력이 우수하고 질적으로 높은 기술을 보유하고 있고 중국, 일본, 미국은 특허의 질적수준은 높으나 시장 확보력이 평균에 비해 약간 떨어지는 것으로 나타나 기술력에 비해 시장 확보 노력이 부족한 것으로 파악됨

- 비특허인용수/특허인용수

미국, 캐나다, 일본, 프랑스의 경우 특허와 논문을 많이 인용하고 있어 원천 특허 및 응용기술 개발이 활발하게 이루어지고 있는 것으로 풀이되며, 대부분의 국가가 평균 이하의 수치를 보이고 있어 기술문헌을 활용한 연구성과가 특허출원으로 원활히 연결되지 못하고 있는 것으로 판단됨



[특허 질적 수준 및 시장확보력]

*분석기준


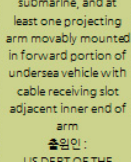
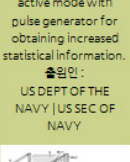
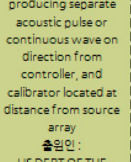
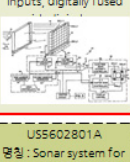
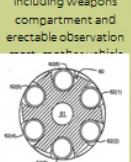

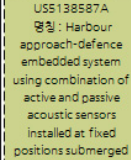

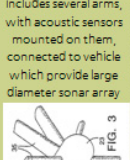
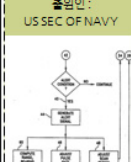
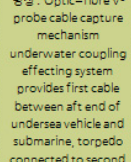
1. 피인용도지수(CPP : Cites per Patent) : 특허당 피인용횟수. 즉 인용되는 빈도 (Forward Citation) 가 높을수록 기술력이 강하고 반대로 낮을 경우에는 기술력이 약함을 의미
2. 시장력지수(PFS : Patent Family Size) : 한 발명에 대해 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 경우에만 해외에 특허를 출원하므로, 패밀리특허수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 시장확보력이 큼을 의미
3. 인용도지수 : 특허당 인용횟수. 즉 인용하는 빈도(Backward Citation)가 많으면 상대적으로 성숙단계에 들어선 기술임을 의미하며 반대로 적으면 기술의 개발단계가 초기임을 의미
4. 비특허문헌 인용지수(Non-Patent Citation) : 미국특허 출원시 인용한 문헌에 비특허 문헌이 많은 경우 기초과학 중심의 연구개발을 의미하며, 특허문헌이 많은 경우 기초과학과의 연계성이 낮아 응용기술 중심의 연구개발이 진행됨을 의미

국적	기술력 (특허 Quality)	IP 시장확보력	특허활동 위치	연구개발방향
미국(US)	높음 (리딩그룹)	낮음	pioneer (성숙한 시장)	기초과학
대만(TW)	낮음 (후발그룹)	낮음	initiator (초기시장)	응용기술
일본(JP)	높음 (리딩그룹)	낮음	pioneer (성숙한 시장)	기초과학
독일(DE)	낮음 (후발그룹)	높음	pioneer (성숙한 시장)	응용기술
프랑스(FR)	낮음 (후발그룹)	높음	pioneer (성숙한 시장)	기초과학
영국(GB)	높음 (리딩그룹)	평균	pioneer (성숙한 시장)	응용기술
스위스(CH)	높음 (리딩그룹)	낮음	initiator (초기시장)	응용기술
한국(KR)	낮음 (후발그룹)	낮음	initiator (초기시장)	응용기술
중국(CN)	높음 (리딩그룹)	낮음	initiator (초기시장)	응용기술
호주(AU)	낮음 (후발그룹)	낮음	initiator (초기시장)	응용기술
노르웨이(N O)	높음 (리딩그룹)	높음	pioneer (성숙한 시장)	응용기술
캐나다(CA)	낮음 (후발그룹)	낮음	initiator (초기시장)	기초과학

□ 주요 출원인의 특허 기술흐름도

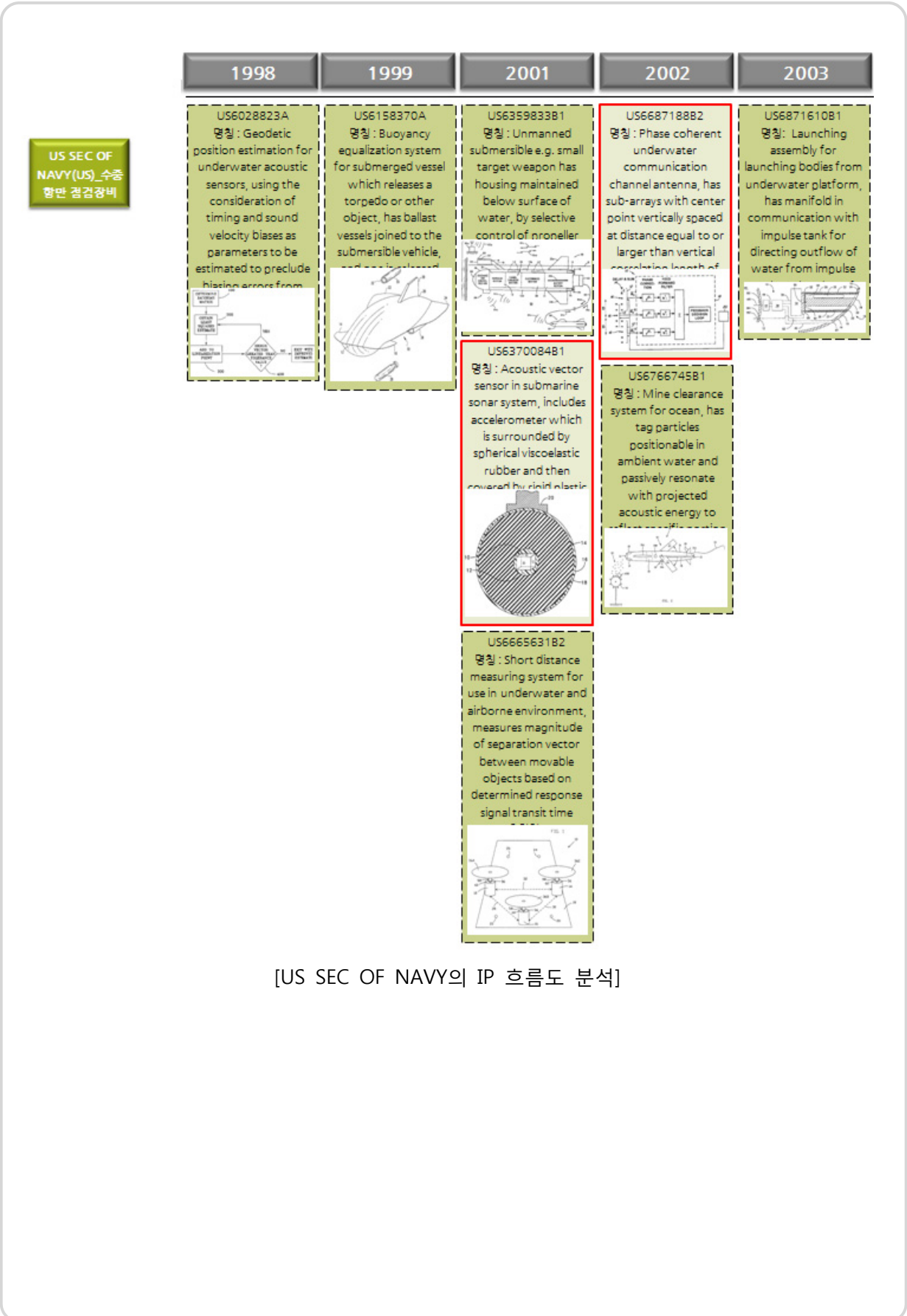
- US SEC OF NAVY는 수중 항만 점검장비 분야에 관한 특허 출원이 1990년대부터 현재까지 가장 활발하게 출원하였으며, 현재 8건이 등록유지 상태임.

US SEC OF NAVY(US) 수중 항만 점검장비

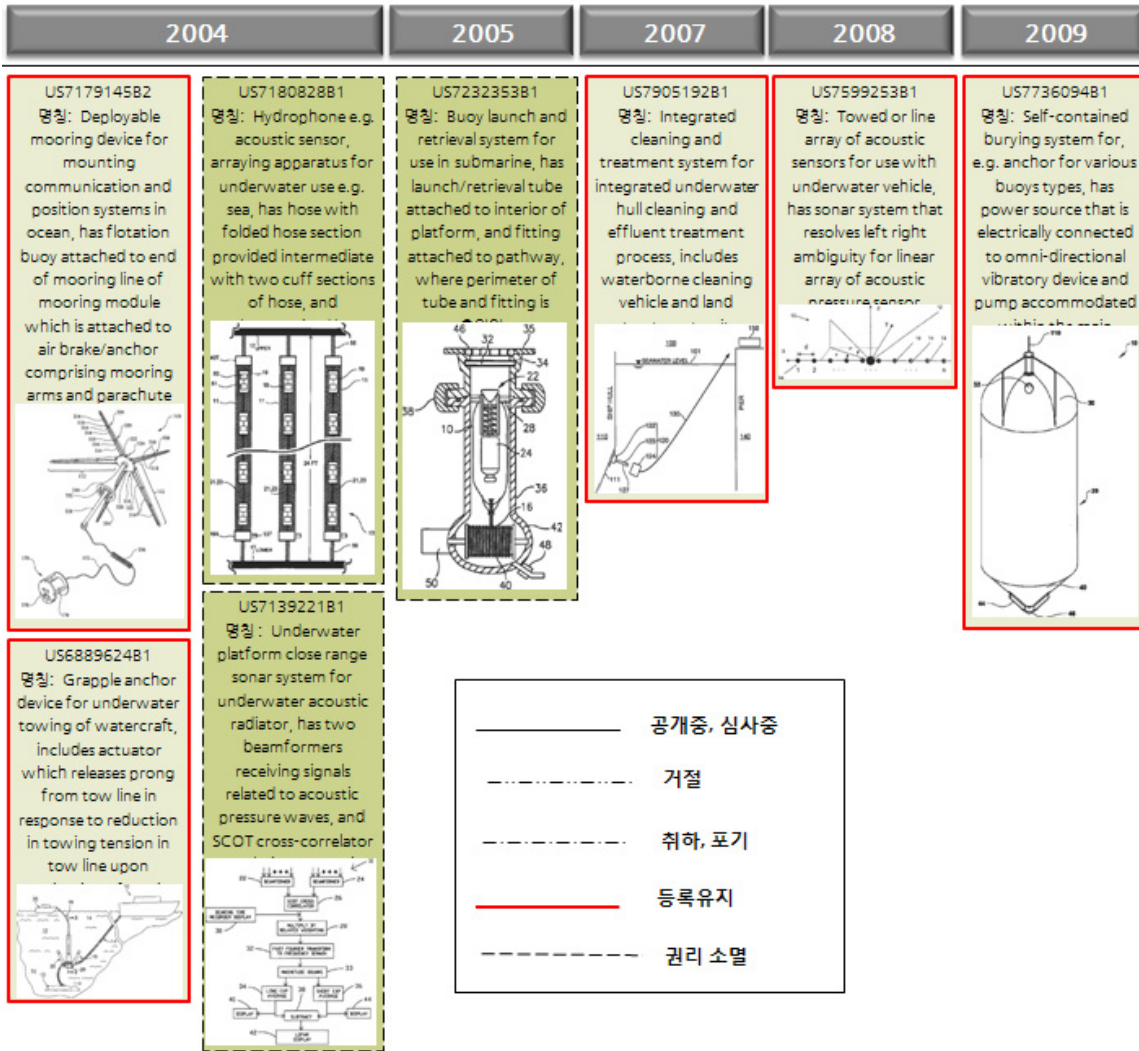
1991	1993	1995	1997			
<p>USS126978A 명칭 : Method for deriving three-dimensional models of oceanographic data processing data from sensors, forecasts and databases to produce time-varying models 출원인 : US SEC OF NAVY</p> 	<p>USS398636A 명칭 : Optic=fibre cables lateral arm cable capture underwater coupling effecting system provides first cable between aft end of undersea vehicle and submarine, and at least one projecting arm movably mounted in forward portion of undersea vehicle with cable receiving slot adjacent inner end of arm 출원인 : US DEPT OF THE NAVY US SEC OF NAVY</p> 	<p>USS367496A 명칭 : Acoustic image producing appts., partic. for underwater objects operates in passive mode using ambient noise as imaging medium, but can also operate in active mode with pulse generator for obtaining increased statistical information. 출원인 : US DEPT OF THE NAVY US SEC OF NAVY</p> 	<p>USS595176A 명칭 : Active acoustic array based underwater sensing system has vertical source array of adjustable acoustic sources in water, where each source producing separate acoustic pulse or continuous wave on direction from controller, and calibrator located at distance from source array 출원인 : US DEPT OF THE NAVY US SEC OF NAVY</p> 	<p>US6249241B1 명칭 : Harbor vessel traffic service system for monitoring harbor traffic, displays multiple tracks of vessel in harbor calculated from preprocessed remote site radar sensor data inputs, digitally fused</p> 	<p>USS690041A 명칭 : Unmanned undersea vehicle system for weapons deployment and fire control information system has remote-controlled, unmanned undersea vehicle including weapons compartment and erectable observation</p> 	<p>USS859812A 명칭 : Self powered underwater sensor device towed to ship has acoustic sensor array flexibly attached to generator casing which is attached to impeller</p> 
<p>USS138587A 명칭 : Harbour approach-defence embedded system using combination of active and passive acoustic sensors installed at fixed positions submerged deep in channel 출원인 : US SEC OF NAVY</p> 	<p>USS5291194A 명칭 : Interconnection appts. between underwater vehicle and free-floating pod has communications cable extending between pod and buoy in communication with distal station, and control vessel communicating with underwater vehicle, which is slidable along cable towards pod 출원인 : US SEC OF NAVY</p> 	<p>USS602801A 명칭 : Sonar system for underwater vehicle includes several arms, with acoustic sensors mounted on them, connected to vehicle which provide large diameter sonar array</p> 				
<p>USS189978A 명칭 : Operating at sea island station has dispersed operating units, each provided with mooring and dynamic positioning system, and each having different function 출원인 : US SEC OF NAVY</p> 	<p>USS396859A 명칭 : Optic=fibre V-probe cable capture mechanism underwater coupling effecting system provides first cable between aft end of undersea vehicle and submarine, torpedo connected to second cable having segment suspended below water surface, and undersea vehicle having fork-shaped cable capture probe at nose 출원인 : US DEPT OF THE NAVY US SEC OF NAVY</p> 					

- 공개중, 심사중
- - - - - 거절
- · - · - · - 취하, 포기
- 등록유지
- - - - - 권리 소멸

[US SEC OF NAVY의 IP 흐름도 분석]



[US SEC OF NAVY의 IP 흐름도 분석]



[US SEC OF NAVY의 IP 흐름도 분석]

라. 특허분석 결과 요약

- 한국과 미국의 경우 최근에 특허 출원이 모두 활발한 것으로 조사되었으며 성장기의 위치에 있어 다출원인과 신규 시장의 진입자를 파악할 필요가 있는 것으로 분석되었음. 반면, 일본과 유럽의 경우 최근 출원인수와 출원건수가 모두 감소하는 쇠퇴기에 진입한 것으로 나타남. 한국은 2009년, 일본 2001년, 미국 2007년, 유럽 2003년도에 최다 출원 건수를 나타냄.
- 국가별 내외국인 특허 출원현황을 보면 모든 국가들이 자국 출원인의 비율이 높으며 외국인 출원 중 미국의 점유율이 높은 것으로 조사되었음

- 수중영상 확보기술이 18%, 282건으로 점유율이 가장 높았음. 모든 세부기술이 비교적 고른 분포로 점유율을 차지하며 연구 활동을 하고 있었음. 특히 구간별로 살펴보면 최근(2000년~2011년)에는 수중위치인식 및 통신시스템과 관련된 특허의 비율이 높은 것으로 조사됨. 국가별 세부기술 동향을 통해 통신네트워크 분야는 특허출원집중도가 적어 연구개발이 필요한 분야로 볼 수 있음
- 상위 출원인은 US SEC OF NAVY, 한국해양연구원, NEC CORP, FURUNO DENKI, OKI ELECTRIC 으로 조사됨. 상위 출원인의 집중 연구분야는 수중 영상 확보기술, 수중케이블 매설로봇 분야인 것으로 조사됨
- 국가간 기술경쟁력 현황을 살펴보면 영국, 일본, 미국, 노르웨이의 경우 성숙된 시장의 리더그룹으로 조사되었으며 스위스, 영국, 노르웨이는 상대적으로 시장력이 우수하고 질적으로 높은 기술을 보유하고 있는 것으로 조사되었음.
- 비특허 인용수/특허인용수를 살펴본 결과 대부분의 국가가 평균 이하의 수치를 보이고 있는 기술문헌을 활용한 연구성과가 특허출원으로 원활히 연결 되지 못하고 있는 것으로 조사되었음
- 주요 출원인(특허)의 연도별 흐름도를 살펴본 결과, US SEC OF NAVY(미국)는 수중 항만 점검장비 분야에선 현재 8건이 등록유지 상태임.

2.5 국내·외 논문 동향 분석

가. 분석 범위

□ 분석대상 논문

- 논문 검색 DB와 분석구간은 다음과 같음

[검색 DB 및 검색범위]

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
비특허문헌	한국, 일본, 미국, 유럽	Thomson Innovation	1991~ 현재(검색일)	초록

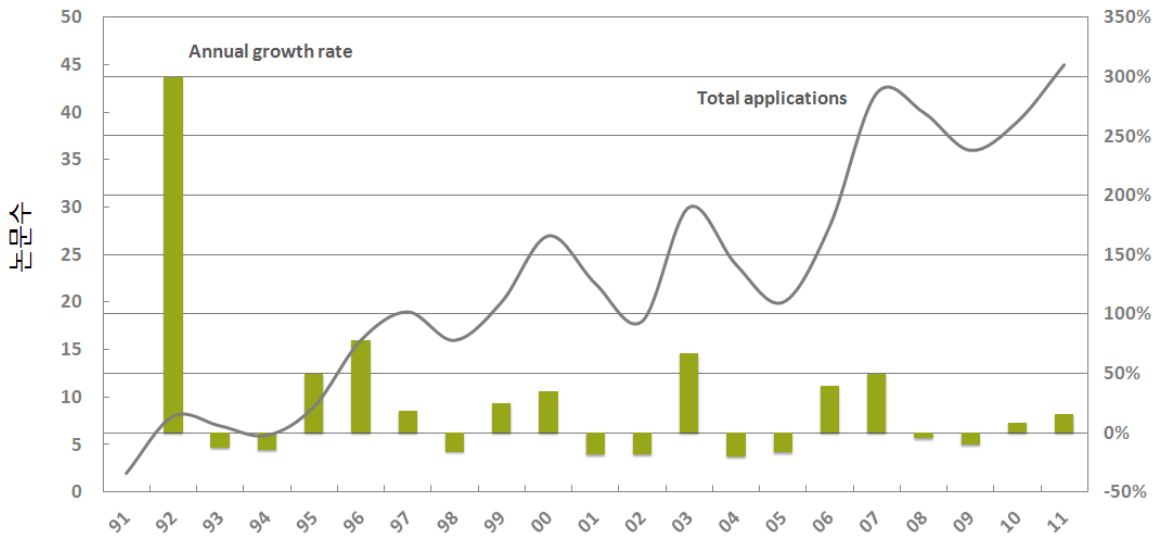
□ 검색식과 유효논문

- 특허 부분에서 검색식과 유효 논문을 언급하였음.

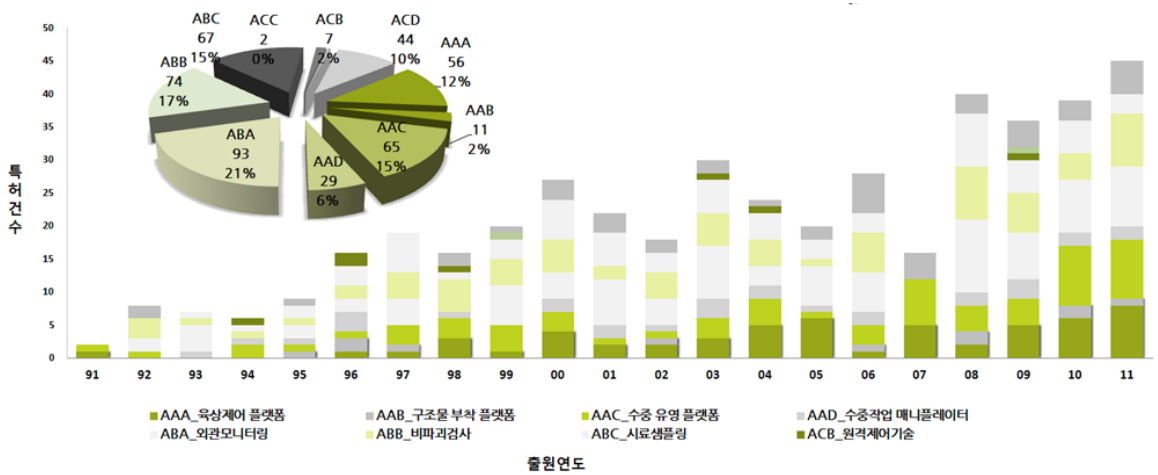
나. 연도별 논문동향

- 연도별 논문동향을 살펴보면 논문 건수는 최근으로 올수록 증가 경향을 나타내며, 관련 분야의 연구가 최근 들어 활발하게 진행되고 있는 결과로 판단됨
- 논문의 연도별 세부기술 동향을 살펴보면 현재까지 논문 건수가 지속적으로 유지되고 있음. 전체 논문 발행건수 중 ABA_외관모니터링(21%)의 논문이 가장 많은 비율을 차지하고 있음. 모든 세부기술에서 비교적 고른 비율로 논문이 발행되고 있음.

수중 항만시설물 점검장비



[연도별 논문 동향]

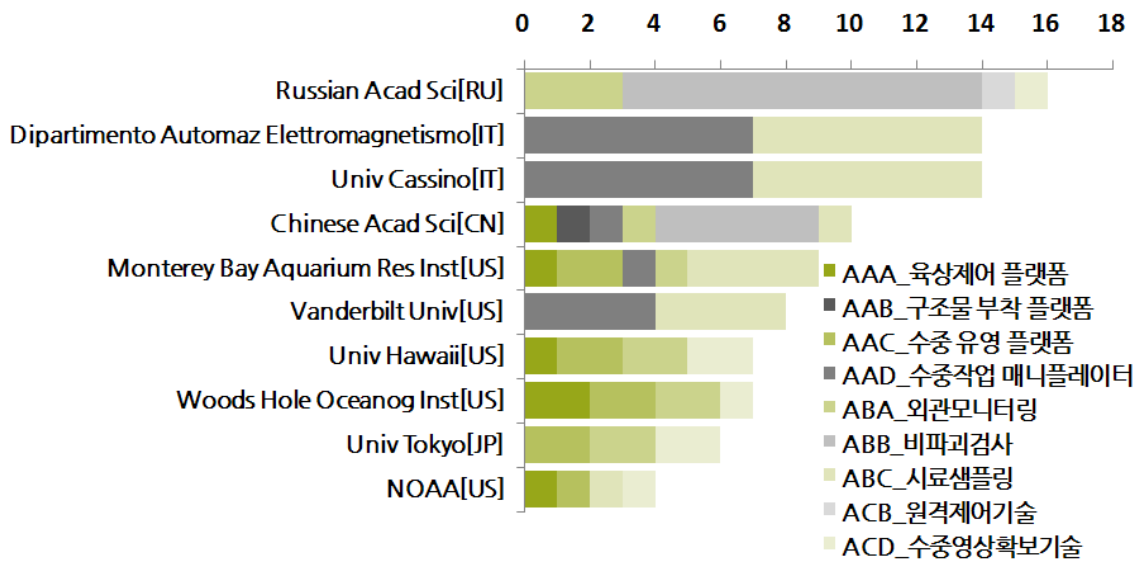


[연도별 세부기술 논문 동향]

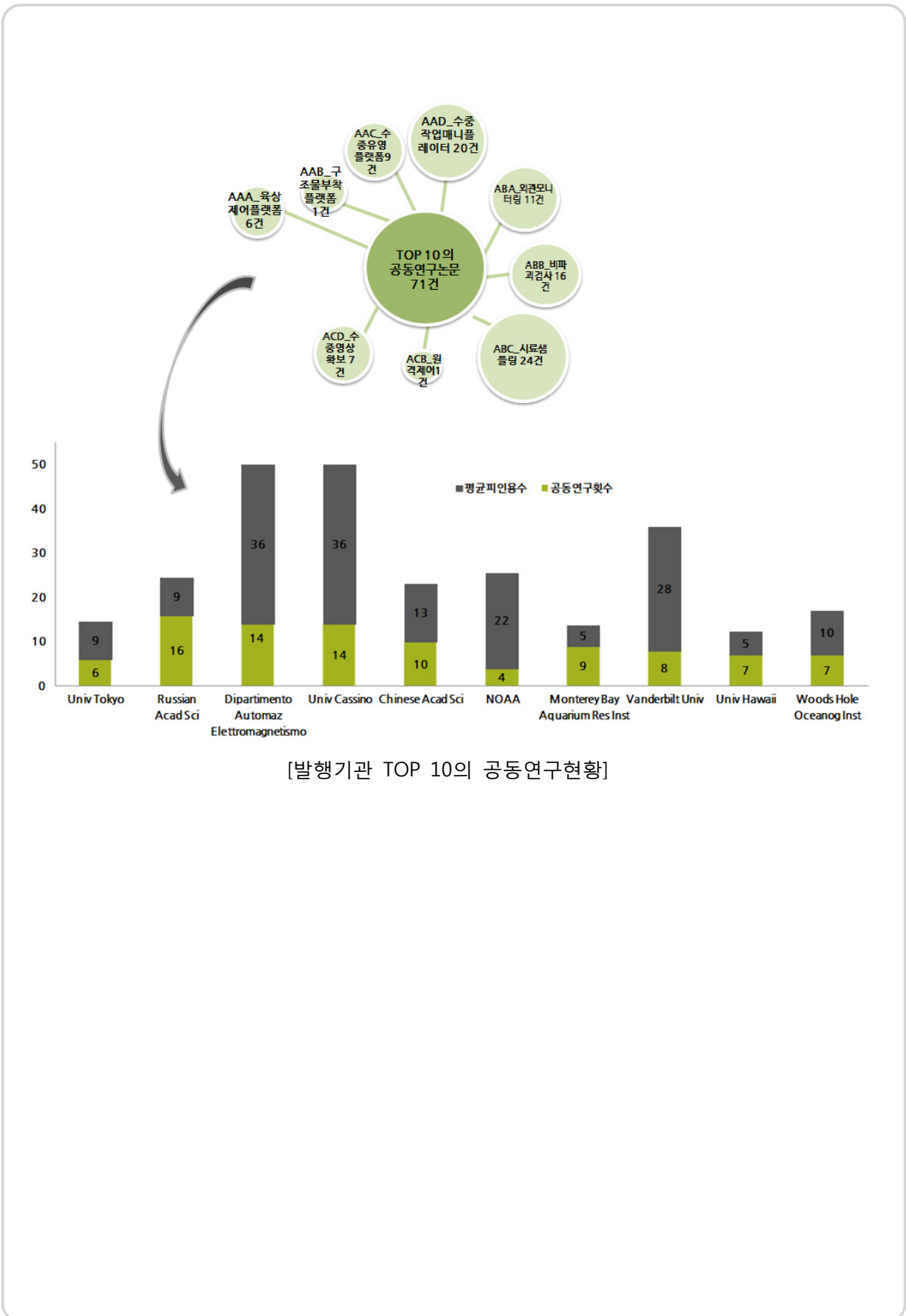
다. 발행기관 TOP 10의 공동연구

- Russian Acad Sci가 16건으로 가장 활발한 연구 활동을 하고 있는 것으로 분석되었으며 세부기술을 살펴보면 ABC_시료샘플링 24건, AAD_수중작업 매니플레이터 20건, ABB_비파괴검사 16건 순으로 나타났음

- 발행기관 TOP 10의 공동연구논문은 총 71건이며 이중 ABC_시료샘플링 24건과 AAD_수중작업 매니플레이터 20건에 대한 연구 활동이 가장 활발한 것으로 조사되었음
- 수중 항만 점검장비 분야 공동연구논문 71건의 공동연구횟수를 보면 Russian Acad Sci가 16건으로 가장 많으며 평균 피인용수는 Dipartimento Automaz Elettromagnetismo와 Univ Cassino가 36번으로 가장 많은 것으로 조사되었음



[발행기관 TOP 10의 연구현황]



2.6 국내 기술수준 및 역량분석

□ 국내 주요 관련 업체

세부기술	업체명	보유 기술 또는 특허	기술수준(%)	비고
항만시설물 진단	(재)한국건설 품질연구원	항만시설물 진단 기술	90	
	(주)한국시설 안전연구원	항만시설물 진단 기술	80	
	에스큐 엔지니어링(주)	항만시설물 진단 기술	70	
	미승씨엔에스 검사(주)	항만시설물 진단 기술	60	
수중검사 장비	두배시스템	수중 운행 기술	70	
	대우조선해양 E&R	사이드 스캔 소나	75	
	소나테크	사이드 스캔 소나	75	

□ 국외 주요 업체

업체명(국적)	업체별 능력	중점 분야
BAM (독일)	점검용 소형 로봇	설계/제작
Bamberg Univ.(독일)	점검용 장비	설계/제작
SeaBotix (미국)	점검용 소형 ROV	실시설계/제작
Cygnus inspection (영국)	수중 구조의 두께 측정 초음파 장비	실시설계/제작
Aquatic Sciences (미국)	수중 토목 구조물 점검 서비스	용역
Blueviewtech (미국)	저가형 고해상도 멀티빔 소나	실시설계/제작
Kongsberg Maritime (노르웨이)	수중 카메라, CCTV 수중 위치 인식 시스템	실시설계/제작
Tritek(영국)	해저면 프로파일, 사이드스캔소나	실시설계/제작
TWI Ltd(영국)	비파괴 실험과 구조물 점검	제작, 교육

□ 국내 전문가 및 연구기관 현황

항목	전문가	소속기관	기술개발현황	수준 (국외 대비)
항만시설물 진단	라운강	(재)한국건설 품질연구원	항만시설물 진단 기법	80%
	이상민	(주)비엔티엔지 니어링	항만시설물 열화 평가 및 내구성 예측	70%
	하지명	콘크리닉(주)	항만시설물 수중부 진단	70%
수중검사 장비	유선철	포스텍 해양대학원	정밀작업/검사용 지능형 로봇, 조류 중 자세 유지기	80%
	김기훈	한국해양연구원	수중비디오 모자이킹	80%
	김승호	한국원자력연구원	원자로 내부 내부결합 유무 점검 육안 검사, 내방사선 소재 기술	80%
	이계홍	포항지능 로봇연구소	호버링 타입 지능형 수중 로봇 기술	80%
	이판목	한국해양연구원	무인잠수정 유영 기술, 해저지형 정밀관측	80%

□ 국내연구 인프라 수준

기술분야	인프라항목	선진국 대비 인프라 수준				
		부족	다소부족	동등	우월	보다우월
항만시설물 진단	연구시설 및 설비	○				
	전문인력 보유정도		○			
	산학연공동연구기반		○			
	기술이전 및 거래	○				
수중검사 장비	연구시설 및 설비		○			
	전문인력 보유정도		○			
	산학연공동연구기반		○			
	기술이전 및 거래		○			

□ 국내 기술개발 수준

세부기술	현재 기술수준			기술개발 완료시 국내 기술수준		
	기술 수준 (%)	기술 격차 (년)	비고 (도입/성숙 /경쟁 중 택1)	기술 수준 (%)	기술 격차 (년)	비고
항만시설물 진단	80	3	성숙	95	0	경쟁
수중구조물 진단 (외관모니터링 장비)	75	3	도입	90	2	경쟁
수중구조물 진단 (수중 운행 기술)	70	5	도입	90	2	성숙
수중 공사용 무인 다목적 기계화 시공장비	75	4	도입	90	2	경쟁

□ “항만시설물 진단”의 기술수준

- 항만시설물 진단 방법의 골격은 해양수산부에서 발간한 『항만시설물 점검 및 진단 실시요령(1998.11)』으로 이를 바탕으로 항만시설물에 대한 진단이 이루어지고 있음. 또한, 보수보강과 관련하여 ‘항만시설물 잔교식, 중력식 및 외곽시설 보수·보강 표준 지침서’, ‘항만시설물 보수·보강 공법 편람’ 등이 작성되어 있음.
- 그러나, 현재의 진단은 육상부에 집중되어 있으며 수중부에 대한 세밀한 진단은 이루어지고 있지 못 하고 있는 실정임. 항만시설물 중 방파제와 안벽 같은 구조물은 면적의 70~80%가 수중에 존재하고 수중에서 열화나 손상의 가능성이 크기 때문에 이에 대한 세밀한 진단이 필요하지만 현재에는 예산과 활용 장비의 부족으로 이 부분에 주력하지 못하고 있는 실정임.
- 진단관련 장비의 경우, 대부분 국외장비를 활용하고 있으며, 비파괴 검사기기로 사용되는 슈미트 해머와 초음파 검사기도 스위스 제품이 주류를 이루고 있는 형편임.



[항만시설물 비파괴 검사]

□ 수중운행 기술의 기술수준

- 해양 조건에서 1인승 유인 운행 장비는 개발이 되어 있고 무인 운행 장비의 경우 자유 유영식, 밀착식 타입, 자벌레 생체모방 타입 기초 기술 개발을 하고 있다. 무인 운행 장비는 현장 사용을 위해서 연구개발이 더 필요함.
- 자유 유영 타입은 해양연구원, 원자력연구원, 포항지능로봇 연구원 등 연구개발 및 기술 수준은 세계적이나 항만 점검용 사용을 위해서는 저비용 소형 시스템으로의 연구 개발이 요구됨.

□ 외관모니터링 장비(사이드 스캔 소나)의 기술수준

- 하드웨어나 습득된 이미지의 성능은 국제 수준에 가까우나 이미지 처리 알고리즘은 국제 기준 1/3 수준으로 연구개발이 필요.
- 현장 사용에 있어서도 이미지 처리 알고리즘의 성능 저하에 의한 문제가 있어, 이의 해결이 필요함.

2.7 국내·외 법 및 제도 현황

가. 국내 법 및 제도 현황

□ 항만시설 진단 관련 법령

- 1995년에 제정되고 2008년에 개정된 '시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침'은 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」(이하 "법"이라 한다) 제13조 및 동법 시행령(이하 "령"이라 한다) 제13조에 따라 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단의 실시방법·절차 등에 관한 필요사항을 정하여, 이에 따른 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하도록 함으로써 시설물의 기능과 안전을 유지하고 재해 및 재난 예방을 목적으로 함.
- 항만시설물의 안전점검 및 정밀안전진단은 「법」 제2조(정의) 및 「령」 제2조(시설물의 범위)의 규정에서 정하고 있는 항만 시설물에 적용함
 - 1종 시설물 : 갑문시설, 20만톤 이상 선박의 하역시설로서 원유부이(BUOY)식 계류시설 및 그 부대시설인 해저송유관 시설, 말뚝구조의 계류시설(5만톤급 이상)
 - 2종 시설물 : 1만톤급 이상의 계류시설로서 1종 시설물에 해당하지 아니하는 계류시설
- 항만 시설물의 특성에 따라 '안전점검 및 정밀안전진단 세부지침'을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하며, 지침에 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나 기준에 따름.
 - 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙
 - 콘크리트 구조설계기준
 - 콘크리트 표준시방서
 - 국토해양부 발행 항만시설물 관련 기준 및 지침
 - 항만시설물 안전점검 및 정밀안전진단 실시요령
 - 항만구조물 중력식 안벽 및 외곽시설 보수·보강 표준 지침서
 - 항만구조물 잔교식 안벽 보수·보강 표준 지침서
 - 항만공사 표준시방서
 - 「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)

- 한편, 위에 기술된 내용과 다르더라도 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자와 사전 협의하여 적용 할 수 있음

- 항만시설물의 진단은 '안전점검 및 정밀안전진단 세부지침'에 의거하여 수행됨으로 향후 점검용 장비가 개발되었을 경우에는 이에 대한 검토가 필요할 것으로 판단됨.

□ 기타 관련법령, 정부 정책 및 담당기관

- 2009년 1월 정부는 녹색기술산업, 첨단융합산업, 고부가서비스산업 등 3대 분야에 대하여 총 17개 신성장동력 사업을 제시한 바 있음.
- 이 중 로봇응용사업은 첨단융합산업의 하나로 포함되어 있음.
- 2009년 5월 VIP 「재정전략회의」에서 「신성장동력 종합 추진계획」을 확정하였음.
- 3대 분야 17개 신성장동력에 향후 5년간('09~'13년) 24.5조원 규모의 재정을 투입하기로 잠정 결정.
- 2009년 5월의 계획은 동년 1월 발표한 「신성장동력 비전과 전략」의 후속조치로 11개 부처가 4개월간의 작업을 거쳐 동력별·기능별 정책들을 입체적으로 망라한 정책 패키지라 할 수 있음.
- 「신성장동력 세부추진계획」(Action plan), 기술전략지도, 인력양성 종합대책, 중소기업 지원방안 등 4가지 계획으로 구성.

동력별 기능별	17개 신성장동력별 세부추진계획(Action Plan)		
	녹색기술 산업	첨단융합 산업	고부가 서비스산업
기술전략 지도	신재생 탄소저감	방통융합 IT융합	헬스케어 교육서비스
인력양성 종합대책	고도물처리 LED응용	로봇응용 신소재·나노	녹색금융 콘텐츠·SW
중소기업 지원방안	그린수송 첨단그린도시	바이오·의료 고부가 식품	MICE·관광

[3대 분야별 정책과제수 및 소요예산]

(단위 : 개, 조원)

구분		녹색기술산업	첨단융합산업	고부가 서비스산업	합계
과제수		79	62	59	200
예산	R&D	3.7	8.8	1.6	14.1
	비R&D	3.0	3.4	3.9	10.4
	소계	6.7	12.2	5.5	24.5

- 로봇응용분야를 13개 신성장동력별 스타 브랜드로 선정하고 다음과 같이 그 범위를 설정함 (2009.05)

STAR 브랜드	내용	
라이프케어 로봇	개요	▪ 일상생활 및 가사노동을 지원하는 지능형 로봇 및 서비스
	선정사유	▪ Well-Being 등 Life Style 변화로 수요 요구 증대
	전략품목	▪ 생활도우미로봇, 탑승형로봇, 근력증강로봇, 인지바이오로봇
	추진전략	▪ 초기시장에 있어서 강력한 정부지원(기술개발, 시험비 지원, 인증제도 개선)으로 세계 시장 선점을 통한 기술개발과 상품화의 선순환 구조 정립
청정생산용 첨단제조 로봇시스템	개요	▪ 첨단 융합산업의 기반이 되는 제조 로봇 및 응용시스템
	선정사유	▪ 제조경쟁력 유지, 녹색산업 등 제조로봇 신규시장 창출
	전략품목	▪ 팩토리로봇, 나노·바이오 생산로봇, 차세대 에너지 /정보소자 제조 로봇
	추진전략	▪ IT/녹색기술산업의 경우, 대단위의 설비 투자, total solution의 개념이 필요하고, 중소기업형 제조로봇의 경우 대규모 공급이 필요하므로 국가적인 정책개발 및 지원제도 수립
지속가능 사회안전 로봇시스템	개요	▪ 스마트 환경과 연계하여 공공서비스를 수행하는 로봇시스템
	선정사유	▪ 안전하고 쾌적한 복지사회 구현을 위한 해결 수단
	전략품목	▪ 감시·경계 로봇시스템, 환경감시 로봇시스템, 재난방재 로봇시스템
	추진전략	▪ 로봇랜드, 여수 EXPO, 석유비축기지 등 다양한 분야에 시범적용 후 항만, 공항 등 공공시설과 놀이시설, 공원 등 민간분야로 적용 확대
창의적 에듀테인먼트 로봇	개요	▪ 다양한 콘텐츠 기반의 교육·오락용 로봇 및 연관 서비스산업
	선정사유	▪ 단기간내 활성화 가능하며, 세계시장선점 가능성 높음
	전략품목	▪ 사용자 창조형 로봇 및 콘텐츠, 실감형 Sportainment 로봇, 교사도우미 로봇
	추진전략	▪ 세계최고수준의 IT기술을 바탕으로 로봇기술을 융합하여 전국민의 높은 교육열기를 반영한 교육용 로봇사업 진출 및 정부 및 교육계의 지원도출
고부가 의료 서비스 로봇	개요	▪ 의료기술·로봇기술 융합기반의 의료서비스 제공 로봇시스템
	선정사유	▪ 건강에 대한 욕구 증대, 높은 의료기술로 시장선도 잠재력 보유
	전략품목	▪ 정밀 관절 수술 로봇, 의료 보조 서비스 로봇, 무절개 수술 로봇 시스템
	추진전략	▪ 기술개발, 임상시험비 지원, 인증제도 개선 등 정부 지원을 기반으로 초기 시장 진출 및 의료계와의 연계로 일반 병원을 대상으로 보급 확대를 통하여 기술개발과 상품화의 선순환 구조 정립

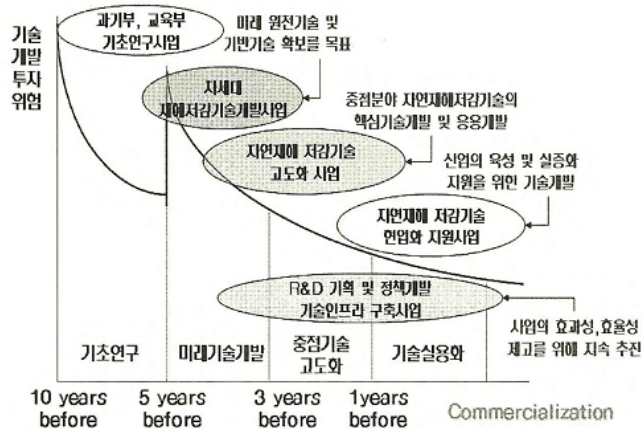
• 범정부 기후변화 정부종합대책

- 기후변화의 실질적 영향에 대응하기 위한 범정부 차원의 종합대책을 수립하고 있음.
- 2008년 수집된 제4차 정부종합대책은 1)온실가스 감축분야 2) 기후변화 적응분야 3) 연구개발분야 4) 인프라 구축 분야 5) 국제협력분야로 구분하여 적극적이고 능동적인 대응을 위한 대책을 제시함
- 해양수산 분야 발전방안으로는 6대 핵심전략과 21개 중점과제가 제시되었음
- 이 중에서 연안 및 항만 적응 대책으로는 1) 연안부문 취약성 및 영향평가, 2) 해양기인 자연재해 대응 조기경보시스템 구축(U-연안 방재체제 구축) 3) 해수면 상승 정밀감시 및 예보 기술개발 4) 해양재해 예방을 위한 연안 구조물 설계기준 강화 및 구조물 보강 등이 4대 중점 과제로 채택되었음.
- 본 기획연구과제와 연관성이 높은 4) 해양재해 예방을 위한 연안 구조물 설계기준 강화 및 구조물 보강에 특히 주목할 필요가 있음.

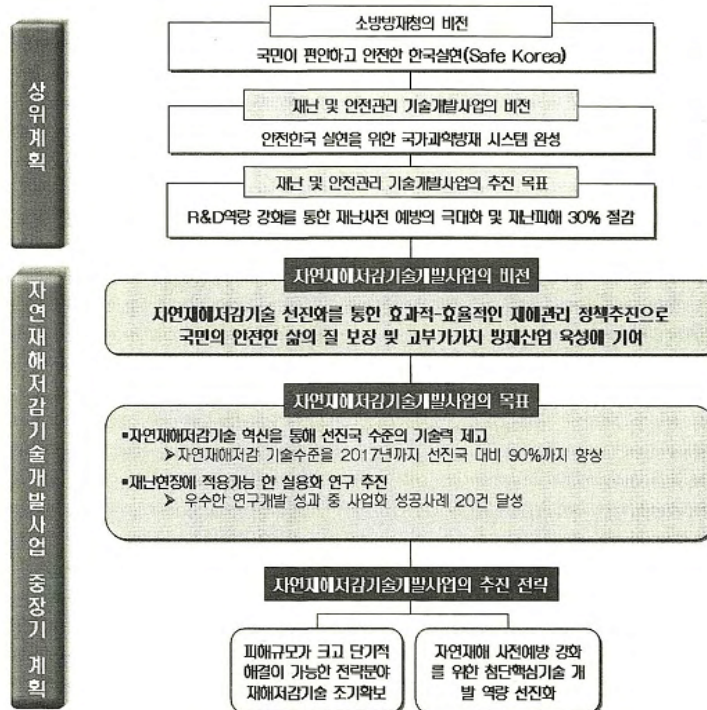
• 자연재해대책법

- 현행 법률에 의하면 재해는 재난의 범주에 포함되며, 재난의 범위는 자연재해, 인적재난, 사회적 재난을 포함함
- 일반적으로 재난의 유형별로 주무부처 및 관리 수습의 역할과 책임, 근거 등이 마련되어 있으며, 재난과 재해의 이원적 개념을 “재난”으로 통합 일원화하여 관리가 이루어져 왔음
- 이후 2004년 “재난 및 안전관리기본법”의 제정을 통해 재정관리 정책개발, 관리 등의 재난관리업무를 일원화 시키고 “자연재해대책법”을 통해 자연재해에 해당하는 재난의 예방, 복구, 저감 연구 및 기술개발 등에 관한 세부적인 사항을 규정하게 되었음
- 자연재해대책법은 자연재해 예방, 복구, 저감 기술개발 등에 관한 사항을 담고 있는 만큼 관련 연구개발 및 기반조성, 산업육성을 위한 자연재해저감기술 진흥계획 수립을 규정함
- 소방방재청장은 이에 따라 자연재해저감기술 연구개발 사업을 수행할 수 있으며 필요시 실용화를 위한 시책을 마련하고 우수한 기술의 경우 자연재해저감신기술로 지정·고시하여 관련 공공기관에 우선적으로 활용될 수 있도록 조치할 수 있음.

- 소방방재청은 2007년 자연재해저감기술개발사업 중장기 기획연구를 통해 자연재해 저감기술의 수준 및 인력에 대한 정밀 진단을 통해 차세대 자연재해저감기술개발사업의 기획을 준비한 바 있으며, 동 연구의 결과로 차세대 자연재해저감기술개발사업 중장기 계획 및 10개년 추진계획이 작성되었음.



[중점추진사업 구조 및 사업별 포지셔닝]



[그림 7.1] 자연재해 저감기술개발사업 개념도

[자연재해 저감기술개발사업 개념도]

- 지진재해대책법
 - 지진재해대책법은 지진과 지진해일로 인한 재해로부터 생명과 재산 및 주요 시설을 보호하기 위하여 필요한 사항들을 규정하는 법률임.
 - 동법에서는 지진 및 지진해일의 관측, 예방 및 대비, 내진에 대한 대책, 지진에 대한 대응 및 지진재해경감을 위한 기술개발 등에 관한 사항을 규정하고 있음.
 - 동법에 따라 지진재해의 피해를 줄이고 신속한 대응이 가능하도록 지진해일로 인한 해안지역의 침수범위를 예측한 침수예상도가 제작·관리되며, 지진재해경감을 위한 연구 및 기술개발의 지원이 이루어짐.

- 항만법
 - 연안재해에 대응한 연안구조물의 설치, 정비, 관리 등에 관한 사항은 연안관리법에 의하나, 항만구역내 항만시설로서의 구조물의 경우 그 설치 및 관리에 관한 사항은 항만의 지정, 개발, 관리, 사용 및 재개발에 관한 사항을 규정하고 있는 항만법에 근거함
 - 항만시설은 기본시설, 기능시설, 지원시설, 항만친수시설로 구분되며, 본 과제의 항만구조물의 경우 동법에 의한 항만 기본시설에 해당함
 - 동법에 따라 국토해양부장관은 항만기본계획 수립을 통해 항만의 지정 및 변경에 관한 사항, 관리운영에 관한 사항, 시설수요에 관한 사항, 시설 규모 및 개발에 관한 사항, 시설 개선 및 정비에 관한 사항 등을 계획함. 따라서 본 기획연구과제의 내용에 의한 항만 구조물의 설치 및 변경 등에 관한 사항은 상기 계획에 의해야 함
 - 동법 제29조에 의해 항만시설의 기술기준 및 관리에 관한 사항을 정하고 있는바, 동 과업에 의한 구조물의 기술개발도 동법에 의한 기술기준과 관련함 (항만시설의 기술 기준에 관한 규칙).

- 항만구조물 신뢰성 확보 제도화
 - 최근 정부는 방파제, 안벽 등 항만 구조물 설계시 국제표준화기구(ISO)에서 권장하는 '신뢰성 이론'을 채택한 '항만구조물 신뢰성 설계표준서'를 개발하였으며, 이를 통해 자연재해의 불확실성을 확률 및 통계적 기법으로 반영하여 항만구조물의 안전성을 확보하고 경제적인 설계가 이루어지도록 함.

- 상기 이론의 적절한 이해와 전파를 위하여 '항만 구조물 전용 신뢰성해석 프로그램(HSRBD)'를 개발하였고 향후 연구결과의 보급 및 확산을 유도할 계획임.
- 연안관리법 등에 의한 연안구조물의 설치와 관리에 관한 제도와 정책
 - 연안지역에서의 연안구조물은 연안의 효율적인 보전, 이용, 개발에 필요한 사항들을 규정하고 있는 연안관리법에 근거하여 설치, 관리됨
 - 항만구역내 항만시설의 경우도 엄밀히 연안관리법상 연안시설물의 범위에 포함될 수 있으며, 동법에 의한 관리의 규정에서 배제되지 않음
 - 연안관리법은 연안통합관리계획을 통해 연안의 개발, 이용, 보전에 관한 모든 계획을 통합 수립하며 연안용도해역제 등의 실질적 법적 관리수단을 통해 이를 운영함. 또한 인위적, 자연적 이유 등으로 인해 연안 시설물 및 환경의 훼손정도를 관리하고 유지 보수하기 위하여 연안정비계획을 수립·시행함
 - 일반적으로 연안정비사업의 경우 시도지사 또는 시장·군수·구청장이 연안정비사업의 시행주체가 되나, 항만법에 의해 항만구역에서의 연안정비사업의 시행주체는 국토해양부장관이 되며 동법에 따라 항만구역의 시설물의 설치 및 유지 관리를 위한 계획을 수립하고 이를 시행함.
 - 최근 정부는 연안관리법에 의한 연안관리정비계획의 방향을 기후변화 등 연안환경변화에 적극 대응하고 연안수요의 충족을 위한 개선안을 제시함. 사실 기존의 연안정비사업들은 연안재해 대응 및 연안환경개선에서 많은 성과를 내기는 하였으나 피해복구 등의 사후적 대응방식으로 추진되었고 환경친화적이지 못한 구조물 중심의 사업으로 한계를 지적 받아왔음.
 - 정부의 연안정비계획 및 사업의 개선방향은 1. 사전예방 중심 연안정비, 2. 안전하고 품위 있는 연안정비, 3. 연안의 자연회복성 도모, 4. 복합 연안공간 창조를 통한 지역경제활성화의 내용으로 제시되고 있으며, 이중 안전하고 품위 있는 연안정비 추진을 위해서는 지역별 맞춤형 재해대응능력을 확보하고 자연재해 적응력을 고려한 연안정비설계기준을 마련하는 것과 주변경관과 어울리는 자연 친화형 방재시설물 설치 유도의 정책방향을 제시하였음 (2011. 5.11. 국토해양부 연안계획과 정책자료).
- 국가과학기술표준분류체계
 - 2008년도에 발간된 과학기술기본법 제 27조 및 과학기술기본법에 의한 국

가과학기술표준분류체계에 따르면 건설교통분야와 기계분야는 인공물 분류에 포함되며, 해당기술로는 아래와 같이 분류할 수 있음.

- 미래 국토공간개발의 내용은 총 7개의 소분류로 나뉘어져 있으며, 소분류 중 해저공간, 인공섬/준설 매립기술 등은 수중에서 대단위의 작업을 요하는 기술들임.
- 로봇/자동화기계 기술은 로봇관련 기술 발전에 필요한 많은 기술들을 보여줌.

중분류	소분류
P02 국토공간 개발기술	P0201 국토지능화/공간정보
	P0202 지능형 생태도시
	P0203 대공간 지상건축물
	P0204 지하대공간
	P0205 해저공간
	P0206 인공섬/준설 매립기술
	P0207 경관관리
	P0299 달리 분류되지 않는 국토공간개발기술
H05 로봇/ 자동화 기계	H0501 로봇 설계기술
	H0502 로봇 제어/지능화기술
	H0503 로봇 비전/생산자동화기술
	H0504 기계자동화기술
	H0505 조립/정밀 이송기술
	H0506 자동화 관련 계측/센서기술
	H0507 로봇/자동화기계 관련 S/W
	H0599 달리 분류되지 않는 로봇/자동화기계

나. 국외 법 및 제도 현황

□ 미국의 항만 유지관리기준(NAVFAC MO-322)

- 항만시설물과 관련된 미 연방 산하의 독립된 기관은 없고 각 지역의 항만시설을 유지관리하고 있는 지역항만청(Port Authority)은 주 또는 시에 소속되어 있음.
- 범 정부 차원으로 국가기관이 발행한 안전점검, 진단 및 평가기준은 없으며 항만시설의 유지관리 및 점검과 관련된 모든 기술적인 도서는 미해군(US Navy)에서 발행한 기술지침서를 이용하고 있음. 특히 수중의 조사방법 분야에 대해서는 미해군이 발행한 상세한 안전점검 및 진단지침들에 의해 안전점검과 진단을 실제로 수행하는 용역회사들이 항만구조물들의 진단과 평가를 실시하고 있음.

- 미 해군에서 나온 보고서들 중에서 가장 기본이 되는 것은 NAVFAC MO-322로 항만구조물외에도 광범위한 미해군 시설물들의 유지관리 및 안전진단 지침의 기본적인 사항들을 자세히 다루고 있음.
- 조사 종류
 - 조사의 종류는 운영자 조사, 예방·유지 조사, 통제조사로 구분하고 있으며, 통제조사는 특별조사와 공학적 점검으로 구분.
- 조사 주기
 - 조사의 주기는 유지수준에 따라 차이가 있으며 유지관리 수준에 따른 조사주기와 유지수준별 특성은 아래표와 같음.

[유지수준에 따른 조사주기]

유지수준	A	B	C	D&E
조사주기	2년	3년	4년	5년

[유지수준별 특성]

유지수준	분류 특성
A	아주 중요한 시설 앞으로 10년 이상 많이 사용할 시설물
B	중요한 시설물 앞으로 3~10년간 많이 사용할 시설물
C	제한적으로 중요한 시설물 많이 사용할 기간이 3년 이하 가끔 혹은 부분적으로만 사용
E	많이 사용되지 않는 시설물
E	잔여 시설물

- 유지수준에 따른 조사주기는 지속적인 보고를 위해 설정된 최소의 주기이며 실제 조사주기는 수집된 유용한 자료와 기술자의 경험 및 판단에 따라 결정해야 함.
- 조사 부위의 분류
 - 항만구조물의 안전진단은 크게 다음의 세 가지 부위에 대한 조사를 실시함. 미국에는 잔교식의 항만구조물이 절대적으로 많기 때문에 조사부위의 분류도 잔교식을 기준으로 분류.

- 상부(Topside) : 구조물의 위를 걸어서다니면서 조사할 수 있는 곳
- 하부(Underside) : 배를 사용하거나 저수위 때 구조물의 아래를 조사할 수 있는 곳
- 수중부(Underwater) : 잠수부에 의해 수중에서 조사할 수 있는 곳
- 수중부 조사기준
 - 조사영역의 구분
 - 잔교식 부두 파일의 수중조사 영역은 대기영역, 비말대영역, 조수영역, 수중영역, 해저영역으로 구분.
 - 수중조사수준
 - 미연방도로국(FHWA)의 수중부분에 대한 점검기준으로 기본적으로 다음과 같음.
 - LEVEL I : 육안, 촉감에 의한 외관조사 (정기점검)
 - LEVEL II : 필요한 곳에 부분적인 청소와 함께 상세한 근접외관조사 (정밀점검)
 - LEVEL III : 비파괴검사와 함께 매우 상세한 고도정밀조사 (정밀점검)
 - 수중조사 주기
 - 사용조건, 완공 년도, 최근 수중조사후 경과시간, 시공형태에 따라 조사대상 구조물을 선정하여야 함.
 - 과하중이 발생하였거나 구조적 결함이 발견된 경우 곧바로 수중조사를 실시.
 - 모든 상부구조물 과 조수영역, 비말대영역을 포함한 수면이상의 파일과 시트파일은 매년 1회씩 조사.
 - 모든 수중구조물은 적어도 6년에 1회씩 비말대영역에서 부터 시작하여 아래쪽으로 조사.

□ 일본의 항만 유지관리 기준

- 일본의 경우 운수성 항만국에서 전국 항만시설을 관장하고 있으며 운수성령에 따라 1989년 일본항만협회에서 발행한 「항만시설의 기술상의 기준」 개정판에 유지관리 항목을 신설하여 규정하고 있음. 운수성 항만국에서 유지관리 지침을 마련하여 이를 토대로 시행.

□ 기타 외국의 항만 유지관리 기준

- 유럽의 경우 대표적인 항만인 로테르담 항, 엔트워프 항, 함부르크 항 모두 국가기관에서 지정한 유지관리지침 등의 규정이 없이 관련 담당부서의 기술자들이 관례에 따라 유지관리 작업을 하고 있음.
- 독일은 특수조사선을 이용하여 수중점검을 실시하고 있으며, 다이빙전용선을 도입하여 수중감압 및 장시간 잠수가 가능하도록 조사선을 설치 운영하고 있음.

□ 미국의 로봇분야 정책현황

- NSF가 로봇분야 국가R&D 정책 총괄
- NSF와 CCC(컴퓨팅 컨소시움)은 비군사용 서비스로봇 로드맵 공동작성 착수 (2008.1)
- 미국은 '95년 미국로봇협회와 IEEE간 MOU 체결이행을 위해 산학연관으로 구성된 로봇산업협력위원회(RIMCC, Robotics and Intelligent Machines Cooperative Committee) 협의체를 통하여 본격적으로 지원업무에 착수.
- 미국 FEMA에서는 아래의 표와 같이 시설물을 운송관련시설과 설비관련시설로 분류하고 이를 관리하는 해당기관에 대하여 각 기관들이 보유하고 있는 위험성이 큰 주요 시설물 등에 대하여 결함조사를 수행하도록 하고 있음.

[FEMA의 시설물 분류에 따른 주요시설물]

대분류	중분류	주요시설물
교통시스템	도로	도로, 교량, 터널
	철도	선로, 교량, 역사, 터널, 연료저장소, 전력배전반, 유지관리시설
	전철	선로, 교량, 역사, 터널, 전력배전반, 유지관리시설
	버스	터미널, 연료저장소, 전력배전반, 유지관리시설
	항만	터미널, 크레인, 해안시설물, 연료저장소
	여객선	터미널, 해안시설물, 연료저장소, 유지관리시설
	공항	터미널, 관제소, 활주로, 연료저장소
라이프라인 시스템	상수도	수송관, 정수시설, 원수, 저장탱크, 양수장
	하수도	파이프라인, 하수처리시설, 양수시설
	유류	파이프라인, 정제시설, 저장탱크
	가스	파이프라인과 압축시설
	전력	변전소, 배전회로, 발전소, 송전탑
	통신	중앙 전화국과 송신기

□ 일본의 로봇분야 정책현황

- 경제산업성에서 로봇산업정책 전반을 관장, 부처별 응용분야사업 지원
- 총무성의 네트워크 로봇, 소방청의 소방방재로봇, 국토교통성의 토목건설로봇 지원
- 통산성 주도하에 인간형 로봇 프로젝트를 진행하고 있으며, 총무성에서는 네트워크 로봇, 소방청은 소방방재 로봇, 국토교통성은 토목작업 및 건설 로봇 등의 부처별 응용개발을 지원.
- 경제산업성(인간 지원형 로봇 실용화 프로젝트와 차세대 로봇 공통 기반 개발 프로젝트를 지원), 총무성(네트워크 로봇 지원), 문부과학성, 농림수산성, 국토교통성 등에서 추진 중.

□ 기타 외국의 로봇분야 정책현황

- 영국의 수중점검 로봇은 군사목적으로 활용 가능한 SAUV의 개발이 이미 완료된 상태이며, 성능개선, 기능 다양화 및 초소형화에 대한 연구가 진행 중이다. 이 밖에도 캐나다, 러시아, 노르웨이, 프랑스, 중국 등이 무인잠수점검로봇에 대한 연구를 활발히 수행하고 있음.

2.8 기존 과제와의 중복성 검토 및 연계방안

- 다양한 플랫폼에 의한 구조물 진단 장비 개발의 연구실적이 있음. 그러나, 수중구조물에 대한 연구실적은 많지 않음.
- 기술동향에서 언급한 바와 같이, 육상관절팔 형태의 진단장비로는 한양대학교의 교량조사 로봇개발 연구단의 BIRDI 시스템과 도로교통연구원의 U-BIROS 시스템이 있음. 교량의 유지관리를 위해 연구된 것으로 카메라 등으로 교량 하부구조에 대한 손상탐지를 주목적으로 함. 벽체이동형 유지관리 장비로는 한국기계연구원에서 연구한 곤돌라형 외벽 유지관리 로봇시스템이 있음. ROV 형태의 진단장비로는 한국원자력 연구소의 원자로 검사용 수중로봇, 포항공대에서 개발한 SEA-SPIDER 등이 있음. 이러한, 기존 연구결과들과의 중복성 배제 및 연계 방안은 다음과 같음.

과제명	개요 및 내용	차별성 및 연계방안
교량의 유지관리를 위한 통합시스템 개발 (한양대학교, 2008)	<ul style="list-style-type: none"> • BIRDI(Bridge Inspection Robot Development Interface)로 명명된 교량 유지관리 통합시스템 개발 • 트럭 단부에 장착된 관절 구조를 이용하여 다리 하부 구조의 유지관리를 담당하는 첨단굴절 로봇차를 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 육상구조물용으로 수중구조물에 적용하기 위해서는 개선 필요함. 즉, 수중 작동성, 관절팔 부식 등에 대한 연구 필요함. 또한, 교량이 아닌 항만시설물(특히, 잔교식 형태)에 적용하기 위해서는 구조형태의 변화도 요구됨 • 수중구조물에 대한 검사 장치에 대한 연구는 이루어지지 않았으므로 이러한 부분에 대해 본 연구과제에서 중점적으로 다룰 필요가 있음
교량하부 정밀 진단 시스템 개발 (도로교통연구원, 2009)	<ul style="list-style-type: none"> • U-BIROS(Ubiquitous Bridge Inspection Robot System)로 명명된 교량 유지관리 통합시스템 개발 • 교량 상부의 갓길 쪽 내에 정착할 수 있는 소형트럭과 카메라가 장착된 원격제어 로봇, GPS 등으로 구성됨. 교량 외관을 정밀 촬영하고 외관조사망도를 작성. GPS 및 관절팔 등을 이용해 교량 하단 조사 	<ul style="list-style-type: none"> • 한양대학교의 연구결과에 대한 언급과 같이 육상구조물용으로 수중구조물에 적용하기 위해서는 개선 필요함. 즉, 수중작동성, 관절팔 부식 등에 대한 연구 필요함. 또한, 교량이 아닌 항만시설물(특히, 잔교식 형태)에 적용하기 위해서는 구조형태의 변화도 요구됨 • 수중구조물에 대한 검사 장치에 대한 연구는 이루어지지 않았으므로 이러한 부분에 대해 본 연구과제에서 중점적으로 다룰 필요가 있음
고층 구조물 외벽 유지관리를 위한 지능형 로봇시스템 개발 (한국기계연구원, 2010)	<ul style="list-style-type: none"> • 곤돌라형 외벽 유지관리 로봇 시스템 개발 • 팬을 이용하여 흡착하고 기존 곤돌라 시스템을 활용하여 상하이동을 함 	<ul style="list-style-type: none"> • 공기 중에서의 벽체이동형 유지관리 시스템으로 수중환경에서는 작동 방식과 제어 방식이 전혀 다름
원자로 검사용 수중 로봇(ROV 시스템) (한국원자력연구소, 2009)	<ul style="list-style-type: none"> • 4개의 수중 추진기를 이용하여 원자로 및 냉각재 배관 내에서 자유로운 수영이 가능 • 컬러 카메라를 통해 고방사선 지역의 수중 영상을 촬영하는 기능 보유. 	<ul style="list-style-type: none"> • ROV 플랫폼을 이용한 수중구조물 외관조사 연구에 본 연구결과를 활용 • 수중구조물에 대한 비파괴 검사 장치 등에 대한 연구는 이루어지지 않았으므로 이러한 부분에 대해 본 연구과제에서 중점적으로 다룰 필요가 있음
6 자유도 정밀작업/검사용 지능형 로봇(sea spider) (포항공대, 2010)	<ul style="list-style-type: none"> • 조류 중 자세유지기를 이용하여 교각/수중 구조물 안전검사에 활용이 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • ROV 플랫폼을 이용한 수중구조물 외관조사 연구에 본 연구결과를 활용 • 수중구조물에 대한 비파괴 검사 장치 등에 대한 연구는 이루어지지 않았으므로 이러한 부분에 대해 본 연구과제에서 중점적으로 다룰 필요가 있음

2.9 환경분석 결과 기반 STEeP 및 SWOT 분석

가. STEeP 분석 및 이슈도출

□ STEeP 분석

- 환경분석 결과를 바탕으로 STEeP 분석 틀을 활용하여, 각 분야별 주요 이슈를 체계적으로 해당 프로그램과 연관시키도록 함
- 해당 프로그램과 관련된 제품의 시장 니즈, 즉 어떠한 도전과제, 개념 또는 성능의 기술개발을 요구하고 있는지를 파악
 - 앞으로 해당 프로그램과 관련된 제품의 국내외 시장, 산업의 성장 규모 및 시장 특성과 경쟁 환경 등에 대한 분석
 - STEeP : 국내·외적으로 현재사회와 2020년까지의 미래사회를 지배할 결정인자(혹은 이슈)들을 사회(Social), 과학기술(Technological), 경제(Economic), 생태(ecological), 정치(Political) 및 기타로 구분하여 선정하고 그 영향을 분석, 기술한 후, 이를 표로 요약함.

□ 이슈도출

- 본 기획에서는 각 이슈항목을 아래와 같이 정리함.
 - 사회적 이슈 : 안전한 항만시설물 유지관리, 해양개발 확대, 산업재해 감소
 - 기술적 이슈 : 기술 융합 및 진보 가속화, 극한조건 극복 기술 요구, 장수명 SOC 확대
 - 경제적 이슈 : 비용절감, 신산업창출, 고용창출
 - 환경적 이슈 : 환경규제 강화, 환경부하 감소 기술, 신재생에너지 활용 증진
 - 정치적 이슈 : 정부 정책방향, 입법동향, 국민여론
- 항만시설 점검용 장비 기술 개발에 영향을 미치는 요인을 다음과 같이 도출하였음

(1) 사회적 이슈

- 안전한 항만시설물 유지관리 : 국가기반 SOC인 항만시설물에 대한 안전성을 확보하는 유지관리 필요

- 해양개발 확대 : 항만경계내의 해양공간에서의 신형식 구조물 건설 증가
- 산업재해 감소 : 산업재해로 인한 인명손실을 감소시키고 안전한 작업이 가능하도록 환경조성 필요

(2) 기술적 이슈

- 기술 융합 및 진보 가속화 : 다학제적 기술 융합을 통한 기술 개발
- 극한조건 극복 기술 요구 : 열악한 환경조건 극복할 수 있는 유지관리 장비 기술 개발
- 장수명 SOC 확대: 구조물의 내구성 증대 및 모니터링 기술 개발

(3) 경제적 이슈

- 비용절감 : 유지관리 기계화 장비를 통한 효율성 및 경제성 향상
- 신산업창출 : 기존 시스템으로 유지관리 힘든 구조물에 대한 유지관리를 통한 신산업창출
- 고용창출 : 유지관리 기계화 장비의 기술파급을 통한 다양한 분야의 고용 확대

(4) 환경적 이슈

- 환경규제 강화 : 항만시설에 대한 신규증설이 환경문제로 어려우므로 기존 구조물의 유지관리 중요성 증진
- 환경부하감소기술 : 환경부하를 감소시킬 수 있는 신개념의 장비 기술 개발 필요
- 신재생에너지 활용 증진 : 해상풍력, 파력 등과 같은 항만내의 신재생에너지 활용 증가

(5) 정치적 이슈

- 정부 정책방향 : 항만시설에 대한 정부의 유지관리 정책 변화
- 입법동향 : 항만시설물 점검에 대한 저장 관련 법/제도 제정 및 정비
- 국민여론 : 유지관리에 대한 기계화 장비 도입에 대한 국민적 공감대 형성

• 다음 표에 가중치에 따른 도출된 순위 제시

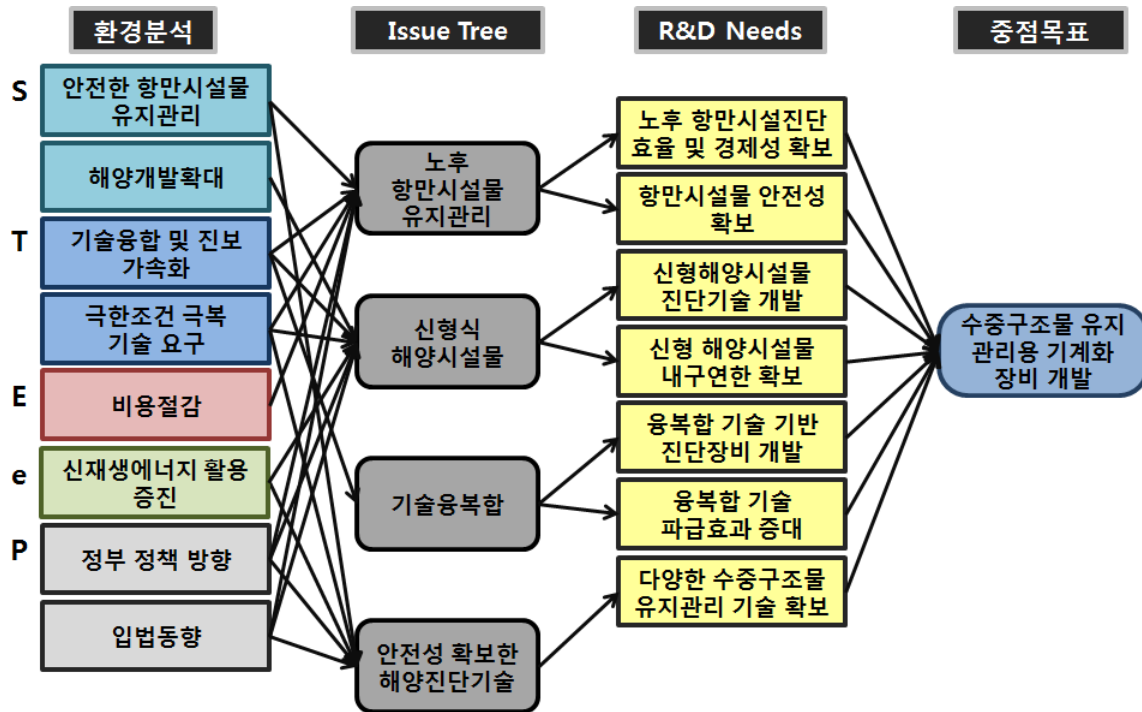
환경 요인	주요이슈		해당 프로그램에 미치는 영향요인	영향요인의 가중치				
				단 기	중 기	장 기	평 균	순 위
S	S1	안전한 항만시설물 유지관리	국가기반 SOC인 항만시설물에 대한 안전성을 확보하는 유지관리 필요	2.7	2.7	2.6	2.67	1
	S2	해양개발 확대	항만경계내의 해양공간에서의 신형식 구조물 건설 증가	2.2	2.6	2.7	2.50	4
	S3	산업재해 감소	산업재해로 인한 인명손실을 감소시키고 안전한 작업이 가능하도록 환경조성 필요	2.1	2.3	2.2	2.20	9
T	T1	기술 융합 및 진보 가속화	기술 융합 및 진보 가속화 : 다학제적 기술 융합을 통한 기술 개발	2.2	2.3	2.5	2.33	7
	T2	극한조건 극복 기술 요구	열악한 환경조건 극복할 수 있는 유지관리 장비 기술 개발	2.5	2.6	2.5	2.53	3
	T3	장수명 SOC 확대	구조물의 내구성 증대 및 모니터링 기술 개발	2	2	2.3	2.10	10
	T4	신재생에너지 활용 증진	해상풍력, 파력 등과 같은 항만내의 신재생에너지 활용 증가	2.2	2.5	2.6	2.43	5
E	E1	비용절감	유지관리 기계화 장비를 통한 효율성 및 경제성 향상	2.5	2.5	2.2	2.40	6
	E2	신산업창출	기존 시스템으로 유지관리 힘든 구조물에 대한 유지관리를 통한 신산업창출	1.8	1.9	2.1	1.93	12
	E3	고용창출	유지관리 기계화 장비의 기술파급을 통한 다양한 분야의 고용 확대	1.4	2	2.2	1.87	14
e	e1	환경규제 강화	항만시설에 대한 신규증설이 환경문제로 어려우므로 기존 구조물의 유지관리 중요성 증진	1.8	1.9	2	1.90	13
	e2	환경부하감소 기술	환경부하를 감소시킬 수 있는 신개념의 장비 기술 개발 필요	1.8	1.9	1.8	1.83	15
	e3	신재생에너지 활용 증진	해상풍력, 파력 등과 같은 항만내의 신재생에너지 활용 증가	1.7	2.1	2.3	2.03	11
P	P1	정부 정책방향	항만시설에 대한 정부의 유지관리 정책 변화	2.2	2.3	2.5	2.33	7
	P2	입법동향	항만시설물 점검에 대한 저장 관련 법/제도 제정 및 정비	2.5	2.6	2.6	2.57	2
	P3	국민여론	유지관리에 대한 기계화 장비 도입에 대한 국민적 공감대 형성	1.4	2	2	1.80	16

* 단기: 2015년 이내, 중기: 2016~2020년, 장기: 2021년 이후

* 가중치는 1, 2, 3점을 부여

□ 이슈트리(Issue Tree)

- 환경분석(STEeP)을 통해 이슈 트리를 도출하고 기존 환경분석 결과를 바탕으로 R&D Needs를 검토
- 최종적으로 중점목표인 '수중구조물 유지관리용 기계화 장비 기술 확보' 도출



나. SWOT 분석 및 대응전략

- SWOT 분석은 항만시설점검용 장비 기술 분야에 대해 국내에서 보유한 내부자원 및 능력의 강점과 약점을 가감 없이 분석하고 주변 여건의 위협과 그로부터 오는 도약과 발전의 기회를 정량적으로 파악하기 위해 실시함
- 이를 바탕으로 약점을 보완하고 위협에 대처하기 위한 전략 및 강점을 바탕으로 기회를 활용하기 위한 전략을 제시함
- 대응전략에서는 SWOT 분석 결과에서 도출된 강점분야 및 약점분야의 이슈에 대응하는 전략을 수립함
- SO 전략(시너지 창출 전략)
 - 토목 및 기계분야의 높은 기술력과 전문인력을 활용한 융합기술 개발
 - 신형식 해양구조물에 적용 가능한 장비 개발
 - 민간 기업의 참여를 통한 실용화/상용화 기술 개발
- WO 전략 (보완 전략)
 - 다양한 플랫폼 개발로 환경요인에 적합 장비개발
 - 기존 육상구조물 비파괴 장비를 개량하여 수중구조물 진단
 - 항만시설물 뿐만아니라 타 구조물에 대해서도 진단이 가능한 장비 개발
- ST 전략 (위험 최소화 전략)
 - 미래기술보다는 현재 단계의 기술의 바탕으로 장비 개발
 - 정부의 기술투자 및 지원을 통한 초기진입 시의 부담을 해소
 - 장비 유지관리 비용을 최소화할 수 있는 방안 마련
- WT 전략 (위험 극복 전략)
 - 고수심의 진단 어려움을 기계화 장비로 해결
 - 국내자체 기술 개발을 통한 국외 기술의존도 및 기술격차 최소화
 - 정부차원의 지원을 통해 기술력 확보

내부환경요인 외부환경요인	강점(S)	약점(W)
	<ul style="list-style-type: none"> • 건설 및 기계 산업의 높은 기술력 • 토목/기계 분야 전문인력 풍부 • 침매터널, 해상풍력 타워, 파력 구조물 등 신형식 해양구조물 증가 • 정부의 기계화 장비에 대한 투자 확대 	<ul style="list-style-type: none"> • 지역에 따른 해양진단환경의 변화가 큼 • 수중구조물용 비파괴 장비 개발 경험 없음 • 고수심 진단의 경험 없음
기회(O)	SO 전략 (시너지 창출전략)	WO 전략 (보완전략)
<ul style="list-style-type: none"> • 노후 항만시설물의 급격한 증가 예상 • 신형식 해양구조물의 건설 증대 • 장대교량 하부, 댐 구조물 등에 대한 수중부 진단 필요성 증대 • 기계화 장비에 대한 기술 개발 관심 높음 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 토목 및 기계분야의 높은 기술력과 전문인력을 활용한 융합기술 개발 ✓ 신형식 해양구조물에 적용 가능한 장비 개발 ✓ 민간 기업의 참여를 통한 실용화/상용화 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 다양한 플랫폼 개발로 환경요인에 적합 장비개발 ✓ 기존 육상구조물 비파괴 장비를 개량하여 수중구조물 진단 ✓ 항만시설물 뿐만아니라 타 구조물에 대해서도 진단이 가능한 장비 개발
위협(T)	ST 전략 (위험 최소화 전략)	WT 전략 (위험극복전략)
<ul style="list-style-type: none"> • 해양장비의 특성상 초기 기술개발 비용 과다 • 수중구조물에 대한 진단이 활성화 되기 위해 법/제도 정비가 필요 • 고가 장비는 유지관리 비용이 과다하게 소요될 우려 있음 • 세계 각국 기술선점 경쟁 심화 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 미래기술보다는 현재 단계의 기술의 바탕으로 장비 개발 ✓ 정부의 기술투자 및 지원을 통한 초기진입 시의 부담을 해소 ✓ 장비 유지관리 비용을 최소화할 수 있는 방안 마련 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 고수심의 진단 어려움을 기계화 장비로 해결 ✓ 국내자체 기술 개발을 통한 국외 기술의존도 및 기술격차 최소화 ✓ 정부차원의 지원을 통해 기술력 확보

3 연구개발 비전 및 목표 수립

3.1 연구개발 비전 및 목표

- 환경과 역량분석 및 R&D 수요에 근거하여 실현가능한 연구비전의 제시

[수중 구조물을 위한 유지관리용 기계화 장비를 개발하여 사회인프라 구조물에 대한 안전성과 사용성을 확보하고 첨단로봇분야에서 신성장동력 제품 개발]

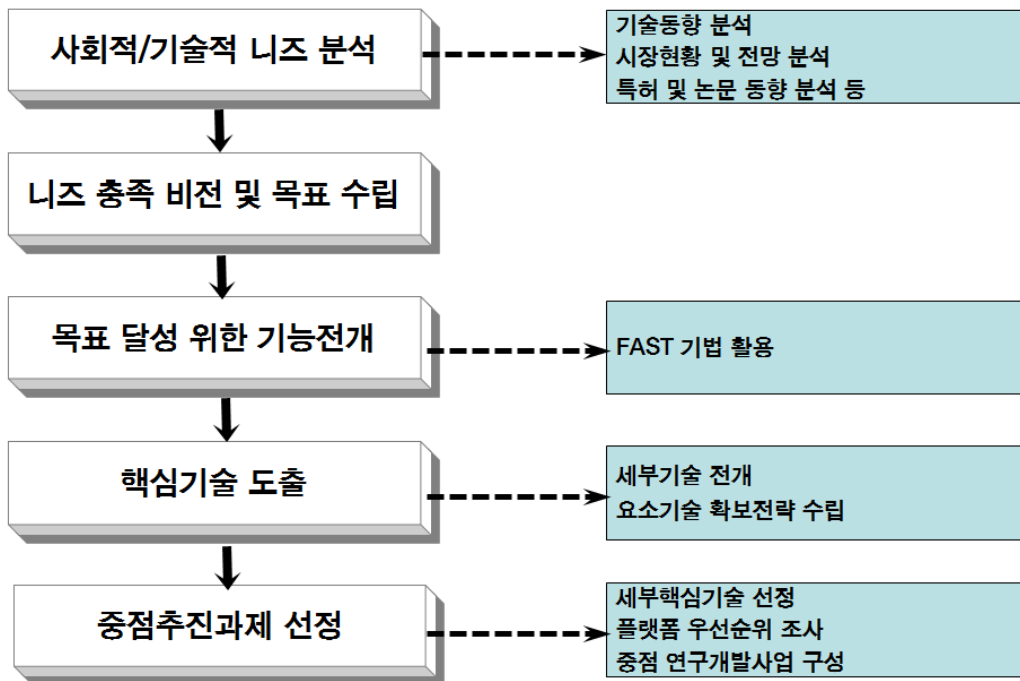
- 비전을 달성하기 위한 연구목표로 『수심 30m이상에서 수중구조물의 상태진단 및 유지관리가 가능한 기계화 장비를 개발하고 실용화 함』
- 연구 비전을 실현하기 위해 수행되어야할 주요 연구 요소
 - 진단장비 플랫폼 제작 기술
 - 수중구조물 검사 기술
 - 수중환경에서의 통합 운용 기술



3.2 핵심기술 도출

□ 핵심과제 도출 과정

- 설정된 연구목표를 달성하기 위한 실행방안으로서 핵심기술의 도출과정은 다음과 같음.



□ 기술 기능 전개 (FAST: Function Analysis System Technique)

- FAST(Function Analysis System Technique)는 총괄목표(R&D 과제)의 세부목표(단계별목표, 중점기술개발과제, 핵심기술과제, 요소기술)를 도출하기 위한 기본적인 분석활동임.
- FAST 전개방법
 - 목표(R&D 과제)의 '원리구조/프로세스'에 따라 '목적기능'과 '기본기능'의 2계층으로 구조화 함.
 - 기능 레벨을 낮추어 '기본기능 - 2차기능 - 3차기능'등의 다계층 구조화도 가능함.
- 『항만시설 점검용 장비 기술개발 기획』의 기술 기능전개는 점검장비를 제작하고 운영하기 위한 작업과 관련하여 설정함.
 - 기본 기능을 플랫폼 제작, 수중구조물 검사, 통합 운용 기능의 3단계로 구분
 - 3가지 기본 기능에 대해 2차 기능, 3차 기능으로 세분화 함.
 - 3차 기능에 대해서는 요소기술과 연계하여 추후 요소기술 분석에 활용함.



□ 기술 트리 (Technology Tree)

- 기술트리는 FAST에 의해 정의된 기본기능의 세부기능들을 구현하고, 최하위 세부 기능들의 기술을 도출하기 위해 수행.
 - 기본기능에 맞추어, 관련기능을 하위 2차기능 관계로 구성
 - 도출된 최하위 세부 기능별로 세부 기술 도출
 - 기본기능별로 FAST와 도출된 기술을 트리 형태로 제시

- 기본기능 A - 플랫폼 제작 기능

기본기능	2차기능	세부기술
플랫폼제작	육상제어플랫폼	관절팔 제어 기술
		장시간 관절팔 설계/제작 기술
		육상 장치이동 기술
	구조물 부착 플랫폼	Crawling 형식 부착이동 기술
		Rolling-Suction 형식 부착이동 기술
		프로펠러 형식 부착이동 기술
		Biomimetic 형식 부착이동 기술
		로봇팔 이용 부착이동 기술
	수중 유영 플랫폼	ROV 형식 유영기술
		AUV 형식 유영기술
	수중작업 매니플레이터	검사센서의 플랫폼 부착기술
		잠수부 케이지 및 수중작업편의 장치 기술
		수중 육안 검사용 매니플레이터 조작 기술

* 다른 2차기능과 달리 플랫폼 제작의 2차기능 중 육상제어 플랫폼, 구조물 부착 플랫폼, 수중유영플랫폼은 서로 독립적으로 제작이 가능하며 하나가 제작되어 기능이 수행되면 다른 플랫폼은 그 기능이 필요없을 수 있음. 즉, 다른 2차 기능과는 성격이 조금 다른 기능전개 형태임

• 기본기능 B - 수중구조물 검사 기능

기본기능	2차기능	세부기술
수중구조물 검사	외관모니터링	수중 구조물 외관인식 기술
		수중 구조물 손상인식 기술
		센서융합형3D수중레이더기술
		근거리 수중 레이저 기반 외관검사 기술
	비파괴검사	벽면 이물질 제거 기술
		비파괴검사기기 방수 기술
		수중 반발경도 재료물성 검사 기술
		수중 초음파속도 재료물성 검사 기술
		레이다 활용 구조물 건전도 검사 기술
		수중 철근탐지 기술
		수중 구조물 부식 깊이 탐지 기술
		수중 구조물 균열 탐지 기술
	부식에 영향을 받지 않는 광섬유 센서 적용 및 개발	
	시료 샘플링	수중 시료 채취 기술
		작업자 수중작업 매니플레이터 기술

• 기본기능 C - 통합운용 기능

기본 기능	2차 기능	세부 기술
통합 운용	수중장비 위치인식 기술	USBL (Ultra Short Base Line) 기술
		LBL (Long Base Line) 기술
		SBL (Short Base Line) 기술
		테더 기반 위치 인식 기술
		추측 항법 및 센서 융합 복합 위치 인식 기술
		RF 기반 수중 근거리 위치 인식 기술
	원격제어 기술	선체 자세 및 기본 동작 제어 기술
		고속 운동성 제어 기술
		원격 작업 및 조작 제어 기술
		원격 벽면 이동 주행 조작 기술
	통신 네트워크 기술	유선통신(광통신, 동축케이블통신) 기술
		광통신 접속 및 관리 기술
		RF 무선통신 기술
		수중 무선통신 기술

기본 기능	2차 기능	세부 기술
	수중영상확보기술	초음파 수중 센서 기술
		비초음파 수중 센서 기술
		센서 융합 처리 기술
		근거리 수중 레이저 기반 정밀 영상 기술

□ 요소기술 확보전략

- 각 요소기술에 대해 기존 기술 활용(현재의 국내 기술 적용), 기술 보완(단기 연구개발 투자 또는 해외기술 도입), 기술개발(R&D 통한 신기술 개발)으로 구분하여 전략을 수립함.
- 연구개발이 필요한 기술에 대해서는 중요도(1~5점)와 시급성(1~5점)을 평가함.
- 플랫폼 제작 기능 부문

세부기술	기술개발전략 (해당 칸에 O표 또는 점수)				
	기존 기술 적용	기존 기술 보완	기술 개발	기술개발시급성과 중요성	
				시급성 (5점)	중요성 (5점)
관절팔 제어 기술	O				
장시간 관절팔 설계/제작 기술			O	4	5
육상 장치이동 기술		O		3	3
Crawling 형식 부착이동 기술			O	4	5
Rolling-Suction 형식 부착이동 기술			O	3	3
프로펠러 형식 부착이동 기술		O		4	4
Biomimetic 형식 부착이동 기술			O	2	3
로봇팔 이용 부착이동 기술		O		3	4
ROV 형식 유영기술		O		4	4
AUV 형식 유영기술			O	3	4
검사센서의 플랫폼 부착기술			O	3	4
잠수부 케이지 및 수중작업편의 장치 기술			O	3	3
수중 육안 검사용 매니퓰레이터 조작 기술		O		3	4

• 수중구조물 검사 기능 부문

세부기술	기술개발전략 (해당 칸에 O표 또는 점수)				
	기존 기술 적용	기존 기술 보완	기술 개발	기술개발시급성과 중요성	
				시급성 (5점)	중요성 (5점)
수중 구조물 외관인식 기술		O		5	5
수중 구조물 손상인식 기술			O	4	4
센서융합형3D수중레이더기술			O	3	4
근거리 수중 레이저 기반 외관검사 기술		O		4	4
벽면 이물질 제거 기술			O	4	4
비파괴검사기기 방수 기술			O	5	5
수중 반발경도 재료물성 검사 기술			O	5	5
수중 초음파속도 재료물성 검사 기술			O	5	5
레이다 활용 구조물 건전도 검사 기술			O	3	4
수중 철근탐지 기술		O		3	3
수중 구조물 부식 깊이 탐지 기술			O	3	3
수중 구조물 균열 탐지 기술			O	3	3
부식에 영향을 받지 않는 광섬유 센서 적용 및 개발			O	2	3
수중 시료 채취 기술		O		4	5
작업자 수중작업 매니플레이터 기술			O	3	4

• 통합운용 기능 부문

세부기술	기술개발전략 (해당 칸에 O표 또는 점수)				
	기존 기술 적용	기존 기술 보완	기술 개발	기술개발시급성과 중요성	
				시급성 (5점)	중요성 (5점)
USBL (Ultra Short Base Line) 기술	O			4	5
LBL (Long Base Line) 기술		O		5	5
SBL (Short Base Line) 기술		O		4	4
테더기반 위치 인식 기술			O	3	3
추측 항법 및 센서 융합 복합 위치 인식 기술			O	4	4
RF 기반 수중 근거리 위치 인식 기술			O	3	3
선체 자세 및 기본 동작 제어 기술	O			3	3
고속 운동성 제어 기술		O		4	4
원격 작업 및 조작 제어 기술		O		4	5
원격 벽면 이동 주행 조작 기술			O	5	5
유선통신(광통신, 동축케이블통신) 기술	O			3	3
광통신 접속 및 관리 기술		O		3	4
RF 무선통신 기술		O		3	4
수중 무선통신 기술		O		3	4
초음파 수중 센서 기술	O			4	5
비초음파 수중 센서 기술			O	3	4
센서 융합 처리 기술		O		4	4
근거리 수중 레이저 기반 정밀 영상 기술			O	4	4

3.3 중점추진과제 선정

□ 세부기술과제 개요

- 요소기술확보전략에서 기존기술적용에 해당되는 세부기술은 추진기술에서 제외
- 기술개발 시급성과 중요성이 매우 떨어지는 세부기술은 추진대상기술에서 제외 (시급성 척도 3.0 미만, 중요성 척도 3.0 미만)
- 수중영상 확보기술은 외관모니터링 기술에 통합
- 각 세부기술의 개요는 다음과 같음

분야	세부기술	세부기술 개요
플랫폼제작	장시간 관절팔 설계/제작 기술	관절팔 장시간화에 따른 힘강성 증대 기술, 관절팔 안전성 및 장비 전도 안전성 확보 기술
플랫폼제작	육상 장치이동 기술	방파제 및 연안 구조물 접근 가능 장치 이동 기술
플랫폼제작	Crawling 형식 부착이동 기술	수중구조물 표면에 crawling 형식으로 부착하여 이동하는 기술
플랫폼제작	Rolling-Suction 형식 부착이동 기술	Suction을 통해 수중구조물 표면에 부착하고 Rolling을 통해 이동하는 기술
플랫폼제작	프로펠러 형식 부착이동 기술	프로펠러 추력을 이용하여 부착력을 증가하거나 이동하는데 활용하는 기술
플랫폼제작	로봇팔 이용 부착이동 기술	육상제어 플랫폼의 로봇팔을 이용하여 수중구조물 표면에 검사 장비를 부착시키거나 이동하는 기술
플랫폼제작	ROV 형식 유영기술	원격조정에 의해 계측 장비를 점검하고자 하는 장소에 위치하는 기술
플랫폼제작	AUV 형식 유영기술	계측장비를 점검하고자 하는 장소에 로봇의 지능에 의해 위치하는 기술
플랫폼제작	검사센서의 플랫폼 부착기술	검사 신뢰성확보를 감안하여 검사센서를 수중 매니플레이터에 부착하는 기술
플랫폼제작	잠수부 케이지 및 수중작업편의 장치 기술	점검장비와 잠수부의 Co-work에 있어 안전성, 편의성, 효율성을 높이는 장치 기술

분야	세부기술	세부기술 개요
플랫폼제작	수중 육안 검사용 매니퓰레이터 조작 기술	육안 검사용 센서(수중카메라 등)의 운용 효율성을 높일 수 있도록 센서의 위치, 제세 등을 제어하는 기술
수중구조물 검사 기술	수중 구조물 외관인식 기술	2D, 3D 초음파 영상을 이용하여 수중구조물의 외관을 인식하고 3D로 주변 지형 및 구조물에 매핑하는 기술
수중구조물 검사 기술	수중 구조물 손상인식 기술	초음파 영상을 분석하여 수중구조물 손상부를 인식하는데 소요되는 기술
수중구조물 검사 기술	센서융합형 3D수중 레이더기술	센서융합을 통한 수중항법 정보와 3D 초음파 이미지소나를 연동하여 매핑하는 기술
수중구조물 검사 기술	근거리 수중 레이저 기반 외관검사 기술	수중용 LIDAR를 이용 수중 구조물의 외관을 인식하는 기술
수중구조물 검사 기술	비초음파 수중 센서 기술	비초음파 수중용 센서 관련 기술(물리, 화학 계측센서)
수중구조물 검사 기술	벽면 이물질 제거 기술	수중구조물에 대한 비파괴검사를 수행하기 위해 구조물 표면에 부착되어있는 해조류나 부착생물을 제거하는 기술
수중구조물 검사 기술	비파괴검사기기 방수 기술	육상에서 사용되는 반반경도용 슈미트 해머와 초음속도 측정 진단자들에 대한 방수 케이싱 기술
수중구조물 검사 기술	수중 반발경도 재료물성 검사 기술	수중에서 측정된 반발경도 결과를 이용하여 재료물성을 평가하는 기술
수중구조물 검사 기술	수중 초음파속도 재료물성 검사 기술	수중에서 측정된 초음파속도 결과를 이용하여 재료물성을 평가하는 기술
수중구조물 검사 기술	레이다 활용 구조물 건전도 검사 기술	레이다 신호를 활용하여 수중구조물의 건전성을 평가하는 기술
수중구조물 검사 기술	수중 철근탐지 기술	수중콘크리트 구조물에서 철근위치를 탐지하여 철근 깊이를 정보를 확보하는 기술
수중구조물 검사 기술	수중 구조물 부식 깊이 탐지 기술	수중콘크리트 구조물에서 철근부식 깊이를 탐지하는 기술
수중구조물 검사 기술	수중 구조물 균열 탐지 기술	수중콘크리트 또는 철골 구조물의 균열을 탐지하는 기술
수중구조물 검사 기술	수중 시료 채취 기술	수중콘크리트 구조물의 시료 채취를 위한 툴 및 샘플러 제작 기술

분야	세부기술	세부기술 개요
수중구조물 검사 기술	작업자 수중작업 매니플레이터 기술	구조물의 시료 채취 툴 및 샘플러의 운영 및 제 어기술
통합운용 기술	LBL (Long Base Line) 기술	장기선 배치 혹은 두 개의 트랜스폰더를 이용한 수중음향 위치추적 기술
통합운용 기술	SBL (Short Base Line) 기술	단기선 배치를 이용한 수중음향 위치추적기술
통합운용 기술	테더 기반 위치 인식 기술	옵티컬 센서를 내장한 광섬유를 이용하여 3차원 위치를 추정하는 기술
통합운용 기술	추측 항법 및 센서 융합 복합 위치 인식 기술	벽면 주행 시 내장 센서, IR, 바퀴, 수심, 기울기 센 서 등을 통해 위치를 추정하는 기술
통합운용 기술	RF 기반 수중 근거리 위치 인식 기술	RF 신호의 감쇄정도 측정을 통한 수중 근거리 정 밀 거리 측정 기술
통합운용 기술	고속 운동성 제어 기술	잠수정의 이동 속도를 높이기 위해 센서 정보를 바탕으로 잠수정의 위치를 강인하게 제어하는 기술
통합운용 기술	원격 작업 및 조작 제어 기술	원거리에서 작업 카메라 또는 센서 정보만을 이 용해서 잠수정 또는 로봇팔을 조작하는 기술
통합운용 기술	원격 벽면 이동 주행 조작 기술	수중 구조물에 흡착하여 바퀴 또는 트랙 방식으 로 표면을 이동하는 기술로 벽면 흡착력을 유지하 면서 직진 주행 성능을 구현하는 기술
통합운용 기술	광통신 접속 및 관리 기술	광케이블을 활용한 통신 시스템 구성 시 통신 무 결성 체크 및 모니터링 기술
통합운용 기술	RF 무선통신 기술	RF 신호를 활용한 수중 근거리 고속 무선 통신 기술
통합운용 기술	수중 무선통신 기술	초음파 또는 청록레이저를 활용한 수중 원거리 무선 통신 기술

□ 플랫폼 우선순위

- 앞에서 언급한 플랫폼제작 기술을 제외한 추진대상기술들은 수중구조물 점검용 장비를 제작하여 운용하기 위해 기술개발이 필요한 기술들로 향후 각 연구개발 단위에서 기술개발과 보완이 필요함
- 플랫폼의 제작은 외부환경요인과 필요한 진단수준에 따라 우선순위가 발생할 수 있음. 이에, 2차 기능 3가지 플랫폼(육상제어 플랫폼, 구조물 부착 플랫폼, 수중 유영 플랫폼, 단, 수중유영 플랫폼은 ROV와 AUV로 나누어서 조사)에 대한 선호도 조사를 실시함
- 20인의 전문가들에 설문조사를 실시하여 중력식 항만구조물과 잔교식 항만구조물에 대한 선호도 조사를 실시함. 1단계로 기술적 파급효과, 경제적 파급효과, 기술개발가능성, 정부지원 타당성 4가지 항목에 대한 가중치 조사를 실시함. 2단계로 4가지 안에 대해서 각 항목별로 0-5점 척도의 점수를 기재하도록 하여 구조물별로 적합한 플랫폼 형식을 조사함
- 가중치 조사의 결과는 기술적 파급효과, 경제적 파급효과, 기술개발가능성, 정부 지원 타당성 각각의 항목에 대해서 26.4%, 26.4%, 24.3%, 22.9%의 가중치가 조사됨
- 플랫폼 우선순위에 대한 0-5점 척도의 점수에 가중치를 곱하여 합한 점수로 구조물 형식별 플랫폼 우선순위를 살펴보면, 중력식 구조물의 경우에는 구조물 부착 플랫폼이 4.1점으로 선호도가 가장 높았음. 그 다음으로 ROV, AUV, 육상관절팔 구조가 3.7, 3.3, 3.2점을 조사됨. 잔교식 구조물의 경우에는 ROV 플랫폼이 4.2점으로 가장 점수가 높았고, 벽체이동기기, AUV 플랫폼, 육상관절팔 구조가 3.5, 3.4, 2.7점의 순으로 조사되었음
- 결론적으로 구조물 형식별로 다른 플랫폼이 추천되었으며, 중력식 구조물의 경우에는 구조물 부착 플랫폼, 잔교식 구조물의 경우에는 ROV 플랫폼이 가장 적합한 플랫폼 양식으로 조사되었음

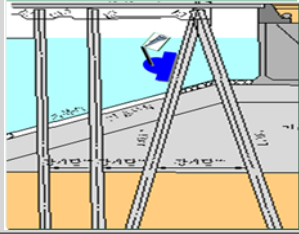
• 가중치 결과

구분	선정 평가의 주안점	가중치 (%)
기술적 파급효과	<ul style="list-style-type: none"> 개발 결과물이 항만 및 연안구조물 시공 작업에 있어 필요성이 높은가? (건설기술 연계 가능성) IT, ET, CT 등 첨단 기술과 융합하여 새로운 기술 개발이 가능한가? (첨단기술 융합 가능성) 	26.4
경제적 파급효과	<ul style="list-style-type: none"> 개발기술 성공시 기업화가 가능한가(현장 활용성이 뛰어난가)? 투자 대비 경제적 효과(선진 외국기술을 대체 및 새로운 시장 창출 등)가 있는가? 	26.4
기술개발 가능성	<ul style="list-style-type: none"> 우리나라 연구역량을 고려할 때 기술개발 가능성이 높은가? (기술개발 성공 가능성) 세계적 경쟁 우위를 확보할 가능성이 높은가? 	24.3
정부 지원 타당성	<ul style="list-style-type: none"> 사회·경제적 파급효과가 크지만 민간이 독자적으로 수행하기 어려운 미래를 대비하는 모험적 기술 분야인가? 국가 차원의 투자를 통해 경쟁력을 새로이 확보하여야 할 분야인가? 	22.9
소계	-	100

• 중력식 항만시설물

구분 번호		선정기준				가중치 환산 합계
		기술적 파급효과	경제적 파급효과	기술개발 가능성	정부지원 타당성	
1-1	육상관절팔 구조	2.7	3.0	4.4	2.9	3.2
1-2	구조물 부착 구조	4.1	4.1	4.3	4.0	4.1
1-3	ROV	3.9	3.6	3.9	3.3	3.7
1-4	AUV	3.9	3.0	3.1	3.1	3.3

• 잔교식 항만시설물

구분 번호		선정기준				가중치 환산 합계
		기술적 파급효과	경제적 파급효과	기술개발 가능성	정부지원 타당성	
1-1	육상관절팔 구조	2.4	2.9	3.0	2.7	2.7
1-2	구조물 부착 구조	3.6	3.6	3.6	3.3	3.5
1-3	ROV	4.1	4.3	4.3	3.9	4.2
1-4	AUV	4.0	3.1	3.3	3.3	3.4

□ 중점추진대상과제

- 장비 플랫폼도 적용대상 구조물에 따라 달라지므로 1가지 플랫폼에 대한 기술 개발보다는 2가지이상의 플랫폼에 대한 연구개발을 추진하는 것이 적당함
- 도출된 세부추진대상기술을 포함하는 연구개발사업 구성

제1세부과제 : 수중구조물 점검용 플랫폼 제작 기술 개발

세부분야	세부개발기술
육상제어 플랫폼 기술 개발	장시간 관절팔 설계/제작 기술
	육상 장치이동 기술
구조물 부착 플랫폼 기술 개발	Crawling 형식 부착이동 기술
	Rolling-Suction 형식 부착이동 기술
	프로펠러 형식 부착이동 기술
	로봇팔 이용 부착이동 기술
수중 유영 플랫폼 기술 개발	ROV 형식 유영기술
	AUV 형식 유영기술
수중작업 매니플레이터 기술 개발	검사센서의 플랫폼 부착기술
	잠수부 케이지 및 수중작업편의 장치 기술
	수중 육안 검사용 매니플레이터 조작 기술

제2세부과제 : 수중구조물 점검용 검사 장치 기술 개발

세부분야	세부개발기술
외관모니터링 기술 개발	수중 구조물 외관인식 기술
	수중 구조물 손상인식 기술
	비초음파 수중 센서 기술
	센서융합형 3D수중레이더기술
	근거리 수중 레이저 기반 외관검사 기술
비파괴 검사 기술 개발	벽면 이물질 제거 기술
	비파괴검사기기 방수 기술
	수중 반발경도 재료물성 검사 기술
	수중 초음파속도 재료물성 검사 기술
	레이다 활용 구조물 건전도 검사 기술
	수중 철근탐지 기술
	수중 구조물 부식 깊이 탐지 기술
	수중 구조물 균열 탐지 기술
시료샘플링 기술 개발	수중 시료 채취 기술
	작업자 수중작업 매니플레이터 기술

제3세부과제 : 수중구조물 점검용 장비 통합 운용 기술 개발

세부분야	세부개발기술
장비 위치인식 기술 개발	LBL (Long Base Line) 기술
	SBL (Short Base Line) 기술
	테더 기반 위치 인식 기술
	추측 항법 및 센서 융합 복합 위치 인식 기술
	RF 기반 수중 근거리 위치 인식 기술

세부분야	세부개발기술
장치 원격제어 기술 개발	고속 운동성 제어 기술
	원격 작업 및 조작 제어 기술
	원격 벽면 이동 주행 조작 기술
통신 네트워크 기술 개발	광통신 접속 및 관리 기술
	RF 무선통신 기술
	수중 무선통신 기술

4 연구개발사업 추진 전략

4.1 연구개발사업의 구성체계

가. 사업단/연구단/일반과제 비교

- R&D 사업의 운영 방식은 목적이나 형태 등에 따라 사업단 또는 연구단 방식과 일반연구개발사업으로 추진할 수 있음
- 사업단은 별도의 법인으로 운영되는 반면, 연구단은 중대형 핵심기술 개발을 위해 연구책임자가 별도의 연구단을 구성하여 운영하는 방식임
- '항만시설물 점검용 장비 기술 개발'의 경우에는 국토해양부 소관 연구개발사업 운영 규정 및 운영지침에 따라 사업단 또는 연구단의 형태, 또는 일반 연구개발 사업으로 추진할 수 있음.
- 각각의 연구추진체계의 특징 및 장단점은 다음과 같음

[사업단과 연구단의 특징 비교]

	사업단	연구단
목적	대형 연구개발사업 관리의 특수성이 인정되며, 별도의 관리가 필요한 경우 수립	중대형 핵심기술 개발을 위해 유사 세부과제가 유기적으로 연계된 연구개발과제를 수행
운영형태	법인 또는 독립된 형태로 운영 ※ 국토해양부 승인 후 민법상의 비영리 법인으로 설립	주관연구기관 하에 연구책임자가 별도의 연구단을 구성하여 운영
장점	전문기관의 장은 사업단의 독립적인 운영을 보장하고 연구기간 동안 사업단장에게 사업단의 운영·관리에 전념할 수 있도록 최대한의 자율성을 부여 (세부과제 선정권한)	세부과제 선정 시 전문기관과의 협의 후 결정 (사업단 보다 자율성 미약)
단점	사업단장은 단장으로 선정된 이후에는 당해 사업단 과제 이외에 새로운 과제에 참여할 수 없음	연구단장은 단장으로 선정된 이후에는 당해 연구단 과제 이외에 새로운 과제에 참여할 수 없음

[연구추진체계의 장단점 비교]

	1개 사업단/연구단 운영	일반 연구개발사업
개념	<ul style="list-style-type: none"> - 1개의 사업단/연구단 아래에 과제를 총괄하는 1개 핵심(세부)과제를 비롯하여 총 3개의 핵심(세부)과제 - 여기서 사업단의 경우 핵심과제로, 연구단의 경우 세부과제로 배치 	<ul style="list-style-type: none"> - 현재 KIMST의 연구사업 중 하나의 사업 내에 첨단항만건설 기술개발 사업의 일반과제로 운영 - 일반과제로 추진하지만, 각 세부기술분야별로 각각의 전문 연구기관들이 연구추진.
장점	<ul style="list-style-type: none"> - 핵심(세부)과제간 개발상품의 추진 전략을 수립하는데 용이함. - 전략개발상품에 대한 실용화/상용화 가능성을 극대화시킬 수 있음. - 중복투자 가능성을 배제하여 예산 집행의 효율성을 꾀할 수 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> - 연구 예산 규모의 조정이 상대적으로 용이함. - 사업 운영 및 관리 차원에서 상대적으로 용이함 - 첨단항만건설기술개발 사업의 연구개발사업 취지에 부합하는 연구
단점	<ul style="list-style-type: none"> - 예산 규모가 큼 - 사업단/연구단 운영 체계가 복잡하고 관리가 어려울 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> - 상대적으로 소규모 예산 집행

나. 제안 연구개발사업 구성체계

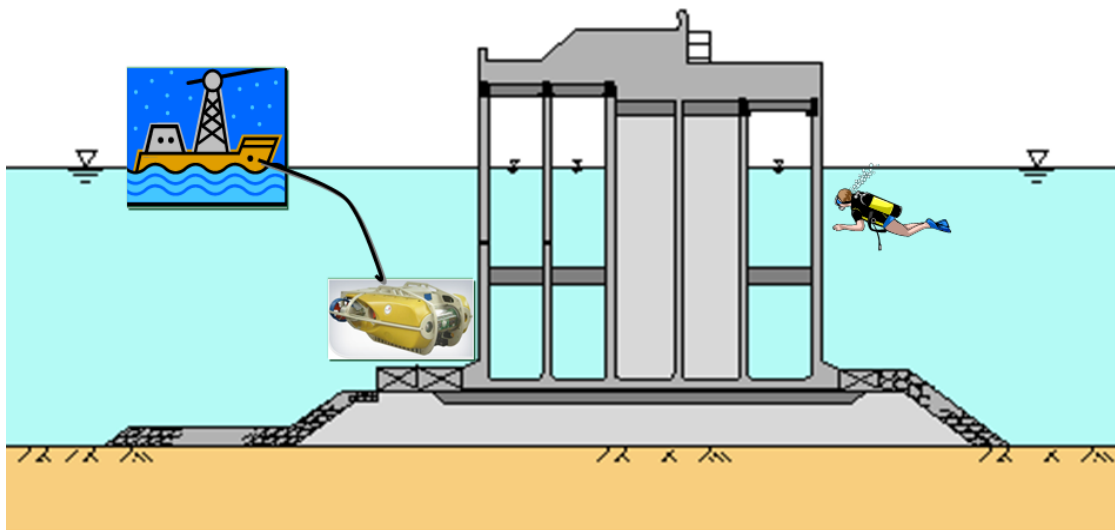
- 시장규모와 과제수행 연구개발예산 수준을 고려하면, 사업단이나 연구단을 구성하는 대형연구개발사업보다는 **첨단항만건설기술개발 사업내의 일반과제로 추진하는 것이 바람직한 것으로** 판단됨.
- 점검장비 기술개발은 기계공학, 토목공학, 전자공학, 해양공학 등 다양한 학문분야의 통합된 연구가 필요하므로, 각 세부기술분야별로 각각의 전문 연구기관들이 연구를 추진하는 것이 바람직한 것으로 판단됨.
- 이에, 3분야로 연구주제를 나누어 연구를 추진하는 것을 제안함.

연구개발과제	
과제명	항만시설물 점검용 장비 기술 개발
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="width: 30%; border: 1px solid black; padding: 5px;">협 동 연 구 기 관</div> <div style="width: 30%; border: 1px solid black; padding: 5px;">협 동 연 구 기 관</div> <div style="width: 30%; border: 1px solid black; padding: 5px;">협 동 연 구 기 관</div> </div>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="width: 30%; border: 1px solid black; padding: 5px;">담당 연구개발 내용</div> <div style="width: 30%; border: 1px solid black; padding: 5px;">담당 연구개발 내용</div> <div style="width: 30%; border: 1px solid black; padding: 5px;">담당 연구개발 내용</div> </div>	
과 제 명	수중구조물 점검용 플랫폼 제작 기술 개발
과 제 명	수중 구조물 점검용 검사 장치 기술 개발
과 제 명	수중구조물 점검용 장비 통합 운용 기술 개발
	<ul style="list-style-type: none"> - 육상제어 플랫폼 기술 개발 - 구조물 부착 플랫폼 기술 개발 - 수중 유영 플랫폼 기술 개발 - 수중작업 매니플레이터 기술 개발
	<ul style="list-style-type: none"> - 외관모티터링 기술 개발 - 비파괴 검사 기술 개발 - 시료샘플링 기술 개발
	<ul style="list-style-type: none"> - 장비 위치인식 기술 개발 - 장치 원격제어 기술 개발 - 통신 네트워크 기술 개발 - 수중영상확보 기술 개발

4.2 연구목표 및 범위

가. 연구목표

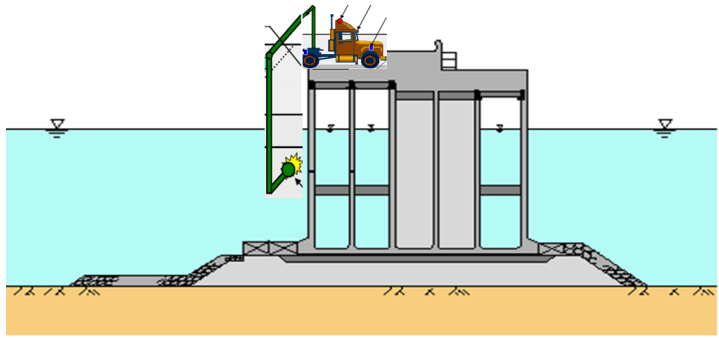
- 수중구조물의 효율적인 유지관리를 통한 비용 절감 및 안전성 증대를 위한 목적으로 수중 구조물의 상태진단 및 유지관리를 기계화 장비를 개발하고 실용화함
 - 수심 20m이상에서도 수중구조물의 점검이 가능한 기계화 장비 개발
 - 수중구조물 검사 장치(외관 인식 및 손상탐지 시스템, 비파괴 검사 시스템) 개발
 - 수중구조물 점검용 장비 통합 운용 기술 개발
 - 현장 실행역 검증실험을 통한 점검용 기계화 장비 성능평가 및 실용화/상용화

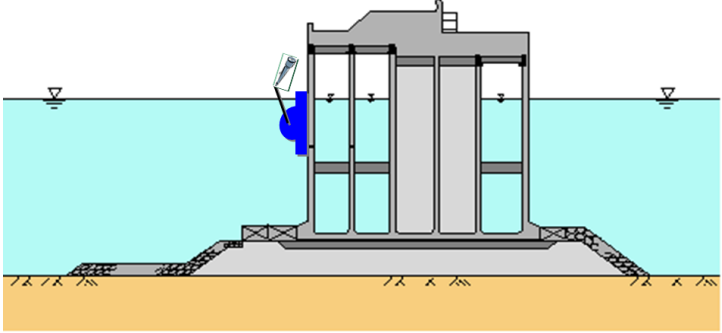
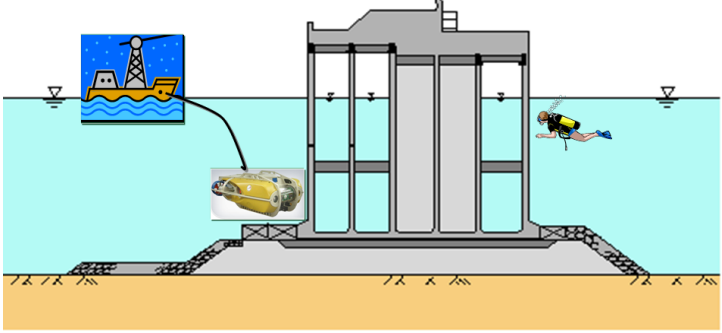


[진단장비에 의한 수중부 진단]

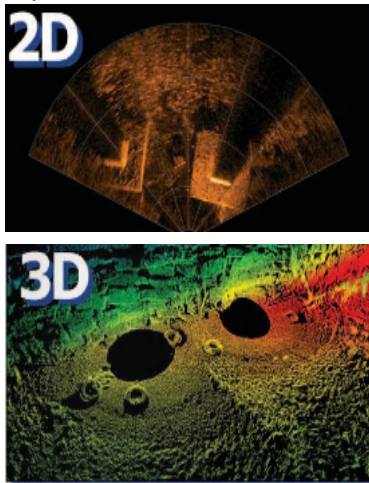
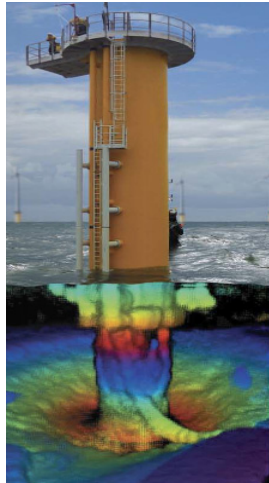
나. 연구범위

- 각 세부과제들의 연구범위는 다음과 같음

구분	과제명	연구범위
1세부과제	수중구조물 점검용 플랫폼 제작 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 구조물별 요구 플랫폼이 달라짐으로 적용대상 구조물과 사용환경에 적합한 플랫폼 개발 • 중력식 항만구조물의 경우에는 구조물 부착 플랫폼을 최우선 추천. 또한, 육상제어 플랫폼과 ROV도 사용될 수 있음 • 잔교식 항만구조물의 경우에는 ROV 플랫폼을 최우선 추천. 또한, 육상제어 플랫폼과 구조물 부착이동 플랫폼도 사용될 수 있음 • 수중작업 매니플레이터 기술은 플랫폼 선택에 관계없이 적합한 형태로 개발 필요
1-1	육상제어 플랫폼 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 관절팔 장시간화에 따른 힘강성 증대 기술, 관절팔 안전성 및 장비 전도 안전성 확보 기술 • 방파제 및 연안 구조물 접근 가능 장치 이동 기술 
1-2	구조물 부착 플랫폼 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 수중구조물 표면에 crawling 형식으로 부착하여 이동하는 기술 • Suction을 통해 수중구조물 표면에 부착하고 Rolling을 통해 이동하는 기술 • 프로펠러 추력을 이용하여 부착력을 증가하거나 이동하는데 활용하는 기술 • 육상제어 플랫폼의 로봇팔을 이용하여 수중구조물 표면에 검사 장비를 부착시키거나 이동하는 기술

구분	과제명	연구범위
		
1-3	수중 유영 플랫폼 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 원격조정에 의해 계측 장비를 점검하고자 하는 장소에 위치하는 기술 • 계측 장비를 점검하고자 하는 장소에 로봇의 지능에 의해 위치하는 기술 
1-4	수중작업 매니플레이터 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 검사 신뢰성확보를 감안하여 검사센서를 수중 매니플레이터에 부착하는 기술 • 점검장비와 잠수부의 Co-work에 있어 안전성, 편의성, 효율성을 높이는 장치 기술 • 육안 검사용 센서(수중카메라 등)의 운용 효율성을 높일 수 있도록 센서의 위치, 제세 등을 제어하는 기술

구분	과제명	연구범위
2세부과제	수중구조물 점검용 검사 장치 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 수중구조물의 외관 모니터링 기술 개발 • 수중구조물의 손상을 탐지할 수 있는 기술 개발 • 수중구조물에 대한 기존 육상 비파괴 장비 활용 기술 개발 • 수중구조물에 대한 신개념 비파괴 검사 시스템 기술 개발 • 수중구조물에서 시료를 채취할 수 있는 기술 개발

구분	과제명	연구범위
2-1	외관모니터링 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 2D, 3D 초음파 영상을 이용하여 수중구조물의 외관을 인식하고 3D로 주변 지형 및 구조물에 매핑하는 기술 • 초음파 영상을 분석하여 수중구조물 손상부를 인식하는데 소요되는 기술 • 비초음파 수중용 센서 관련 기술(물리, 화학 계측센서) • 센서융합을 통한 수중항법 정보와 3D 초음파 이미지를 소나를 연동하여 매핑하는 기술 • 수중용 LIDAR를 이용 수중 구조물의 외관을 인식하는 기술  
2-2	비파괴 검사 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 수중구조물에 대한 비파괴검사를 수행하기 위해 구조물 표면에 부착되어있는 해조류나 부착생물을 제거하는 기술 • 육상에서 사용되는 반반경도용 슈미트 해머와 초음속도 측정 진단자들에 대한 방수 케이싱 기술 • 수중에서 측정된 반발경도 결과를 이용하여 재료물성을 평가하는 기술 • 수중에서 측정된 초음파속도 결과를 이용하여 재료물성을 평가하는 기술 • 레이더 신호를 활용하여 수중구조물의 건전성을 평가하는 기술 • 수중콘크리트 구조물에서 철근위치를 탐지하여 철근 깊이를 정보를 확보하는 기술 • 수중콘크리트 구조물에서 철근부식 깊이를 탐지하는 기술 • 수중콘크리트 또는 철골 구조물의 균열을 탐지하는 기술

구분	과제명	연구범위
		 
2-3	시료샘플링 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 수중콘크리트 구조물의 시료 채취를 위한 툴 및 샘플러 제작 기술 • 구조물의 시료 채취 툴 및 샘플러의 운영 및 제어기술

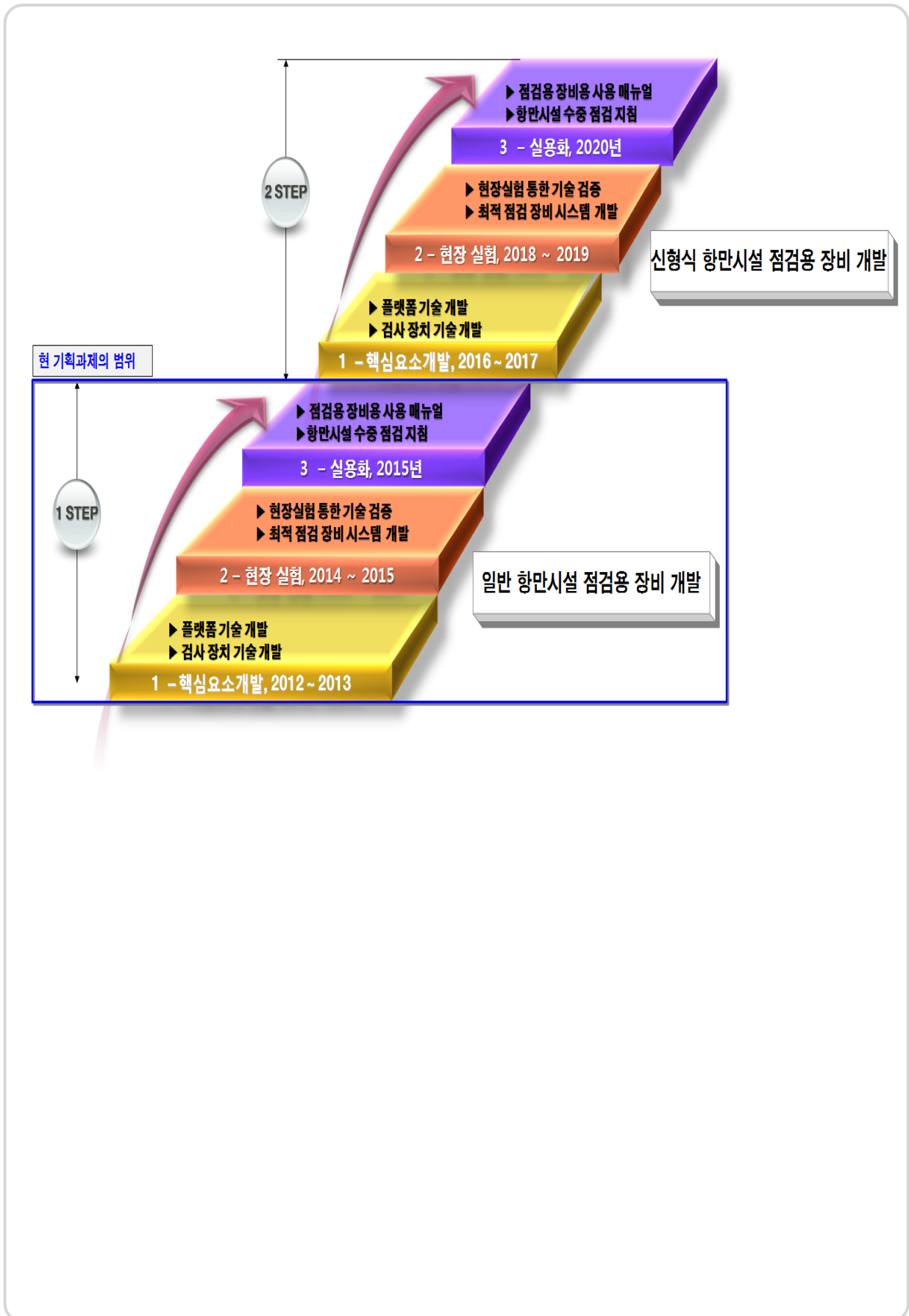
구분	과제명	연구범위
3세부과제	수중구조물 점검용 장비 통합 운용 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 장비의 위치를 인식하고 원격제어가 가능한 기술 개발 • 수중 무선 통신을 통한 장비를 제어하는 기술 • 수중영상확보하여 장비를 운용하는 기술 개발
3-1	장비 위치인식 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 장기선 배치 혹은 두 개의 트랜스폰더를 이용한 수중음향 위치추적 기술 • 단기선 배치를 이용한 수중음향 위치추적기술 • 옵티컬 센서를 내장한 광섬유를 이용하여 3차원 위치를 추정하는 기술 • 벽면 주행 시 내장 센서, IR, 바퀴, 수심, 기울기 센서 등을 통해 위치를 추정하는 기술 • RF 신호의 감쇄정도 측정을 통한 수중 근거리 정밀 거리 측정 기술
3-2	장치 원격제어 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 잠수정의 이동 속도를 높이기 위해 센서 정보를 바탕으로 잠수정의 위치를 강인하게 제어하는 기술 • 원거리에서 작업 카메라 또는 센서 정보만을 이용해서 잠수정 또는 로봇팔을 조작하는 기술 • 수중 구조물에 흡착하여 바퀴 또는 트랙 방식으로 표면을 이동하는 기술로 벽면 흡착력을 유지하면서 직진 주행 성능을 구현하는 기술

구분	과제명	연구범위
3-3	통신 네트워크 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 광케이블을 활용한 통신 시스템 구성 시 통신 무결성 체크 및 모니터링 기술 • RF 신호를 활용한 수중 근거리 고속 무선 통신 기술 • 초음파 또는 청록레이저를 활용한 수중 원거리 무선 통신 기술

4.3 추진전략 및 로드맵

가. 추진전략

- 우리나라는 항만시설의 25% 이상이 1960~1970년대에 개발된 것으로서 항만시설물의 노후화가 빠르게 진전되고 있는 실정임. 2011년 8월에 발생한 태풍, 무이파에 의해 파손된 가거도 방파제는 건설 후 30년이 경과한 구조물로서, 항만구조물 유지관리의 중요성을 보여줌. 기존에 압축성장기에 대규모로 건설된 항만들은 사용연수가 증가함에 따라 구조물의 노후화가 진행되고 있어 기존 항만시설물의 진단과 유지관리의 중요성은 날로 증가하고 있음. 따라서, 항만시설물 점검에 대한 기술을 확보하는 것은 매우 중요한 국가 현안임
- 최근 항만물동량 처리 효율성의 증가와 친환경적 항만(Green Port) 구축의 필요성 증대에 따라 전통적인 방파제와 안벽 형태와는 다른 다양한 형태의 항만시설물이 증가하고 있음. 즉, 항만에서의 신재생에너지의 활용 증대에 따라 풍력타워, 플랜트 구조물, 조력 발전 구조물, 파력발전구조물 등이 건설 중이거나 건설이 예정되어 있음. 또한, 항만 고유기능의 효율성 증대를 위해, 부유식 안벽(하이브리드 안벽시스템)과 침매터널 등이 시공되었거나 계획 중임. 따라서, 다양한 항만시설물이 증가됨에 따라 기존 시설물과는 차별화된 유지관리 기법이 필요
- 항만시설물 중에서 일반적인 구조형태인 중력식 안벽, 잔교식 안벽, 케이슨식 방파제 등 에 대한 점검용 기계화 장비 개발을 우선적으로 추진 (1단계 연구). 2단계 연구에서는 통상적인 항만시설물 이외에 항만 경계내에 건설되는 해상풍력, 조력발전구조물, 파력발전구조물, 침매터널, 부유식 안벽 등에 대한 진단이 가능한 점검용 장비의 개발 추진 필요. 2단계 연구가 추진될 경우에는 1단계에서 가시적인 연구성과가 발생한 이후에 2단계 연구타당성을 검토하기 위한 기획연구가 필요.



나. 로드맵

- 항만시설물 중에서 일반적인 구조형태인 중력식 안벽, 잔교식 안벽, 케이슨식 방파제 등 에 대한 점검용 기계화 장비 개발을 위한 로드맵



4.4 연구결과물의 목표성능 및 성과지표

가. 목표성능

- 대표적인 항만시설물인 중력식 및 잔교식 구조물 형태에 대한 플랫폼 장비의 목표성능을 제시하고자 함
- 중력식 구조물에 대해서 가장 선호도가 높았던 구조물 부착 플랫폼 진단장비에 대한 목표성능과 잔교식 구조물에 대해서 가장 선호도가 높았던 수중 유영 플랫폼(ROV 형태)에 대한 목표성능을 제시하고자 함
- 목표성능을 제시하기 위해서는 잠수부에 의한 수중 구조물 진단에 대한 상세를 파악하는 것이 중요함
- 중력식 구조물의 경우 일반적으로 15m의 수심에서는 잠수사들이 일일 3시간의 작업이 가능함. 그런, 수심이 30m로 증가하면 작업시간은 일 30분 이내로 감소. 잠수사 2인과 보조 1인으로 구성된 1팀이 15m 수심의 중력식 구조물에 대해 검사할 수 있는 일일 면적은 약 $1,000\text{m}^2$ (수심 15m x 길이 67m)임. 작업은 외관조사가 주가 되며, 패류제거, 비파괴 시험(초음파 속도법)도 필요에 따라 시행함. 중력식 구조물 $1,000\text{m}^2$ 의 수중부에 대한 진단을 위해서는 900만원정도(국토해양부 고시 제2009-787호 일위대가표 기준)의 예산이 소요됨
- 잔교식 구조물의 경우 일반적으로 15m의 수심에서는 일일 2시간의 작업이 가능함. 중력식은 같은 수심을 움직이며 조사가 진행되지만 잔교식은 파일별로 조사가 진행되어 수심변화가 심해 일일 작업시간이 줄어듦. 수심이 30m로 증가하면 작업시간은 일 20분 이내로 감소. 잠수사 2인과 보조 1인으로 구성된 1팀이 15m 수심의 잔교식 구조물에 대해 검사할 수 있는 일일 파일갯수는 약 20개. 작업은 외관조사가 주가 되며, 패류제거, 비파괴 시험(강관두께 측정), 방식용 아연잔량 측정 등임. 잔교식 구조물의 수중부에 대한 진단을 위해서는 일일 900만원정도(국토해양부 고시 제2009-787호 일위대가표 기준)의 예산이 소요됨

- 잠수부에 의한 진단현황과 기존 구조물 부착 플랫폼 성능현황을 바탕으로 중력식 구조물을 위한 부착 플랫폼 진단장비의 목표성능을 다음의 표와 같이 선정. 수심 15 m에서는 잠수부 작업대비 1.5배의 효율. 수심 30 m에서는 잠수부 작업이 거의 불가능하지만 기계화장비는 수심 15 m에서와 동일한 작업면적을 가지도록 함

[구조물 부착 플랫폼 진단장비 목표 성능]

성능항목	목표성능	잠수부 작업능력
작업수심	30 m 이상	20 m 이하
작업조건	WMO Sea State Code 1 - 2	잔잔한 파고
작업내용	외관상태 및 손상탐지 비파괴 검사(반발경도법 또는 초음파 속도법)	좌동
일일 작업면적 (수심 15m)	1,500 m ² (수심 15 m x 길이 100 m)*	1,000 m ²
일일 작업면적 (수심 30m)	1,500 m ² (수심 30 m x 길이 50 m)**	작업시간 감안 시 작업 어려움
외관진단 작업속도 (최대이동속도)	5 m/min (10 m/min)	-
이동정밀도	1 m 이하	-
장애물극복능력	단차 10 cm 이상	-
조류극복능력	3 knots 이상	-
수중탁도작업	최대 6.5 NTU	-

* 작업이동거리 : 수심 1 m 당 횡방향으로 100 m 이동 또는 길이 1 m당 종방향으로 15 m 이동. 총 1500 m (15 x 100) 이동

** 작업이동거리 : 수심 1 m 당 횡방향으로 50 m 이동 또는 길이 1 m당 종방향으로 30 m 이동. 총 1500 m (30 x 50) 이동

- 잠수부에 의한 진단현황과 기존 수중유영 플랫폼(ROV) 성능현황을 바탕으로 잔고식 구조물을 위한 부착 플랫폼 진단장비의 목표성능을 다음의 표와 같이 선정. 수심 15 m에서는 잠수부 작업대비 1.5배의 효율. 수심 30 m에서는 잠수부 작업이 거의 불가능하지만 기계화장비는 일일 20개의 파일작업이 가능하도록 함

[수중유영(ROV) 플랫폼 진단장비 목표 성능]

성능항목	목표성능	잠수부 작업성능
작업수심	30 m 이상	20 m 이하
작업조건	WMO Sea State Code 1 - 2	잔잔한 파고
작업내용	외관상태 및 손상탐지 비파괴 검사(초음파 속도법)	좌동
일일 작업파일 갯수 (수심 15m)	30개	20개
일일 작업파일 갯수 (수심 30m)	15개	작업시간 감안 시 작업 어려움
최대이동속도	3 knots	-
이동정밀도	20 cm 이하	-
선수각위치정밀도	±5도	-
운동능력	4자유도 운동	-
수중탁도작업	최대 6.5 NTU	-

나. 성과지표

- 과제 진행을 통한 성과지표별 예상 목표치는 다음과 같음

성과목표	성과지표	목표치	가중치	소계
기술적효과	특허출원/등록	15	0.16	0.20
	실용신안 출원/등록	1	0.02	
	소프트웨어 등록	1	0.02	
학술적효과	국내외 학술지 게재	10	0.08	0.15
	국내외 학술회의 발표	15	0.07	
공공적 효과	설계기준, 시방서 지침에 제안	1	0.07	0.07
연구개발 관련 홍보	연구개발 관련 홍보	4	0.03	0.03
현장시험	시제품 출시	2	0.1	0.2
	현장시험	3	0.1	
연구성과 현장적용에 의한 비용 절감효과	현장적용에 의한 비용절감효과	20%	0.1	0.1
기술실시계약 및 사업화	기술실시계약	1	0.1	0.2
	사업화/시제품	1	0.1	
	합계		1	1

4.5 소요예산

- 연구과제의 소요예산은 총 65.33억원(정부 49.0억, 민간 16.33억)으로 도출하였으며, 민간부담금은 전체 예산의 약 25% 수준임.

□ 연차별 연구비 총괄표

(단위 : 백만원)

년도	정부출연금	민간부담금	합계	민간부담금 비율
1차년도	700	233	933	25%
2차년도	1,000	333	1,333	
3차년도	1,200	400	1,600	
4차년도	1,500	500	2,000	
5차년도	500	167	667	
총계	4,900	1,633	6,533	

□ 세부과제 비목별 연구비

(단위 : 천원)

항 목	연도	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	구 성 비
		2012	2013	2014	2015	2016		
	비목	금액	금액	금액	금액	금액	금액	
	내부인건비	158,610	226,610	272,000	340,000	113,390	1,110,610	17.0%
	외부인건비	94,233	134,633	161,600	202,000	67,367	659,833	10.1%
	소계	252,843	361,243	433,600	542,000	180,757	1,770,443	27.1%
직 접 비	연구장비 ·재료비	406,788	581,188	697,600	872,000	290,812	2,848,388	43.6%
	연구활동비	60,645	86,645	104,000	130,000	43,355	424,645	6.5%
	연구수당	36,387	51,987	62,400	78,000	26,013	254,787	3.9%
	소계	503,820	719,820	864,000	1,080,000	360,180	3,527,820	54.1%
위탁연구개발비		111,027	158,627	190,400	238,000	79,373	777,427	11.9%
간접비		65,310	93,310	112,000	140,000	46,690	457,310	7.0%
연구개발 비총액	현금	723,075	1,033,075	1,240,000	1,550,000	516,925	5,063,075	77.5%
	현물	209,925	299,925	360,000	450,000	150,075	1,469,925	22.5%
	총액	933,000	1,333,000	1,600,000	2,000,000	667,000	6,533,000	100%

5 연구개발사업 타당성 분석

5.1 정책적 타당성

가. 국가 전략적 중요성

- 항만은 우리나라 수출입화물의 90%이상을 처리하고 있으며, 2002년 기준으로 항만과 관련된 물류비용은 약 20조원으로 전체물류비용의 27%를 차지하고 있음. 하지만, 현재 우리나라는 항만시설의 25% 이상이 1960~1970년대에 개발된 것으로서 항만시설물의 노후화가 빠르게 진전되고 있는 실정임.
- 기존에 압축성장기에 대규모로 건설된 항만들은 사용연수가 증가함에 따라 구조물의 노후화가 진행되고 있어 기존 항만시설물의 진단과 유지관리의 중요성은 날로 증가하고 있음.
- 선진국의 사례를 살펴보면, 국가 토목 투자비 중에서 유지보수 부분이 차지하는 비중이 30%이상이고 특히 이탈리아와 같은 경우에는 50% 이상임. 국내에서는 항만예산 중에서 유지관리 비용이 10%미만을 차지하고 있지만, 점차로 그 비중이 증가하여 선진국과 유사한 수준이 될 것으로 예측되며, 항만시설물 점검에 대한 기술을 확보하는 것은 매우 중요한 국가 현안임.
- 2008년도 11월에 발표한 “이명박 정부의 과학기술 기본계획” 2009년도 시행계획을 보면, 7대 기술 분야에 집중육성을 위하여 총 4조 6,282억 원이 투자되며, 이 중 1조 1,923억 원을 신성장 동력 발굴에 사용하도록 명시하고 있어 미래사회에 발전을 이끌어갈 산업을 발굴하고자 노력 중임.
- 정부에서는 국가과학기술위원회의 「국가융합기술 발전 기본계획('09~'13)」 2011년도 국가융합기술 발전 시행계획(안)에서 건설·물류 등 전통산업에 신기술 접목을 통해 고도화 추진하기로 함.
- 지능형 로봇 기본계획(안)에 따르면 수중로봇은 향후 10년 이내에 기술선도형 분야로 부각될 것임을 제시함.
- 미국, 유럽, 일본 등에서도 미래의 신성장 동력으로서 각 부처 주도로 전문 로봇 개발에 많은 예산을 투입하고, 있으며, 향후 우리나라의 새로운 발전 산업 발굴 및 국가 경쟁력 확보를 위한 기술임.

나. 상위 계획과의 부합성

- 2020 해양과학기술 로드맵의 해양장비 로드맵에서 '항만시설물 점검용 장비 기술개발은' 해양구조물시공/유지보수 수중로봇 기술과 직접적으로 연계됨. 본 연구과제의 과업기간인 2012년~2016년까지는 항만시설물 진단로봇기술개발, 그 이후에는 신형식 항만시설물 진단과 수중보수 로봇기술 개발로 전개 가능
- 국토해양부는 2009년도의 3대 핵심 정책과제로 경제위기 조기극복, 물과 함께 하는 국토 재창조, 녹색성장과 신성장동력 확충 등으로 정하고, 이 중 신성장동력 확충의 세부 목표인 '건설기술력 제고 및 공간정보 산업 육성'의 일환으로 로봇 시공기술 등 첨단 융·융복합 건설기술 개발에 대한 지원을 대폭 확대할 계획을 발표하였음.
- 1999년 국토해양부 첨단항만건설기술개발사업에 대한 법적 근거를 마련하고, 이를 체계적으로 수행하기 위하여 「중장기 항만기술 발전 기본계획」이 수립된 바 있으며, 동 계획은 2006년 「중장기 항만기술 발전 기본계획(변경)」을 통하여 변화된 국제환경 등을 반영하여, 항만기술 추진전략을 "기초 및 기반기술 개발 전략", "실용화 기술 개발 전략", "사업화 기술 개발 전략"의 3개 전략으로 재구분하고, 이들에 대하여 "항만물류기술", "항만계획 및 설계기술", "항만 및 해양구조물 기술", "항만 및 해양장비 기술"의 4개 기술분야 31개 사업을 계획함.
- 2009년 1월 정부는 녹색기술산업, 첨단융합산업, 고부가서비스산업 등 3대 분야에 대하여 총 17개 신성장동력 사업을 제시한 바 있음.
- 이 중 로봇응용사업은 첨단융합산업의 하나로 포함되어 있음.
- 2009년 5월 VIP 「재정전략회의」에서 「신성장동력 종합 추진계획」을 확정하였음.
- 3대 분야 17개 신성장동력에 향후 5년간('09~'13년) 24.5조원 규모의 재정을 투입하기로 잠정 결정.
- 2009년 5월의 계획은 동년 1월 발표한 「신성장동력 비전과 전략」의 후속조치로 11개 부처가 4개월간의 작업을 거쳐 동력별·기능별 정책들을 입체적으로 망라한 정책 패키지라 할 수 있음.
- 「신성장동력 세부추진계획」(Action plan), 기술전략지도, 인력양성 종합대책, 중소기업 지원방안 등 4가지 계획으로 구성.

다. 사업 추진상의 위험 요인과 대응방안

- 최근 항만물동량 처리 효율성의 증가와 친환경적 항만(Green Port) 구축의 필요성 증대에 따라 전통적인 방파제와 안벽 형태와는 다른 다양한 형태의 항만 시설물이 증가하고 있음.
- 항만에서의 신재생에너지의 활용 증대에 따라 풍력타워, 플랜트 구조물, 조력 발전 구조물, 파력발전구조물 등이 건설 중이거나 건설이 예정되어 있으며, 항만 고유기능의 효율성 증대를 위해, 부유식 안벽(하이브리드 안벽시스템)과 침매터널 등이 시공되었거나 계획 중임.
- 다양한 항만시설물이 증가됨에 따라 기존 시설물과는 차별화된 유지관리 기법이 필요함.
- 저탄소 녹색성장을 지향하는 항만 개발과 아울러 항만 건설 및 운영의 효율성을 높이고 IT, 바이오 및 첨단 장비기술을 복합적으로 접목시켜 활용하는 Smart-Port기술개발로 항만 건설에 대한 패러다임이 전환되고 있음.
- 장대 해상 교량, 조력/조류 발전, 해저 터널 등과 같이 녹색 성장 정책기조에 부합하며 복합 해양 공간개발에 적합한 다양한 대형 해양 구조물에 대한 요구가 증가하고 있으며, 이를 해결하기 위해서는 대수심 조건에서의 열악한 외부 환경을 극복할 수 있는 첨단융합형 시공장비(수중로봇 등)의 사용은 향후 안전하고 효율적인 항만 구조물의 유지관리를 위해 필수적이며, 잠수부의 인건비 상승 및 안전을 위해 그 사용이 점차 증가할 것으로 예상됨.

라. 사업 특수 평가항목

- 항만시설물 중에서 1종은 약 70개정도이고, 2종 시설물 약 230개 정도이며, 따라서 진단과 유지관리 대상으로 분류되는 1종과 2종 항만시설물은 총 300개소 임.
- 항만시설물의 진단 시장은 국가 발주분이 약 50~60억, 민간 발주분 약 30~40억으로 연간 총액으로 80~100억원의 규모.
- 항만 수중부에 대한 진단은 잠수부에 의해서 진행되어 있으나, 인원부족과 시설면적 증가에 따라 잠수부에 의한 진단 단가가 계속 상승하고 있고, 수심 20 m 정도의 영역에 대해서는 잠수부에 의한 진단이 쉽지 않은 상황임.
- 전체 항만진단 관련 시장규모에서 수중구조물에 투여되는 예산은 10~20%정도로 크지 않은 상황이나, 항만시설물 중 방파제와 안벽 같은 구조물은 면적의 70~80%가 수중에 존재하고, 수중에서 열화나 손상의 가능성이 크기 때문에 이에 대한 세밀한 진단이 필요하여 수중구조물 진단 시장의 확대 예상

- 기후변화에 따른 파고의 증대 등으로 항만 외곽시설의 규모가 커지고 있음. 또한, 항만경계내의 해양에너지 활용을 위한 항만해상풍력 타워와 조력발전시설 등이 건설 예정임. 따라서, 수중구조물에 대한 진단시장은 선형적인 아닌 기하급수적으로 증가할 가능성이 있음.
- 수중 점검을 위한 잠부수의 인건비 상승 및 안전을 고려할 때, 향후 점검 로봇의 보급/확대는 장기적으로 비용 절감 효과를 기대할 수 있음.
- 국내 진단업체의 해외 구조물에 대한 수주실적과 능력으로 볼 때 개발된 장비가 경제성 및 현장성만 갖춘다면 해외 수주를 통한 진출이 용이할 것으로 판단되며, 이와 같은 실적을 통하여 장비의 수출 판로도 개척될 것으로 기대됨.

5.2 경제적 타당성

□ 경제적 타당성 분석의 전제 조건

- 경제성 분석을 위해서는 우선 사회적 할인율, 분석기간, 기준연도가 정의되어야 함.
- 사회적 할인율(discount rate)
 - 사업수행에 대한 경제적 타당성 분석의 시점은 일정하게 이루어져야 함.
 - 사회적 할인율은 물가상승률 외에 사회적인 각종 요소가 반영되기 때문에 추정이 쉽지 않음. KDI(2008) [예비타당성조사 일반지침 제5판]에서 제시하는 적정 사회적 할인율인 5.5%를 사용하는 것이 적당할 것으로 판단됨.
 - 따라서 본 연구사업의 경제적 타당성 분석에서는 5.5%의 사회적 할인율을 적용함.
- 분석기간(planning horizon)
 - 본 연구사업 기간은 2012년(2011년 12월)~2016년(2016년 12월)의 5년간임.
 - KISTEP(2011) [예비타당성조사를 위한 지식기반 및 분석시스템 구축]는 미국 등록 특허 인용정보를 이용하여 IPC(International Patent Classification)별 기술수명주기(TCT)를 산정함.
 - KISTEP의 IPC 체계에 따르면 IPC 분류 중 F16 '기계요소 또는 단위: 기계 또는 장치의 효율적 기능을 발위하고 유지하기 위한 일반적인 수단'이 본 과제와 가장 밀접함. F16의 TCT는 13년이므로 본 과제개발 장비의 TCT도 13년으로 설정하는 것이 적당함.
 - 즉 연구사업 완료(2016년) 후 2017년~2029년까지 13년간 본 연구사업의 기술에 따른 편익이 발생한다고 가정할 수 있음.
 - 본 연구사업의 경제성 분석기간(planning horizon)은 본 과제 연구기간인 2012년~2016년과 과제완료 후 13년간의 TCT를 포함함.
 - 즉 본 연구사업의 경제적 타당성 분석기간은 2012년~2029년의 총 18년간임.
- 기준연도(base year)
 - 사업수행에 대한 경제성 분석의 시점은 일정하게 이루어져야 함.
 - 경제성 분석의 기준이 되는 연도를 기준연도(base year)라고 하며 KDI(2008) [예비타당성조사 일반지침 제5판]에서는 분석이 의뢰된 전년도에 기말을 기준하고 있음.
 - 이에 따라 본 연구사업의 경제성 분석의 기준시점을 본 보고서 작성 시점의 전년도 말에 해당되는 2010년 12월로 설정함.

□ 비용 추정

- 본 연구사업은 2012년(2011년 12월)~2016년(2016년 12월)의 5년간임.
- 여기서의 경제성 평가는 본 연구사업에 대한 경제적 타당성 평가임. 따라서 경제성 평가에서 비용은 본 연구사업의 연구개발비로 정의함.
- 비용 추정 결과는 다음과 같음.

[비용 추정 결과]

(단위: 억원)

연도	비용	비용의 현재가치
2012	9	8
2013	13	11
2014	16	13
2015	20	15
2016	7	5
합계	65	53

□ 편익의정의

- 일반적으로 사업의 편익은 크게 직접편익과 간접편익으로 나눌 수 있음.
- 본 연구사업의 경제성 평가에서는 연구사업의 수행으로 인한 경제적인 편익 중에서 정량적으로 측정할 수 있고, 객관적 화폐가치를 산출할 수 있는 직접편익만을 고려하기로 함.
- 본 연구사업의 항만시설 점검용 장비의 직접적 시장은 국내 항만수중진단 시장임.
- 간접적 시장은 항만시설 점검용 장비의 응용이 가능할 것으로 보이는 국내 댐·교량 수중진단 시장임.
- 본 연구사업 경제성 평가의 직접적 시장 범위에서 해외 항만 수중진단 시장을 제외하였음.
 - 간접적 목표대상이 될 수 있는 해외시장의 경우 신뢰성 있는 예측 결과를 얻기가 상당히 어렵기 때문임. 이를 포함시킬 경우 오히려 경제성 평가결과에 대한 신뢰성을 저해할 가능성이 큼.
 - 또한 국내 시장에서 경제성이 없을 경우 장비의 안정적인 도입 및 활성화가

어려울 것이며 이럴 경우 현실적으로 해외시장에서의 마케팅이 어려울 것으로 예상되기 때문임.

- 따라서 본 연구사업의 경제성 평가에서의 편익은 본 연구사업이 직접적인 목표로 하는 국내 항만 수중진단 시장과 간접적 목표로 하고 있는 국내 댐·교량 수중진단 시장에서 발생하는 편익에 한정함.

□ 항만 수중진단시장 추정

- 전문가 설문조사결과
 - 항만안전진단비는 2011년 기준으로 100억원임. 항만안전진단비 중 수중진단비의 비중은 2011년 기준으로 10%임.
 - 항만안전진단비의 추이는 2011년~2016년 동안 매년 20억씩 증가, 2016년~2021년 동안 매년 30억씩 증가, 2021년 이후는 물가상승률 (3%) 정도만 증가할 것으로 예상됨.
 - 항만안전진단비 중 수중진단비의 비중은 2011년~2016년 동안 매년 2%씩 증가, 2016년~2021년 동안 매년 3%씩 증가, 2021년 이후는 35%에서 고정될 것으로 예상됨.
- 물가상승률 3%는 KDI(2008)의 [예비타당성조사를 위한 지식기반 및 분석시스템 구축]에 근거하여 설정함. 전문가 설문조사결과 바탕 항만 수중진단시장 추정 결과를 다음과 같이 정리함.

[항만 수중진단시장 추정 결과]

(단위: 억원)

연도	항만안전진단비 (경상가)	항만안전진단비 중 수중진단비 비중 (%)	항만수중진단 시장(경상가)	현재가치
2011	100	10	10	9
2012	120	12	14	13
2013	140	14	20	17
2014	160	16	26	21
2015	180	18	32	25
2016	200	20	40	29
2017	230	23	53	36
2018	260	26	68	44
2019	290	29	84	52
2020	320	32	102	60
2021	350	35	123	68

연도	항만안전진단비 (경상가)	항만안전진단비 중 수중진단비 비중 (%)	항만수중진단 시장(경상가)	현재가치
2022	361	35	126	66
2023	371	35	130	65
2024	382	35	134	63
2025	394	35	138	62
2026	406	35	142	60
2027	418	35	146	59
2028	430	35	151	57
2029	443	35	155	56
현재가치(2017년~2029년) 합				749

□ 댐 수중진단시장 추정

- 전문가 인터뷰 결과
 - 댐의 안전진단비는 댐 1개당 약 5억 정도로 추정되며 연간 평균 약 14개의 댐을 진단하는 하는 것으로 나타남.
 - 따라서 연간 댐의 안전진단시장은 2011년 기준으로 약 70억원 규모로 추정 됨.
- 2011년 기준으로 국내 SOC 유지관리 예산은 SOC 전체 예산 중 10% 수준임. SOC 유지관리 예산의 비율이 향후 10년 동안 (2021까지) 매년 11.7%씩 증가하여 2021년에는 선진국 수준인 30%로 증가할 것으로 가정함. 2022년부터는 물가상승률(3%) 정도만 증가할 것으로 가정함.
- 댐 안전진단시장도 SOC 유지관리 예산의 경향에 비례하여 2011년~2021년 동안 매년 11.7%씩 증가하여 2021년의 댐 안전진단비가 2011년 대비 3배가 될 것으로 가정함 (물가상승률 제외). 또한 2022부터는 물가상승률을 제외하면 전년도 대비 동일할 것으로 가정함.
- 항만과 마찬가지로 댐 또한 수중에 거치하는 부분이 많음으로 향후 안전진단비 중 수중진단비의 비중이 항만과 비슷한 경향으로 증가할 것으로 가정함.
- 즉, 항만 수중진단시장에 대한 전문가 설문조사에 예측된 경향처럼 댐 안전진단비 중 수중진단비의 비중은 2011년~2016년 동안 매년 2%씩 증가, 2016년~2021년 동안 매년 3%씩 증가, 그리고 2021년 이후는 35%에서 고정될 것으로 가정함.
- 댐 수중진단시장 추정 결과는 다음의 표와 같음.

[댐 수중진단시장 추정 결과]

(단위: 억원)

연도	댐 안전진단비 (불변가)	댐 안전진단비 (경상가)	댐 안전진단비 중 수중진단비 비중 (%)	댐 수중진단 시장(경상가)	현재가치
2011	70	70	10	7	7
2012	78	81	12	10	9
2013	87	93	14	13	11
2014	98	107	16	17	14
2015	109	123	18	22	17
2016	122	141	20	28	20
2017	136	162	23	37	26
2018	152	187	26	49	32
2019	170	215	29	62	38
2020	189	247	32	79	46
2021	212	284	35	100	55
2022	212	293	35	103	54
2023	212	302	35	106	53
2024	212	311	35	109	51
2025	212	320	35	112	50
2026	212	330	35	115	49
2027	212	340	35	119	48
2028	212	350	35	122	47
2029	212	360	35	126	46
현재가치(2017년~2029년) 합					595

□ 교량 수중진단시장 추정

- 전문가 인터뷰 결과
 - 교량 수중진단비는 교량 공사비의 약 0.03%로 추정됨.
 - 일반적으로 교량의 수중진단은 교량이 시공된 후 초기단계에 일회 시행함.
 - 따라서 연간 신규 교량공사 물량을 기반으로 교량 수중진단시장을 추정하는 것이 적당함.
- 2011년 기준 도로 및 교량공사 발주금액은 60,057억원임. 일반적으로 도로 및 교량공사 발주금액에서 교량공사가 차지하는 비중은 20~30%로 추정됨. 2011년 교량공사의 물량이 도로 및 교량공사 물량의 25%라 가정하면 15,014억원으로 추정됨.
- 따라서 2011년도 교량 수중진단시장은 15,014억원의 0.03%인 약 5억원 정도로 추정됨.

- 2011년 기준으로 국내 SOC 유지관리 예산은 SOC 전체 예산 중 10% 수준임. SOC 유지관리 예산의 비율이 향후 10년 동안 (2021까지) 매년 11.7%씩 증가하여 2021년에는 선진국 수준인 30%로 증가할 것으로 가정함. 또한 2022년부터는 물가상승률(3%) 정도만 증가할 것으로 가정함.
- 교량 안전진단시장도 SOC 유지관리 예산의 경향에 비례하여 2011년~2021 동안 매년 11.7%씩 증가하여 2021년의 댐 안전진단비가 2011년 대비 3배가 될 것으로 가정함 (물가상승률 제외). 또한 2022부터는 물가상승률을 제외하면 전년도 대비 동일할 것으로 가정함.
- 교량의 경우 항만이나 댐과는 다르게 수중에 거치하는 부분이 상대적으로 적음으로 안전진단비 중 수중진단비의 비중이 향후에도 지금과 비슷하게 유지될 것으로 가정함.
- 교량 수중진단시장 추정 결과는 다음의 표와 같음.

[교량 수중진단시장 추정 결과]

(단위: 억원)

연도	교량 수중진단시장(불변가)	교량 수중진단시장(경상가)	현재가치
2011	5	5	5
2012	6	6	5
2013	6	7	6
2014	7	8	6
2015	8	9	7
2016	9	10	7
2017	10	12	8
2018	11	13	9
2019	12	15	9
2020	14	18	10
2021	15	20	11
2022	15	21	11
2023	15	22	11
2024	15	22	10
2025	15	23	10
2026	15	24	10
2027	15	24	10
2028	15	25	10
2029	15	26	9
현재가치(2017년~2029년) 합			129

□ 경제적 편익 추정

- 경제적 편익= 관련 시장의 미래 규모 x 본 R&D 결과물의 시장 점유율 x 사업화 성공률 x R&D 기여도 x 본 사업기여율 x 부가가치율
- 관련 시장의 미래 규모
 - 관련 시장의 미래 규모 예측을 위해 직접시장인 항만 수중진단시장과 간접시장인 댐 및 교량 수중진단시장의 규모를 추정함. 미래 시장의 추정기간은 과제완료 후 13년간 (2017년~2029년)으로 설정함. 13년이라는 기간은 KISTEP의 IPC별 TCT에 기반하여 설정함.
 - 직접시장 추정규모: 2010년 현재가치 기준 749억원
 - 간접시장 추정규모: 2010년 현재가치 기준 595억원(댐수중진단)+129억원(교량수중진단)=724억원
 - 관련시장 추정규모: 749억원(직접시장)+724(간접시장)=1,473억원
- 본 R&D 결과물의 시장 점유율
 - 지금까지 수중진단 장비는 주로 단순 카메라 촬영 위주로서 본 연구사업에서 개발할 장비는 본격적인 수중진단 장비로는 사실상 세계 최초라고 할 수 있음.
 - 따라서 사실상 대체품이 없는 상황에서 최소한 국내 시장의 점유율은 100%로 설정하여도 무리가 없을 것으로 판단됨. 본 R&D 결과물의 시장 점유율을 100%로 가정함.
- 사업화 성공률
 - KISTEP(2011)의 [예비타당성조사를 위한 지식기반 및 분석시스템 구축]에서 나타난 기계소재 관련 분야의 과제당 사업화 성공률 평균값을 사용하여 51.0%를 적용함.
- R&D 기여도
 - 신태영(2004)의 [연구개발투자의 경제성장에 대한 기여도]에서 나타난 GDP 성장에 대한 연구개발의 기여도 28.1%를 사용함.
- 본 사업기여율
 - 수중진단장비 관련 전체 R&D 투자액 중 본 사업이 차지하는 비중으로 정의함.
 - 본 연구사업이 개발하는 형태의 본격적인 수중진단 장비는 사실상 없었으며 본 사업은 이에 관한 최초의 연구사업임. 따라서 관련 R&D 투자액의 본 사업 비중을 100%로 설정함.

- 부가가치율
 - 한국은행(2010)의 [2008년 산업연관표]에서 나타난 조립가공업종의 부가가치율 4년(2005~2008년) 평균치인 24.1%를 적용함.
- 따라서 본 연구사업의 경제적 편익은 다음과 같이 추정됨.
 - 관련 시장의 미래 규모(1,473억원) x 본 R&D 결과물의 시장 점유율(1.0) x 사업화 성공률(0.51) x R&D 기여도(0.281) x 본 사업기여율(1.0) x 부가가치율(0.241)=51억원

□ 비용/편익분석 결과

- 본 연구사업의 비용과 편익의 연도별 현재가치(2010년 기준)는 다음의 표와 같이 정리됨.
- 본 연구사업 총 비용: 2010년 현재가치 기준 52.8억원
- 본 연구사업 총 편익: 2010년 현재가치 기준 50.9억원

[비용과 편익의 연도별 현재가치]

(단위: 억원)

연도	비용	항만 수중진단 편익	댐 수중진단 편익	교량 수중진단 편익	연간 편익
2012	8.4				
2013	11.4				
2014	12.9				
2015	15.3				
2016	4.8				
2017		1.3	0.9	0.3	2.4
2018		1.5	1.1	0.3	2.9
2019		1.8	1.3	0.3	3.5
2020		2.1	1.6	0.4	4.0
2021		2.3	1.9	0.4	4.6
2022		2.3	1.9	0.4	4.5
2023		2.2	1.8	0.4	4.4
2024		2.2	1.8	0.4	4.3
2025		2.1	1.7	0.4	4.2
2026		2.1	1.7	0.3	4.1
2027		2.0	1.7	0.3	4.0
2028		2.0	1.6	0.3	3.9
2029		1.9	1.6	0.3	3.8
합계	52.8	25.9	20.5	4.5	50.9

- B/C ratio= $50.9/52.8=0.96$
- B/C ratio가 0.96 이 나옴. B/C ratio가 1 보다는 약간 작지만 본 사업이 R&D 사업임을 감안하면 경제성이 있다고 할 수 있음.

□ 민감도 분석

- 경제적 타당성 평가에서 비용과 편익의 계산에는 많은 불확실성이 내포되어 있음.
- 비용과 편익에 대해서 각 변수가 일정량만큼 변화되었을 경우 경제성이 어떻게 변화하는지 파악하기 위해서 민감도 분석을 수행함.
- 민감도 분석을 위해서 편익변화와 비용변화를 각각의 추정치에서 -20%~+20% 까지 10%씩 변화시켰음. 이에 대한 민감도 분석 결과는 다음의 표와 같음.
- 많은 경우 B/C ratio가 1 이상이고 1 이하인 경우에도 B/C ratio가 0.8 이상이거나 근접한 경우가 대부분임.
- B/C ratio가 1을 넘지 않은 경우라도 대부분의 경우 0.8 이상 이거나 근접하기 때문에 본 사업이 R&D사업인 것을 감안하면 경제성이 양호한 것으로 판단됨.

[민감도 분석 결과]

비용변화 편익변화	-20%	-10%	0%	+10%	+20%
+20%	1.44	1.28	1.15	1.05	0.96
+10%	1.32	1.18	1.06	0.96	0.88
0%	1.20	1.07	0.96	0.87	0.80
-10%	1.08	0.96	0.87	0.79	0.72
-20%	0.96	0.86	0.77	0.70	0.64

2. 경제적 파급효과 분석

□ 산업연관표

- 산업연관표를 사용하여 구조적 측면에서 산업간 연관관계(산업간 생산물 순환)를 파악할 수 있음.
- 산업연관분석으로 최종수요가 유발하는 생산, 고용, 소득 등 각종의 파급효과를 산업부문별로 구분하여 분석할 수 있음.
- 본 연구사업의 경제적 파급효과는 산업연관분석을 이용하여 생산유발효과, 부가가치유발효과, 취업유발효과 측면에서 추정함.
- 산업연관표는 산업부문을 분류한 정도에 따라 4종류의 부문표가 있음. 산업부문을 403개의 기본부문으로 나눈 403 부문표, 통합소분류인 168 부문표, 통합중분류인 78 부문표, 통합대분류인 28 부문표가 있음.
- 예를 들어 산업부문이 28개로 분류된 통합대분류는 다음과 같음.

[28 부문표(통합대분류)의 산업부문]

번호	부문명칭
01	농림수산물
02	광산물
03	음식료품
04	섬유 및 가죽제품
05	목재 및 종이제품
06	인쇄 및 복제
07	석유 및 석탄제품
08	화학제품
09	비금속광물제품
10	제1차 금속제품
11	금속제품
12	일반기계
13	전기 및 전자기기
14	정밀기기
15	수송장비
16	기타제조업제품
17	전력, 가스 및 수도
18	건설
19	도소매
20	음식점 및 숙박
21	운수 및 보관
22	통신 및 방송

번호	부문명칭
23	금융 및 보험
24	부동산 및 사업서비스
25	공공행정 및 국방
26	교육 및 보건
27	사회 및 기타서비스
28	기타

- 본 연구사업의 항만시설 점검용 장비는 403 부문표(기본부문) 기준으로는 (239번) 기타특수목적용기계, 168 부문표(통합소분류) 기준으로는 (95번)기타특수목적용기계, 78 부문표(통합중분류) 기준으로는 (41번)특수목적용 기계 및 장비, 28 부문표(통합대분류) 기준으로는 (12번)일반기계로 분류하는 것이 적당하다고 판단됨.
- 산업연관표에서는 가능한 상품의 분류를 자세히 정의하여야 그 상품에 의한 경제적 파급효과를 보다 정밀하게 추정할 수 있음. 항만시설 점검용 장비의 경우 가장 자세히는 403 부문표(기본부문)의 (239번)기타특수목적기계로 분류할 수 있음.
- 하지만 403 부분표는 취업유발계수표가 나와 있지 않기 때문에 그 다음단계의 분류인 168 부문표(통합소분류)의 (95번)기타특수목적용기계를 항만시설 점검용 장비가 속한 분류로 정의함.

□ 생산유발계수

- 생산유발계수는 1단위의 최종수요가 주어지는 경우 각 산업의 생산에 미치는 직·간접의 파급효과를 나타냄.
- 최종수요에 의하여 유발되는 생산을 항목별 최종수요액으로 나눈 것이 최종수요항목별 생산유발계수임. 즉 최종수요항목별로 국산제품에 대한 수요가 1단위 증가했을 때 각 부분에서 생산이 직·간접으로 얼마나 유발되는가를 나타내는 계수임.
- 생산유발계수표는 크게 국산과 수입을 구분하지 않은 경쟁수입형 생산자가격표를 이용하는 $(I - A)^{-1}$ 형, $(I - A + \hat{m}^*)^{-1}$ 형, $[I - (I - \hat{m})A]^{-1}$ 형이 있으며 국산과 수입을 구분한 비경쟁수입형표의 국산거래표를 이용하는 $(I - A^d)^{-1}$ 형이 있음.
- $(I - A)^{-1}$ 형, $(I - A + \hat{m}^*)^{-1}$ 형, $[I - (I - \hat{m})A]^{-1}$ 형의 생산유발계수표는 모두 국산과 수입을 구분하지 않는 경쟁수입형표로부터 도출한 것이기 때문에 순수한 국내 생산유발효과를 정확히 산출하였다고 볼 수 없음.

- 따라서 최종수요 발생에 따른 국내생산유발효과를 보다 더 정확하게 분석하기 위해서는 국산거래표로부터 도출한 $(I - A^d)^{-1}$ 형의 생산유발계수표를 이용하는 것이 더 바람직함. 본 연구사업의 생산유발효과는 $(I - A^d)^{-1}$ 형의 생산유발계수표를 이용하여 추정함.
- 168 부문표에서 (95번)기타특수목적용기계의 생산유발계수는 2.348136임.

□ 부가가치유발계수

- 최종수요의 발생에 의하여 생산이 유발되고 이 과정에서 부가가치도 창출되기 때문에 최종수요의 발생이 부가가치 창출의 원천이라고 할 수 있음.
- 이러한 관계를 통하여 최종수요 발생에 의한 부가가치유발 효과도 파악할 수 있음.
- 부가가치유발계수는 1단위의 최종수요가 주어지는 경우 각 산업의 부가가치에 미치는 직·간접의 파급효과를 나타냄.
- 최종수요에 의하여 유발되는 부가가치를 항목별 최종수요액으로 나눈 것이 최종수요항목별 부가가치유발계수임. 즉 최종수요항목별로 국산제품에 대한 수요가 1단위 증가했을 때 각 부분에서 부가가치가 직·간접으로 얼마나 유발되는가를 나타내는 계수임.
- 168 부문표에서 (95번)기타특수목적용기계의 부가가치유발계수는 0.651551임.

□ 취업유발계수

- 최종수요 발생이 생산을 유발하고 생산은 다시 노동수요를 유발하는 파급메카니즘에 기초하여 최종수요 발생에 따른 노동유발효과도 계측할 수 있음.
- 취업유발계수는 1단위의 최종수요가 주어지는 경우 각 산업의 취업인원에 미치는 직·간접의 파급효과를 나타냄.
- 최종수요에 의하여 유발되는 취업인원을 항목별 최종수요액으로 나눈 것이 최종수요항목별 취업유발계수임. 즉 최종수요항목별로 국산제품에 대한 수요가 1단위 증가했을 때 각 부분에서 취업인원이 직·간접으로 얼마나 유발되는가를 나타내는 계수임.

- 168 부문표에서 (95번)기타특수목적용기계의 취업유발계수는 12.9826(명/10억원)임.

□ 경제적 파급효과 추정 결과

- 본 연구사업의 편익은 곧 항만시설 점검용 장비의 최종수요의 기대치를 의미함. 따라서 경제적 파급효과 추정에 필요한 항만시설 점검용 장비의 최종수요는 편익을 사용함.
- 본 연구사업의 편익은 2010년 현재가치 기준으로 50.9억원임. 즉 본 항만시설 점검용 장비의 최종수요를 50.9억원으로 볼 수 있음.
- 본 항만시설 점검용 장비의 생산유발효과는 $50.9\text{억원} \times 2.348136 = 119.5\text{억원}$ 으로 추정됨.
- 본 항만시설 점검용 장비의 부가가치유발효과는 $50.9\text{억원} \times 0.651551 = 33.2\text{억원}$ 으로 추정됨.
- 본 항만시설 점검용 장비의 취업유발효과는 $50.9\text{억원} \times 12.9826(\text{명}/10\text{억원}) = 66.1\text{명}$ 으로 추정됨.

5.3 전문가 설문에 의한 타당성 분석

□ 종합평가

- 본 기획연구에서 제안된 개발기술들의 정책적, 기술적, 경제적 타당성을 검토하고자 관련 분야의 전문가들에게 연구기획의 사전타당성 검토를 의뢰하여 분석하였음
- 자문위원들은 진단관련 엔지니어링 전문가, 수중로봇 전문가, 비파괴 검사 장치 전문가를 포함하였음
- 기획보고서 초안을 검토한 후 연구기획의 객관적 평가와 전문적인 견해를 제시하였음
- 연구기획의 사전타당성 평가를 위한 평가항목은 아래의 표와 같으며, 각 항목에 대하여 5점(매우 타당) ~ 1점(매우 미흡)으로 평가하여 그 결과를 정리하였음
- 사전 타당성 평가 결과, 정책적 타당성은 4.4점(5점 만점), 기술적 타당성은 4.4점(5점 만점), 경제적 타당성은 4.2점(5점 만점)으로 조사되어 대체로 타당한 것으로 평가되었음

[자문위원 명단]

성명	김태성	김진현	라운강	박승희	이상국	하지명
소속	창원대학교 메카트로닉스 연구소	서울과기대 기계공학과	한국건설 품질연구원	성균관대학교 토목공학과	비엔티 엔지니어링	콘크리닉
직위	책임연구원	조교수	부원장	조교수	부장	부장
비고	수중로봇 전문가	수중로봇 전문가	항만진단 전문가	비파괴장비 전문가	토목구조물 진단전문가	토목구조물 보수보강 전문가

[사전타당성 검토 평가 항목 및 주안점]

구분	항목	주안점
정책적 타당성 검토	국가 전략적 중요성	- 국가 차원에서의 필요성 - 정부 지원의 타당성 - 사업 추진의 시급성 등
	상위 계획과의 부합성	- 국가/산업 계획간의 부합도 - 국토해양부 및 관련부처 정책 부합성 등
	사업추진의지와 관련기관 협조체계	- 조직 및 기관의 사업추진의지 - 관련 기관 및 부처의 협조체계
기술적 타당성 검토	사업의 독창성 및 연계성	- 기존 사업과의 중복성여부 - 기존 사업과의 연계성 등
	기술개발 계획의 완성도	- 목표, 내용, 성과의 구체성 - 추진체계의 적절성과 실효성 - 성과 활용 계획 등
	과학기술적 파급효과	- 과학기술 경쟁력 향상 - 타기술분야로의 파급효과 - 과학기술인력 양성 효과 등
	기술 수준 및 개발 성공 가능성	- 기술 개발의 기대 수준 - 성공 가능성 - 추진과정에서 예상되는 기술적 위험요소와 대안 등
경제적 타당성 검토	예산 적정성	- 총사업비의 적정성 - 세부과제별 예산 배분의 적정성
	목표성과물의 예상 경제성	- 목표 성과물의 산업파급효과, 고용효과 등 경제적 기대성과 등

[사전타당성 평가 결과]

구분	항목	평가점수	평균
정책적 타당성 검토	국가 전략적 중요성	4.5 / 5.0	4.4 / 5.0
	상위 계획과의 부합성	4.4 / 5.0	
	사업추진의지와 관련기관 협조체계	4.3 / 5.0	
기술적 타당성 검토	사업의 독창성 및 연계성	4.2 / 5.0	4.4 / 5.0
	기술개발 계획의 완성도	4.3 / 5.0	
	과학기술적 파급효과	4.6 / 5.0	
	기술 수준 및 개발 성공 가능성	4.4 / 5.0	
경제적 타당성 검토	예산 적정성	4.2 / 5.0	4.2 / 5.0
	목표성과물의 예상 경제성	4.2 / 5.0	

□ 정책적 타당성 검토

- 본 기획과제의 정책적 타당성에 대한 자문위원들이 제시한 의견은 다음과 같음

항목	검토의견
국가 전략적 중요성	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 최근 영토개념이 해양으로 넓어지고 있고, 해양 건축물 및 설비 등이 늘어나고 있는 시점에서 유지 관리를 위한 기술 개발 역시 매우 중요함. ◦ 육상 기술과 달리 해양 기술은 개발에 자본과 시간이 많이 소요되기 때문에 민간에서 추진하기에는 어려움이 있음. ◦ 미래 해양기술을 선도하기 위해 정부의 적극적인 투자가 요구됨. ◦ 현재 우리나라는 항만개발은 완료단계에 있으며, 향후 신규건설에 대한 요구보다 기존시설물의 점검 및 유지보수에 대한 요구가 더욱 증대할 것으로 예상되므로 전략적 중요성이 인정됨. ◦ 로봇분야는 현 정부의 집중육성을 위한 7대 기술분야 이며, 특히 수중로봇 분야는 국가의 전략적 산업으로 개발이 필요하며, 해외선진국과의 기술격차 극복, 국내외의 관련 시장 확보를 위해 시급하고 중요한 분야임. ◦ 다양한 형태의 항만시설물 증가에 따른 정밀한 진단장비의 필요 ◦ 이상 기후의 증가로 인한 항만구조물의 유지, 보수의 정밀화 필요 ◦ 사용연수 증가에 따른 항만시설물의 급격한 노후화 ◦ 현재 항만시설물에 대한 정밀안전진단시 수중부에 대한 조사가 해수깊이의 문제, 인력한계의 문제, 시야확보의 문제등으로 조사자체가 어려우며 그로 인한 구조적 안전성문제, 부재의 내구성문제가 대두되고 있어 국가차원의 연구를 통해 수중조사 장비가 필요할 것으로 판단됨. ◦ 특히 노후 항만구조물의 경우 수중부에 보수보강차원에서 시급성을 요하는 손상 및 결함등이 발생할 수 있어 장비개발을 통해 이를 해소할 필요가 있음. ◦ 항만시설물은 국가 산업과 밀접한 관계가 있으며, 유지관리 소홀로 인하여 항만 시설물의 기능을 상실 하였을 경우 항만시설물을 운영을 하지 못함으로써 발생하는 손실 비용이 신설공사비 몇 배를 초과할 수 있다. 대부분의 항만시설물 손상은 육상일 경우 쉽게 찾을 수 있지만 수중일 경우는 그렇지 않고, 현재의 수중조사 수준은 잠수부가 수중에서 직접 관찰 하는 수준이므로 정부의 지원을 통하여 수중조사 부분에 대하여 좀 더 체계적이고 과학적인 기술력을 확보하는 것이 중요하다고 판단된다. ◦ 국내 항만구조물은 거의 포화상태가 되었다고 판단되는바 이제는 항만시설물을 신설하는 것보다 기존 항만시설물의 노후화가 천천히 진행될 수 있도록 유지관리체계를 확립하는 것이 중요하다고 판단된다. 그러기 위해서 가능한 빠른 시일내에 수중조사 장비가 개발되어야 할 것임.
상위 계획과의 부합성	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 해양과학기술 로드맵과 지식경제부 로봇산업과의 향후 비전에서 수중로봇 개발을 명시하고 있음. ◦ 이명박 정부에서 명시하고 있는 과학기술 기본계획에서도 지능형 로봇 분야를 포함하고 있음. ◦ 2009년 지능형 로봇 기본계획에 따르면, 향후 10년 이후인 2018년 정도에는 수중로봇이 기술선도형 산업 중의 하나로 예상되었음. ◦ 2020 해양과학기술 로드맵에 "해양구조물시공/유지보수 수중로봇 기술"이 명시되어 있으며, 본 기획내용은 해양구조물 유지보수와 직접 연관됨. ◦ 국가융합기술 발전 기본계획('09~'13)에 따른 신기술 접목 ◦ 국토해양부의 2009년 3대 핵심 정책과제 중 물과 함께 하는 국토 재창조

항목	검토의견
	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 건설기술혁신사업 중 첨단재료 개발 및 IT기술 접목 ◦ 현재 국내외 항만시설물의 수중부 부재에 대한 외관조사(손상, 결함등에 대한 조사) 및 비파괴시험용 장비(점검/진단장비)는 개발되어 있지 않은 상태이며 현재 인력(잠수부)으로 수행되고 있는 상태이며, 인력조사의 한계점을 극복하기 위해(시야 확보, 해수깊이의 한계등) 장비개발의 필요성 및 독창성이 우수함. ◦ 현재 항만시설물의 정밀안전진단의 경우 수중조사를 필수적으로 할 필요가 있으며, 임의의 한계점에 대해서는 조사가 수행되지 않는 경우도 있어 이에 대한 대책이 필요함 상태임.
사업추진 의지와 관련기관 협조체계	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 본 과제는 향후 빠르게 노후화가 진행될 항만 구조물 검사에 필수적인 장비를 개발하는 과제로 필요성이 매우 높기 때문에 사업 추진 당위성이 매우 높음. ◦ 적용 분야는 수중 항만 구조물이지만, 필요한 기술은 로봇 및 계측 분야이기 때문에 수중 및 로봇 분야 전문가들 및 정부부처(국토해양부, 지식경제부)의 협력 체계가 필수적임. ◦ 본 기획과제 발주처는 항만시설물 점검 및 유지보수 작업에 대한 기계화, 자동화의 필요성을 충분히 공감하고 있으며, 산학연으로 구성된 기획 참여기관의 의견 또한 시장의 요구가 충분하다고 판단하고 있음. ◦ 항만시설물 점검은 국가차원에서 이루어지므로, 본 과제의 발주처와 밀접한 관계가 있고, 참여기관의 의지가 뚜렷하므로 상호 긴밀한 협조체계가 될 것으로 판단됨. ◦ 토해양부, 지식경제부 등 정부 기관의 주체로 국토해양기술연구개발사업, 건설기술혁신사업, 지능형로봇사업에 투자 중에 있음 ◦ 재 국내에서 항만시설물의 안전진단 및 점검을 할 수 있는 업체는 약 10개 사이하이며, 대부분의 안전진단 및 점검 업체들은 규모가 적어 항만시설 점검용 장비 기술개발을 위한 개별 연구가 어려우므로 정부차원의 연구개발이 이루어져야 할 것이라고 판단됨. ◦ 전진단 및 점검업체들이 용역을 할 경우 전문화된 정부차원의 수중조사 팀을 신설하여 항만시설 점검용 장비를 지원하고 용역업체들이 부담을 줄여 수중조사비에 대한 예산절감과 정확한 조사가 이루어지게 해야 함.

□ 기술적 타당성 검토

- 본 기획과제의 기술적 타당성에 대한 자문위원들이 제시한 의견은 다음과 같음

항목	검토의견
<p>사업의 독창성 및 연계성</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기존 수중 탐사 무인 잠수정에서 개발된 기술을 일부 기술이전 받을 수 있을 것으로 판단됨. ◦ 사업은 기존의 수중 탐사를 위한 장비에서 벗어나 실제 검사를 위해 꼭 필요한 필수 기능만을 개발하는 것을 목표로 하고 있음. 따라서 경제적인 측면에서 활용가능성이 높은 제품 개발이 기대됨. ◦ 국토해양부 발주과제인 “교량 유지관리 자동화를 위한 첨단 로봇 시스템 개발”, “차세대 심해용 무인잠수정 개발” 그리고 산업자원부과제인 “선박검사 및 청소용 수중로봇 개발”과 로봇의 형태 및 이동성 측면에서 유사하나 항만 시설물이라는 특성상 차별화가 인정됨. ◦ “차세대 심해용 무인잠수정 개발” 및 “선박검사 및 청소용 수중로봇 개발” 과제와 로봇의 플랫폼, 수중위치인식을 위한 센서 기술, 구조물 표면 청소를 위한 기술 등의 분야를 연계 개발할 수 있다면 연구의 효율성을 높일 수 있을 것임. ◦ 국내에서는 항만구조물 검사에 특화된 기계화 장비의 개발 사례가 없음 ◦ 기존에 개발된 지상구조물의 수중부를 검사하기 위한 장비와 연계성 필요 ◦ 기존에 개발된 해저탐사 로봇의 활용 필요 ◦ 수중조사 장비가 개발되고 있으나 실제 항만시설 점검을 하기위한 장비로 개발되어 있지 않으므로 중복성은 없다고 판단됨. ◦ 카메라의 개발은 많이 되고 있으나 항만시설 점검을 하기위한 목적으로 개발되고 있지 않으므로 중복성은 없다고 판단되며, 기존 개발된 수중카메라의 기술과 접목하여 항만시설 점검을 위한 장비개발로 연계가 가능할 것으로 판단됨
<p>기술개발 계획의 완성도</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기존 기술에 대한 분석이 잘 이루어져 있으며, 기존 기술에 대한 벤치마킹을 통해 제시된 벽면 부착 이동 방식 수중 검사 작업 시스템 제시 등 완성도가 높다고 판단됨. 다만 수중 검사 작업 과정 및 환경에 대한 분석이 다소 미흡하여, 향후 본 과제 진행 시 이 부분에 대한 보완이 필요하다고 판단됨. ◦ 항만구조물을 두가지 분류로 나누어 구조물별 가용 플랫폼을 가시화하여 효과 및 타당성을 분석하고, 이를 통해 구조물별 플랫폼을 선정한 과정이 구체적임. ◦ 연구개발을 위한 체계가 핵심 모듈별로 3개의 세부과제로 구분되어, 과제별 제품화도 가능할 것으로 판단되므로 적절한 구성임. ◦ 연구개발의 활용 계획은 실용화 과제인 만큼 명확함. 다만, 진단장비 목표 성능 부분에 현재의 수중검사기법과 비교할 수 있는 성능항목을 가시화 시키는 것이 개발 및 활용측면에서 볼 때 필요함. ◦ 수중구조물의 정밀 진단 장비개발의 필요성 증가에 따른 신개념 기술 확보 ◦ 각종 극한 환경에서도 진단이 가능하도록 해저탐사 로봇의 적절히 활용하여 실효성 증대 ◦ 수중구조물 조사시 안전하고 정확한 수심의 영향을 받지않고 구조물의 손상을 점검할 수 있는 장비개발이 필요함. ◦ 한번의 연구개발로 만족스러운 장비개발은 불가능하겠지만 많은 보완을 통하여 기술이 완성되므로 전세계 수중장비의 개발현황과 사용되고 있는 실

항목	검토의견
과학기술적 파급효과	<p>정을 최대한 분석하여 개발해야 할 것이며, 지속적인 보완 및 upgrade를 통하여 개선되어야 할 것임.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 본 과제 개발을 통해 저수심에서 운용이 가능한 수중 장비 개발이 가능하고, 각종 센서 활용을 통해 수중 장비 기술을 한층 업그레이드 시킬 수 있을 것으로 판단됨. ◦ 기존 로봇 분야에서 개발된 기술을 수중 환경 적용을 통해 수중로봇 개발이 보다 활발해질 수 있을 것으로 판단됨. ◦ 현재 우리나라 해양/항만 관련 검사/유지보수 로봇의 수준은 타분야의 로봇에 비해 경쟁력이 떨어지는 것으로 알려져있으며 본 기획을 통해 수중로봇 분야의 국가 경쟁력 향상에 기여할 수 있을 것으로 판단됨. ◦ 또한 기획내용에 나타나 있듯이 수중 로봇 플랫폼, 수중작업 매니플레이터, 수중 검사장치 및 비파괴 검사기술, 수중 모니터링 기술 등은 관련 분야의 필수 기술로 파급효과가 클 것으로 보임. ◦ 수중 로봇 플랫폼 설계, 수중 센서 및 운영/제어 분야 등 인력양성 효과 또한 클 것으로 판단됨. ◦ 구조물의 수중부는 물론 심해탐사 영역까지 확대 가능 ◦ 활발하지 않은 국내 수중 진단 연구에 기폭제역할 기대 ◦ 수중 진단 전문 인력 및 해저 로봇 전문 인력 양성 기대 ◦ 정밀안전진단에 첨단화가 이루어질 것으로 판단되며 현재 시행되고 있는 정밀안전진단 결과물에 비해 보다 엄밀하고 세밀한 조사가 이루어질것으로 판단됨. ◦ 장비개발이 성공할 경우 현재 점검 및 진단이 수행되고 있는 항만시설물에 대한 적용과 과거 인력조사의 한계로 조사가 미수행된 시설물에 대한 조사가 이루어질 수 있어 정밀안전진단 수준을 한 단계 업그레이드 할 수 있을 것으로 예상되며 정밀안전진단 업체등의 수요가 다소 있을 것으로 판단됨. ◦ 현재는 제한된 업체에서만 수중조사를 포함한 항만시설물 점검이 이루어지고 있으나 기술개발로 많은 용역업체에게 균등한 기회가 부여될 것이라고 판단됨. ◦ 항만시설뿐만 아니라 각 지자체 및 공공기관에서 관리하고 있는 교량이 많으므로 구조물의 우물통 및 수중기초 조사시 사용이 가능하고 자연환경 및 생태계 조사, 수중 정화작업, 선박사고 및 인명 구조활동, 자원개발 등에 사용이 가능할 것으로 판단됨. ◦ 장비의 개발로 인하여 사용범위가 넓어지게 되므로 자연스러운 과학기술인력이 양성이되고 고용 창출효과가 있을 것이라고 판단됨.
기술 수준 및 개발 성공 가능성	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 본 과제에서 제시된 기술 수준은 기초 및 응용 기술이 적절하게 포함되어 있어 성공 가능성이 매우 높다고 판단됨. ◦ 또한 수중 비파괴 검사 등 일부 기초 기술들은 향후 다양하게 응용이 가능한 기술로 판단됨. ◦ 기획보고서에 나타냈듯이 관련 세부항목에 대한 선행연구/기술들의 충분한 분석, 현장관계자들의 자문 등을 고려한다면 선진국 대비 90% 이상의 완성도 및 기술수준을 달성할 것으로 판단됨. ◦ 상용화의 가능성에 있어서도 현장관계자/실무자들의 의견을 충분히 반영한다면 성공 가능성이 높을 것으로 생각됨. ◦ 잠수부를 통한 재래식 방법은 시간의 제한을 많이 받지만 로봇을 이용하여 시간의 제약을 최소화시킴 ◦ 기존에 개발된 지상구조물 진단장비의 수중화를 최대한 이끌어 내어 지상에서의 정밀진단을 수중에서도 가능토록 함

항목	검토의견
	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 로봇과 구조물의 정확한 위치파악을 위한 GPS와 연동을 고려하여 개발의 완성도 증가 ◦ 항만시설물 점검 장비의 핵심은 카메라라고 볼 수 있으며 카메라의 개발은 상당한 기술력이 확보되어 있으므로 장비의 조합과 구조물의 특성을 잘 살린다면 성공 가능성이 크다고 판단됨. ◦ 항만구조물의 형식은 크게 중력식과 잔교식으로 나눌 수가 있으며, 중력식의 경우는 형상이 일정하여 손상을 쉽게 찾을 수 있으나 잔교식의 경우는 각각의 파일을 전체 조사해야 되므로 각각의 특성에 맞는 장비개발이 필요하다고 판단된다. 범용 장비개발도 중요하지만 각 구조물의 특징을 살려 중력식과 잔교식을 구분하여 개발 할 필요가 있음.

□ 경제적 타당성 검토

- 본 기획과제의 경제적 타당성에 대한 자문위원들이 제시한 의견은 다음과 같음

항목	검토의견
예산 적정성	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 수중 장비는 방수 및 기타 실험환경의 열악성 때문에 개발에 많은 비용과 시간이 소요되는 분야임. ◦ 본 과제의 예산은 다소 부족하나, 연구 범위를 조정을 통해 개발이 가능할 것으로 판단됨. ◦ 본 기획과 로봇 플랫폼의 형태 및 적용 수중환경이 유사한 “선박검사 및 청소용 수중로봇 개발”과제와 비교했을 경우 총 사업비는 유사하나 본 기획에서는 로봇 플랫폼을 2가지 형태로 예상하고 있으므로 예산이 다소 부족하지 않을까 우려됨. ◦ 3가지 세부과제에 대한 예산의 배분이나 년차별 예산투자비율은 적절함. ◦ 각 세부별 연구비 배분에 대한 근거를, 연구내용과의 부합성에 비추어 보다 명확하게 제시할 필요성이 있음 ◦ 연차별 연구비 배분이 적절하게 이루어져 있으나, 연구흐름과 집행계획이 명확하게 기획될 필요성이 있음
목표성 과물의 예상 경제성	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 개발 완료 목표 제품의 경제성은 시장 규모로 비추어볼 때 그리 크지 않다고 판단됨. 하지만, 향후 수중 건설 및 검사 장비 시장을 위한 초석이라는 점에서의 경제성은 매우 높다고 판단됨. 또한 인명 손실을 예방할 수 있다는 측면에서의 경제성은 매우 높음. ◦ 순수한 항만구조물 점검시장은 연간 100억원이므로, 기획보고서에 제시했듯이 댐 수중진단, 수중 교량 진단 등 개발단계에서부터 적용분야의 확대 방안이 필요함. ◦ 기획의 핵심기술들이 수중로봇 분야의 공통기술로서 타 산업으로의 파급효과가 클 것으로 기대됨. ◦ 완성된 기술의 수출과 항만의 가동률 증가에 따른 수입확보 ◦ 예상치 못한 기후변화(태풍,해일 등)에 피해 입은 해안 구조물의 정밀 진단에 이용하여 불필요한 추가 검사를 줄여 예산낭비를 피할 수 있음 ◦ 재래식 방법에 의한 인명피해 감소 및 시간제약 완화로 인한 인적, 물적 비용 감소

6 기대효과 및 활용방안

6.1 기대효과

□ 기술적 기대효과

- 수중항만구조물 진단을 위한 기계화 기술의 국제 경쟁력 확보
- 수중항만구조물 진단의 품질 신뢰도 향상
- 수중항만구조물 진단 장비의 제작과 구동에 필요한 핵심 기술 확보
 - 수중 비파괴 진단 센서의 효과적 활용방안 도출
 - 수중 구조물 진단을 위한 이동 및 구동 시스템 기술 기반 구축
- 다양한 기능의 수중 조사 및 작업 로봇의 개발에 기여
 - 수중 진단장비에 대해 개발된 요소기술의 응용 및 보완을 통해 다양한 기능의 수중 조사 및 작업 로봇 개발에 기여
- 경제적이면서 효율적인 수중구조물 진단 기반 마련
 - 외부 환경이 열악한 해상 조건에 대해서도 수중 정밀진단 수행에 기여

□ 경제·산업적 파급효과

- 항만구조물 진단의 경제성 제고
 - 수중작업의 기계화로 작업의 복잡성 제거, 장치비용 절감, 진단의 효율성 증대 등 경제적, 시간적 효율 증대에 기여
 - 공기단축을 통한 공사비용 절감에 기여
- 수중 로봇 개발 산업의 전반적 성장에 기여
 - 로봇 제작, 운영 및 유지관리 산업의 활성화
 - 연안환경 및 재해와 관련하여 대수심 조건에 대한 조사로봇 장비 개발 활성화를 유도
 - 수중 로봇 제작, 운용 및 활용산업 등 신산업 개발을 통해 고용 창출 기대
- 다양한 해양구조물 진단 시장 창출 기여
 - 경제성과 작업성의 증대로 기존 진단 기술을 개선하여 다양한 해양구조물 진단 시장 창출 기대

- 잠수부 및 기존 장비로는 작업이 제한되었던 대수심 환경에서 해양구조물 진단을 용이하게 함으로써 대수심 해양구조물 지난 시장의 활성화에 기여
- 수입대체 효과 및 수출상품화
 - 수입에 의존하던 건설장비의 국산화에 기여
 - 고부가가치의 엔지니어링 기술이 복합된 기계화 장비의 수출상품화

□ 사회·문화적 파급효과

- 수중구조물 진단의 안정성 확보
 - 기계화 장비를 통해 수중 작업시 발생할 수 있는 잠수부의 산업재해를 최소화
 - 대형사고의 사전예방으로 공공의 안전 도모
- 향후 항만해양구조물 진단 시장에서 선도적 기술로 활용하여 동남아를 비롯한 해외 시장 수출에 있어서도 유리한 입지를 선점하는 등 국가 경쟁력 제고

6.2 활용방안

- 수중항만구조물 진단을 안전하고 효율적으로 진단할 수 있는 기계화 장비로 활용
- 수중 진단장비에 대해 개발된 요소기술의 응용 및 보완을 통해 다양한 기능의 수중 조사 및 작업 로봇 개발에 활용
- 연안환경 및 재해와 관련하여 잠수부 및 기존 장비로는 작업이 제한되었던 대수심 환경에서 해양구조물 진단에 활용
- 수입에 의존하던 건설장비의 국산화에 활용하고, 고부가가치의 엔지니어링 기술이 복합된 기계화 장비의 수출에 활용

7 실용화 방안

7.1 진단관련 지침 개정

- 국내 항만진단관련 시장은 국가 지침의 영향이 지배적임.
- 항만시설물의 진단은 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」에 의거하여 진단대상 구조물이 선정되어 있다. 또한, 1995년에 제정되고 2008년에 개정된 '시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침'에 의거하여 항만시설물에 대한 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하고 있음.
- 따라서, 향후에 연구과제를 통해 항만시설물 점검용 장비가 개발된다면 본 장비에 의거한 진단에 대한 지침이 마련되어야 할 것으로 판단됨.
- 또한, 항만경계내에 새로운 형태의 시설물들이 건설되고 있으므로 이와같은 구조물에 대한 세부적인 진단지침의 마련이 향후에 진행되어야 할 것으로 판단됨.

7.2 실용화 과정에서의 부처 및 전문기관 협조

- 주요 항만시설들은 국가기간시설이므로 국가의 면밀한 관리·감독이 이루어지고 있음. 따라서, 본 연구를 통해 개발된 항만시설물 점검용 장비가 실용화되기 위해서는 관련 부처의 협조가 절대적임.
- 연구개발 단계에서는 개발되는 장비들은 다수의 현장실험과 성능 개선이 필요할 것으로 판단됨. 따라서, 현장에서의 장비 성능평가 실험들이 원활히 이루어질 수 있도록 관련 부처의 협조가 필요함.
- 장비의 실용화를 위해서는 관련 지침의 변경이나 개정이 필요하므로 이러한 경우에도 관련 부처의 협조가 과제 실용화의 중요한 열쇠가 될 것임.
- 본 연구개발사업은 다년간에 이루어질 것으로 예상되므로 전문연구관리기관이 연구수행주체에 대해서 다년 계약 등을 통해 장기적인 계획 하에서 연구가 진행되도록 할 필요가 있음.
- 연구의 성격상 실제 장비를 개발하는 과제이므로 이를 감안하여 연차평가를 실시할 필요가 있음.

8 참고문헌

- 국토해양부, 첨단항만건설 기술개발사업 기획연구, 2009
- 국토해양부, 수중작업능력 고도화를 위한 다기능 지능형 수중 로봇 개발 기획 연구, 2010
- 국토해양부, 항만리모델링 기반 구축 연구, 2011
- 국토해양부, 항만 수중공사용 무인 다목적 기계화 시공장비 개발, 2011
- 국토해양부, 신재생에너지 발전전력 압축공기 저장기술 개발 기획연구, 2011
- 최형식, 권경엽, 정구락, 서주노, 강형석, 선저 청소용 수중로봇의 청소 모듈 및 제어 시스템 개발, 한국마린엔지니어링 학회지, 33, 3, 553-561, 2009
- A. P. Smith, UNDERWATER NONDESTRUCTIVE TESTING OF CONCRETE: AN EVALUATION OF TECHNIQUES, NCEL Technical Note, 1986.
- S. W. Kelly, UNDERWATER INSPECTION CRITERIA, NAVAL FACILITIES ENGINEERING SERVICE CENTER, 1999
- Eca-robotics Website <http://www.eca-robotics.com/>
- Seabotix Website <http://www.seabotix.com/>
- Rovtechsystems Website <http://www.rovtechsystems.co.uk>

부록 A0. 과제 카드

과제명	항만시설물 점검용 장비 기술 개발
1. 기술개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ [수중 구조물을 위한 유지관리를 기계화 장비를 개발하여 사회인프라 구조물에 대한 안전성과 사용성을 확보하고 첨단로봇분야에서 신성장동력 제품 개발]을 위해 『수심 30m이상에서 수중구조물의 상태진단 및 유지관리가 가능한 기계화 장비를 개발하고 실용화함』
2. 기술개발 동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내에서는 항만구조물 검사에 특화된 기계화 장비의 개발 사례는 없으며 교량, 댐 그리고 원자력 발전기 등의 토목 구조물의 수중부를 검사하기 위한 장비나 그 외 수중 장비들에서는 일부 기능으로 연구되고 있음. ○ 2005년 설립된 한양대학교의 교량조사 로봇 개발 연구단(BIRDI)에서 검사 기계화 장비를 개발함. 아래의 그림과 같이 트럭 단부에 장착된 관절 구조를 이용하여 다리 하부 구조의 유지관리를 담당하는 첨단굴절로봇차를 개발하였으며 그 외에도 벽면보행 로봇들을 개발 중임. ○ 한국도로공사의 도로교통연구원에서는 U-BIROS라는 장비를 개발하여 정밀외관조사 및 교량바닥판 상태분석에 사용. 사용범위: 편도 2차로 이하의 고속도로 교량. 점검대상: PSC B교 Box Girder하면 및 교량바닥판 하면 ○ 한국원자력 연구소에서 2009년 원자로 검사용 수중 로봇(ROV 시스템)을 개발. 4개의 수중 추진기를 이용하여 원자로 및 냉각재 배관 내에서 자유로운 유영이 가능하며 컬러 카메라를 통해 고방사선 지역의 수중 영상을 촬영하는 기능보유. ○ 포항공과대학교 지능형 극한환경 로봇 연구실에서 개발하고 있는 그림의 sea spider(ROV 시스템)는 조류 중 자세유지기를 이용하여 교각/수중 구조물 안전검사에 활용이 가능. ○ 한국기계연구원에서는 곤돌라형 외벽 유지관리 로봇시스템 개발. 팬을 이용하여 흡착하고 기존곤돌라 시스템을 활용하여 상하이동을 함 ○ 중수로형 원자력발전소의 운용에 필수적인 중수로형 원자로 핵연료 교환기의 안정적인 운전을 위하여 핵연료 교환기에서 발생하는 전반적인 문제에 비상 대응 하는 로봇을 한국원자력연구원에서 개발하였음 ○ 독일의 대표적인 연구기관인 BAM에서는 비파괴검사 분야에서의 자동화와 관련하여 구조물의 바닥 자동 스캔로봇인 BetoScan과 함께 현장에서 수평 및 수직으로 스캔할 수 있는 OSSCAR (On-Site SCAnner) 등을 개발 중임. ○ University of Bamberg에서는 건축구조물의 상부 시설에 대한 NDT를 위하여 기존의 사다리를 이용한 시스템 대신 적용성을 높인 Crane 시스템을 개발하고 있는 것에 관한 내용을 발표(Drewello et al 2011). 이 시스템은 고해상도 영상 취득 및 표면에 대한 3D 스캐닝이 가능한 장비를 탑재하고 있으며, 특히 소형으로 기존 역사적인 건축구조물에 대한 접근 등이 용이하도록 설계됨. 또한 구조물 바닥 등에 대한 손상을 발생시키지 않을 정도의 중량을 가지고 있으며, 쉽게 22m까지 확장 가능한 마스트 기술 등이 적용됨. ○ Norsk Electro Optikk AS사에서는 파이프라인 건전성 조사 시스템인 XPLISIT를 개발하여 판매하고 있음. ROV와 라인스캔카메라를 이용해 파이프라인의 손상을 조사 ○ Global Marine System사에서는 해저케이블의 설치와 유지보수를 위해 자체 보유한 비스트 심해탐사로봇 이용. 비스트는 6톤 중량의 1,000만 달러짜리

과제명	항만시설물 점검용 장비 기술 개발
	<p>원격조종 심해탐사 로봇. 이 로봇은 무한궤도와 추진 장치를 채용, 수심 1.6 km의 심해에서 시속 3노트로 이동할 수 있음. 비스트에 장착된 카메라와 음파탐지기·금속탐지기 등으로 망가진 해저케이블을 찾아내는데 해저의 물살이 빠르고 가시거리도 제로에 가까워 정확한 손상 부위를 발견하는 데만 상당한 시간소요. 손상된 부분을 찾더라도 수리하기 위해 해저케이블을 수면 위로 끌어올려야 함.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 가장 많이 활용되는 것은 자유 유영 방식으로 ROV 타입은 SeaBotix사 등에서 제작되고 AUV 타입은 Kongsberg사 등에서 제작되며 Aquatic Sciences사에서 이를 활용하여 해상 구조물 점검 서비스를 제공. ○ 프랑스 ECA Robotics사는 유영과 crawler 타입을 혼합한 ROVING BAT 장비를 개발하여 선박이나 댐 등의 육안검사는 물론 부착하여 정밀 검사를 할 수 있음 ○ WI Ltd 사의 RIMINI 과제에서는 걷는 방식과 suction cup/wheel 혼합 방식으로 수중 운행되는 장비 개발 연구를 진행하고 있는 등 새로운 방식의 운행 시스템이 도입되고 있는 추세임. suction cup/wheel 방식은 London South Bank University에서 시제품을 제작하였고 NDT 센서를 장착하여 원자로 내벽 검사를 목표로 하고 있다. 걷는 방식(Crawling)의 경우도 개념단계 시스템에 NDT 센서가 부착되어 내벽 검사용으로 연구되고 있음 ○ 말레시아 USM Robotics Research 그룹의 롤러/프로펠러 방식이나 미국 버지니아텍의 뱀의 움직임을 모사한 방식 등 기동 형태의 잔교식 구조에 특화된 수중운행 기술이 개발 중임.
3. 기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 항만은 우리나라 수출입화물의 90%이상을 처리하고 있으며, 2002년 기준으로 항만과 관련된 물류비용은 약 20조원으로 전체물류비용의 27%를 차지하고 있음. 하지만, 현재 우리나라는 항만시설의 25% 이상이 1960~1970년대에 개발된 것으로서 항만시설물의 노후화가 빠르게 진전되고 있는 실정임. 즉, 기존에 압축성장기에 대규모로 건설된 항만들은 사용연수가 증가함에 따라 구조물의 노후화가 진행되고 있어 기존 항만시설물의 진단과 유지관리의 중요성은 날로 증가하고 있음. 선진국의 사례를 살펴보면, 국가 토목 투자비 중에서 유지보수 부분이 차지하는 비중이 30%이상이고 특히 이탈리아와 같은 경우에는 50% 이상임. 국내에서는 항만예산 중에서 유지관리 비용이 10%미만을 차지하고 있지만, 점차로 그 비중이 증가하여 선진국과 유사한 수준이 될 것으로 예측 됨. 따라서, 항만시설물 점검에 대한 기술을 확보하는 것은 매우 중요한 국가 현안임. ○ 최근 항만물동량 처리 효율성의 증가와 친환경적 항만(Green Port) 구축의 필요성 증대에 따라 전통적인 방파제와 안벽 형태와는 다른 다양한 형태의 항만시설물이 증가하고 있음. 즉, 항만에서의 신재생에너지의 활용 증대에 따라 풍력타워, 플랜트 구조물, 조력 발전 구조물, 파력발전구조물 등이 건설중이거나 건설이 예정되어 있음. 또한, 항만 고유기능의 효율성 증대를 위해, 부유식 안벽(하이브리드 안벽시스템)과 침매터널 등이 시공되었거나 계획 중임. 따라서, 다양한 항만시설물이 증가됨에 따라 기존 시설물과는 차별화된 유지관리 기법이 필요. ○ 저탄소 녹색성장을 지향하는 항만 개발과 아울러 항만 건설 및 운영의 효율성을 높이고 IT, 바이오 및 첨단 장비기술을 복합적으로 접목시켜 활용하는 Smart-Port기술개발로 항만 건설에 대한 패러다임이 전환되고 있음. 해상풍력 및 파력에너지 개발 등 청정에너지 활용을 높이고, 기존항만시설을 친수·

과제명	항만시설물 점검용 장비 기술 개발
	<p>친환경적인 저탄소 에너지 고효율 녹색항만으로의 전환을 위한 목표 설정 및 실천 전략을 수립 중임. 장대 해상 교량, 조력/조류 발전, 해저 터널 등과 같이 녹색 성장 정책기조에 부합하며 복합 해양 공간개발에 적합한 다양한 대형 해양 구조물에 대한 요구가 증가하고 있으며, 이를 해결하기 위해서는 대수심 조건에서의 열악한 외부 환경을 극복할 수 있는 첨단융합형 시공 장비(수중로봇 등)의 개발은 향후 해양 건설 강국의 초석을 다지는데 필수적인 요소가 됨.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 육상 공사에서는 작업 현황을 육안으로 확인하기 용이할 뿐만 아니라 검사 장비 및 측량장비의 첨단화로 인해 진단의 정밀도를 최대한 확보하고 있음. 하지만, 해중 진단의 경우에는 탁도로 인한 시계 확보의 어려움, 수중 영상 및 정밀 위치 파악의 어려움으로 인해 진단의 효율성이 상당히 저하되어 있음. 지금까지 대부분의 국내 수중 진단의 경우에는 잠수부를 활용한 재래식 방식으로 이루어지고 있는데, 잠수병 때문에 작업시간이 극히 제한되어 정밀한 진단이 어렵고, 해상 조건이 열악할 경우 작업의 효율성이 떨어지는 문제가 발생하고 있음. 일반적인 잠수표에 의하면 수심 20m에서 8시간 근무시간 중 2시간 밖에는 잠수작업을 할 수 없고, 나머지 6시간 이상은 잠수병 예방을 위해 휴식을 취해야하기 때문에 수중 작업의 효율성이 상당히 떨어지는 실정임. 미국 Occupational safety and health administration에 따르면 1989년과 1997년 사이 해상 다이버들의 사망률은 평균 노동자에 비해서 40배에 달하였으며 매우 위험한 직업군의 하나로 알려져 있음. 관리·감독자가 작업과정을 직접 확인하지 못하고 작업자인 잠수부에만 의존하며 진행된 진단은 부실진단의 가능성을 내포. 따라서, 항만시설물 수중부의 상태진단과 유지관리를 위한 안전성과 효율성을 확보한 장비의 개발이 필요함.
4. 기술개발 추진전략	<ul style="list-style-type: none"> ○ 항만시설물 중에서 일반적인 구조형태인 중력식 안벽, 잔교식 안벽, 케이슨식 방파제 등에 대한 점검용 기계화 장비 개발을 우선적으로 추진 (1단계 연구). 2단계 연구에서는 통상적인 항만시설물 이외에 항만 경계내에 건설되는 해상 풍력, 조력발전구조물, 파력발전구조물, 침매터널, 부유식 안벽 등에 대한 진단이 가능한 점검용 장비의 개발 추진 필요. 2단계 연구가 추진될 경우에는 1단계에서 가시적인 연구성과가 발생한 이후에 2단계 연구타당성을 검토하기 위한 기획연구가 필요.
5. 세부 과제별 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수중구조물 점검용 플랫폼 제작 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 육상제어 플랫폼 기술 개발 - 구조물 부착 플랫폼 기술 개발 - 수중 유영 플랫폼 기술 개발 - 수중작업 매니플레이터 기술 개발 ○ 수중구조물 점검용 검사 장치 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 외관모니터링 기술 개발 - 비파괴 검사 기술 개발 - 시료샘플링 기술 개발 ○ 수중구조물 점검용 장비 통합 운용 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 장비 위치인식 기술 개발 - 장치 원격제어 기술 개발 - 통신 네트워크 기술 개발

과제명	항만시설물 점검용 장비 기술 개발																																									
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현장실험을 통한 개발 장비 기술 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 개발되는 플랫폼과 장치들에 대한 현장실험 - 현장실험을 통한 장비 성능개선 - 현장 사용을 위한 장비 매뉴얼 제시 																																									
6. 연구수행 체계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시장규모와 과제수행 연구개발예산 수준을 고려하면, 사업단이나 연구단을 구성하는 대형연구개발사업보다는 첨단항만건설기술개발 사업내의 일반과제로 추진하는 것이 바람직한 것으로 판단됨. ○ 점검장비 기술개발은 기계공학, 토목공학, 전자공학, 해양공학 등 다양한 학문분야의 통합된 연구가 필요하므로, 각 세부기술분야별로 각각의 전문 연구기관들이 연구를 추진하는 것이 바람직한 것으로 판단됨. 																																									
7. 기술개발 장비 목표성능	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중력식 구조물 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">성능항목</th> <th style="text-align: center;">목표성능</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">작업수심</td> <td style="text-align: center;">30 m 이상</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">작업조건</td> <td style="text-align: center;">WMO Sea State Code 1 - 2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">작업내용</td> <td style="text-align: center;">외관상태 및 손상탐지 비파괴 검사(반발경도법 또는 초음파 속도법)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">일일 작업면적 (수심 15m)</td> <td style="text-align: center;">1500 m² (수심 15 m x 길이 100 m)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">일일 작업면적 (수심 30m)</td> <td style="text-align: center;">1500 m² (수심 30 m x 길이 50 m)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">외관진단 작업속도 (최대이동속도)</td> <td style="text-align: center;">5 m/min (10 m/min)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">이동정밀도</td> <td style="text-align: center;">1 m 이하</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">장애물극복능력</td> <td style="text-align: center;">단차 10 cm 이상</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">조류극복능력</td> <td style="text-align: center;">3 knots 이상</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">수중탁도작업</td> <td style="text-align: center;">최대 6.5 NTU</td> </tr> </tbody> </table> ○ 잔교식 구조물 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">성능항목</th> <th style="text-align: center;">목표성능</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">작업수심</td> <td style="text-align: center;">30 m 이상</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">작업조건</td> <td style="text-align: center;">WMO Sea State Code 1 - 2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">작업내용</td> <td style="text-align: center;">외관상태 및 손상탐지 비파괴 검사(초음파 속도법)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">일일 작업파일 갯수 (수심 15m)</td> <td style="text-align: center;">30개</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">일일 작업파일 갯수 (수심 30m)</td> <td style="text-align: center;">15개</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">최대이동속도</td> <td style="text-align: center;">3 knots</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">이동정밀도</td> <td style="text-align: center;">20 cm 이하</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">선수각위치정밀도</td> <td style="text-align: center;">±5도</td> </tr> </tbody> </table> 		성능항목	목표성능	작업수심	30 m 이상	작업조건	WMO Sea State Code 1 - 2	작업내용	외관상태 및 손상탐지 비파괴 검사(반발경도법 또는 초음파 속도법)	일일 작업면적 (수심 15m)	1500 m ² (수심 15 m x 길이 100 m)	일일 작업면적 (수심 30m)	1500 m ² (수심 30 m x 길이 50 m)	외관진단 작업속도 (최대이동속도)	5 m/min (10 m/min)	이동정밀도	1 m 이하	장애물극복능력	단차 10 cm 이상	조류극복능력	3 knots 이상	수중탁도작업	최대 6.5 NTU	성능항목	목표성능	작업수심	30 m 이상	작업조건	WMO Sea State Code 1 - 2	작업내용	외관상태 및 손상탐지 비파괴 검사(초음파 속도법)	일일 작업파일 갯수 (수심 15m)	30개	일일 작업파일 갯수 (수심 30m)	15개	최대이동속도	3 knots	이동정밀도	20 cm 이하	선수각위치정밀도	±5도
성능항목	목표성능																																									
작업수심	30 m 이상																																									
작업조건	WMO Sea State Code 1 - 2																																									
작업내용	외관상태 및 손상탐지 비파괴 검사(반발경도법 또는 초음파 속도법)																																									
일일 작업면적 (수심 15m)	1500 m ² (수심 15 m x 길이 100 m)																																									
일일 작업면적 (수심 30m)	1500 m ² (수심 30 m x 길이 50 m)																																									
외관진단 작업속도 (최대이동속도)	5 m/min (10 m/min)																																									
이동정밀도	1 m 이하																																									
장애물극복능력	단차 10 cm 이상																																									
조류극복능력	3 knots 이상																																									
수중탁도작업	최대 6.5 NTU																																									
성능항목	목표성능																																									
작업수심	30 m 이상																																									
작업조건	WMO Sea State Code 1 - 2																																									
작업내용	외관상태 및 손상탐지 비파괴 검사(초음파 속도법)																																									
일일 작업파일 갯수 (수심 15m)	30개																																									
일일 작업파일 갯수 (수심 30m)	15개																																									
최대이동속도	3 knots																																									
이동정밀도	20 cm 이하																																									
선수각위치정밀도	±5도																																									

과제명	항만시설물 점검용 장비 기술 개발						
		운동능력		4자유도 운동			
	수중탁도작업		최대 6.5 NTU				
8. 성과활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수중항만구조물 진단을 안전하고 효율적으로 진단할 수 있는 기계화 장비로 활용 ○ 수중 진단장비에 대해 개발된 요소기술의 응용 및 보완을 통해 다양한 기능의 수중 조사 및 작업 로봇 개발에 활용 ○ 연안환경 및 재해와 관련하여 잠수부 및 기존 장비로는 작업이 제한되었던 대수심 환경에서 해양구조물 진단에 활용 ○ 수입에 의존하던 건설장비의 국산화에 활용하고, 고부가가치의 엔지니어링 기술이 복합된 기계화 장비의 수출에 활용 						
9. 기술개발 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수중항만구조물 진단을 위한 기계화 기술의 국제 경쟁력 확보 ○ 수중항만구조물 진단의 품질 신뢰도 향상 ○ 수중항만구조물 진단 장비의 제작과 구동에 필요한 핵심 기술 확보 ○ 수중작업의 기계화로 작업의 복잡성 제거, 장치비용 절감, 진단의 효율성 증대 등 경제적, 시간적 효율 증대에 기여. 공기단축을 통한 공사비용 절감에 기여 ○ 로봇 제작, 운영 및 유지관리 산업의 활성화. 연안환경 및 재해와 관련하여 대수심 조건에 대한 조사로봇 장비 개발 활성화를 유도. 수중 로봇 제작, 운용 및 활용산업 등 신산업 개발을 통해 고용 창출 기대 ○ 경제성과 작업성의 증대로 기존 진단 기술을 개선하여 다양한 해양구조물 진단 시장 창출 기대. 잠수부 및 기존 장비로는 작업이 제한되었던 대수심 환경에서 해양구조물 진단을 용이하게 함으로써 대수심 해양구조물 지난 시장의 활성화에 기여. ○ 기계화 장비를 통해 수중 작업시 발생할 수 있는 잠수부의 산업재해를 최소화. 향후 항만해양구조물 진단 시장에서 선도적 기술로 활용하여 동남아를 비롯한 해외 시장 수출에 있어서도 유리한 입지를 선점하는 등 국가 경쟁력 제고 						
10. 연구개발 과제 규모	구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	700	1,000	1,200	1,500	500
		민간 (추정)	233	333	400	773	167
	합 계		933	1,333	1,600	2,000	667
	총 연구비 (백만원)	정부	4,900		총 연구기간	5 년	
민간		1,633					
총합계		6,533		연도별 평균소요 인력	60명		

부록 A1. 수중장비 위치인식기술/통신네트워크기술 상세 기술동향

- 수중에서 장비를 운용하기 위해서는 수중장비의 정밀한 절대 또는 상대 위치를 모션 또는 운용 시스템에서 정확하게 파악하는 것이 무엇보다 중요하고, 이를 위한 기술 개발이 필요함.
- 또한 장비를 운용하기 위한 제어 명령과 장비의 상태 파악, 장비 주변의 상황을 모션 또는 운용 시스템에서 파악하기 위한 상호 간의 통신네트워크 기술 개발도 요구됨.
- 아래의 표는 수중장비의 위치인식기술 및 통신네트워크기술에 대한 개략적인 정의 및 기술을 비교한 것으로 수중 장비 운용 목적에 맞는 기술을 선택하여 개발하는 것이 필요함.

[수중장비 위치인식기술 및 통신네트워크기술 분류]

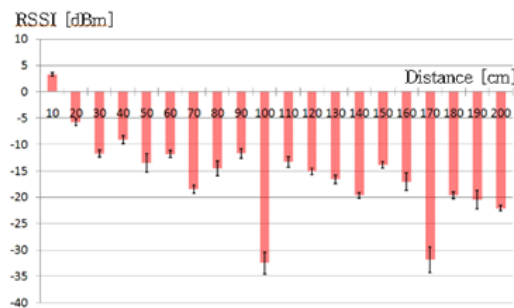
구분	소분류	기술 설명
수중장비 위치인식 기술	USBL (Ultra Short Base Line) 기술	초단기선 배치를 이용한 수중음향 위치추적 기술
	LBL (Long Base Line) 기술	장기선 배치 혹은 두 개의 트랜스폰더를 이용한 수중음향 위치추적 기술
	SBL (Short Base Line) 기술	단기선 배치를 이용한 수중음향 위치추적기술
	테더 기반 위치 인식 기술	옵티컬 센서를 내장한 광섬유를 이용하여 3차원 위치를 추정하는 기술
	추측 항법 및 센서 융합 복합 위치 인식 기술	벽면 주행 시 내장 센서, IR, 바퀴, 수심, 기울기 센서 등을 통해 위치를 추정하는 기술
통신 네트워크 기술	RF 기반 수중 근거리 위치 인식 기술	RF 신호의 감쇄정도 측정을 통한 수중 근거리 정밀 거리 측정 기술
	유선통신(광통신, 동축케이블통신) 기술	광케이블 또는 동축케이블을 활용한 고속 유선통신 프로토콜 기술
	광통신 접속 및 관리 기술	광케이블을 활용한 통신 시스템 구성 시 통신 무결성 체크 및 모니터링 기술
	RF 무선통신 기술	RF 신호를 활용한 수중 근거리 고속 무선 통신 기술
	수중 무선통신 기술	초음파 또는 청록레이저를 활용한 수중 원거리 무선 통신 기술

- 수중장비 위치인식 및 통신네트워크에 관해서는 국외에서 주로 연구되어 외산 제품을 도입하여 사용하고 있는 실정으로 최근 국내에서 소수의 연구만 제한적으로 진행되고 있어, 장비 운용을 위해 요소 기술에 대한 연구개발 필요성이 매우 높은 분야임.

가. 국내 기술동향분석

□ RF기반 수중 근거리 위치 인식 기술

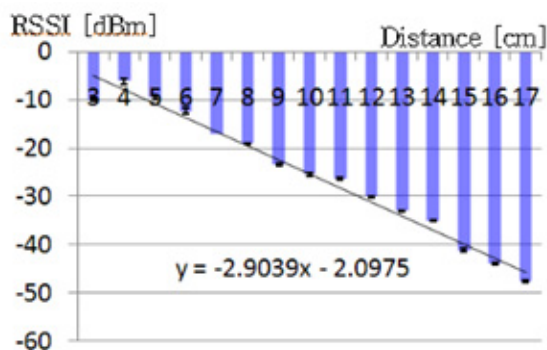
- RF 신호 기반 수중 근거리 위치 인식 기술은 서울과학기술대학교에서 독자적으로 연구개발을 진행하고 있는 기술로 수중 근거리에서 위치 인식이 가능하고 다른 수중 위치 인식 기술에 비해 저가로 시스템을 구축할 수 있으며, 사용 가능 환경에서는 매우 정밀한 거리 추정이 가능하다는 장점을 가지고 있는 기술임. 아직 까지 연구 개발 중인 기술로 상용화까지는 시간이 걸리고, 주변 환경(매질 환경, 조류 등)에 영향을 받는 단점이 있음.
- 거리 추정 기술
 - 수신된 전력의 세기가 거리에 따라 감쇠하는 특성을 가지고 거리를 추정할 수 있음.
 - 아래 그래프는 공기 중에서 송신 노드와 수신 노드 간의 RSSI(Received Signal Strength Indicator)의 변화 정도를 나타냄.



[공기 중에서 거리에 따른 RSSI의 감쇄]

- 공기 중에서는 전파의 진로를 방해하는 물체와, 공기 속의 수분 입자 등 여러 가지 급격한 감쇠 요인이 존재 하여 감쇠에 따른 거리 추정이 난해한 점이 있음.
- 공기와는 달리, 물속에서는 전파의 반사를 일으키는 장애물이 비교적 적고,

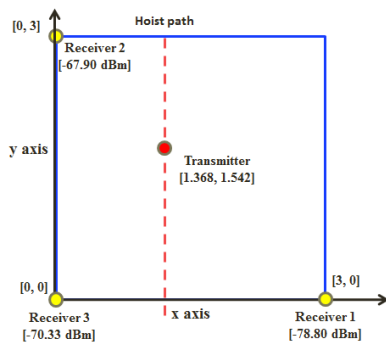
공기보다 매질 상수가 일정하기 때문에, 아래 그림과 같이 일정한 크기로 감쇄특성을 일으키는 특징을 가지고 있음. 이러한 특징은 비교적 근거리에서 정밀한 거리 추정이 가능함을 의미.



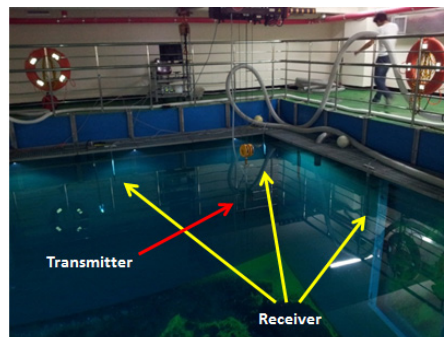
[수중에서 거리에 따른 RSSI의 감쇄]

• 위치 추정 기술

- 앞선 실험에 의한 일정한 감쇄특성을 가지고 거리 추정 데이터를 확보하고, 송신 파워와 주파수를 변경하여 아래 그림과 같이 선형 거리 추정을 가능케 하는 다수의 센서 노드와 측정 노드 위치에서의 RSSI에 따른 거리를 삼변 측량법으로 환산하여 2D 위치상의 거리를 규명한 바 있음.



[2D Localization with 3 nodes]



[실제 실험 수조 및 안테나 배치]

	Node1	Node2	Node3
RSSI value [dBm]	-72.800	-67.898	-70.327
Real distance[m]	2.2453	1.9993	2.0614
Estimated distance[m]	2.2707	1.9134	2.0818
Error [m]	0.0254	0.0859	0.020

[Test result]

- 위의 그림과 같이 센서를 배치하여 위와 같은 결과를 얻고 이를 실측 값과 비교하여, 수중 근거리에서의 위치 추정 가능성에 대해 검증한 바 있음.

□ 수중 무선통신 기술

- 현재까지 수중에서 데이터 통신의 대표적인 방법으로는 초음파 신호를 활용한 초음파 모뎀 방식이 있음.
- 초음파 모뎀의 특징
 - 원거리 송신이 가능. (over 10km)
 - 초음파의 속도는 전파의 속도에 비해 매우 느려 데이터 전송 지연 시간이 긴 단점이 있음.
 - 대역폭의 한정으로 전송 속도(수kbps)가 매우 낮음.
- 현재 사용 중인 제품은 모두 외국에서 개발된 제품이며, 최근 한국해양연구원에서도 초음파 기반 수중 무선통신 기술 개발을 진행완료 하였음. 미국에서 개발된 시스템보다 전송 거리나 속도가 2배 정도 앞서 있다고 알려져 있으며, 2011년에 LIG넥스원에 기술 이전하여 상용화를 위한 개발을 진행하고 있음.

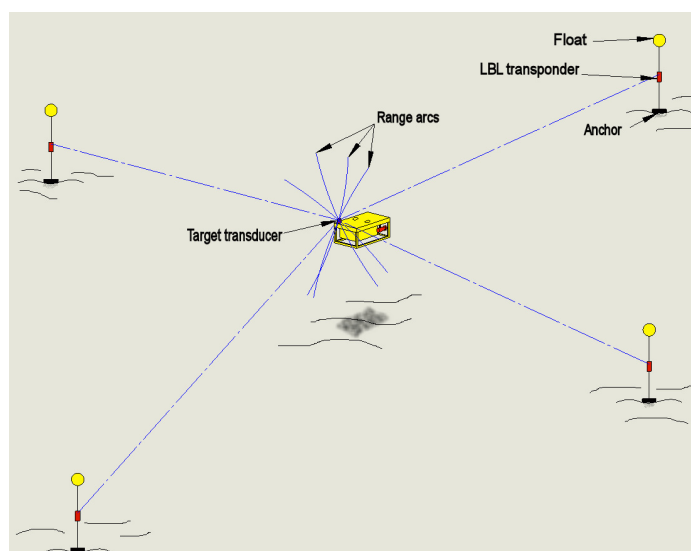
나. 국외 기술동향분석

□ Acoustic Positioning system

- 현재 수중에서 사용되고 있는 수중위치인식 시스템의 대부분은 초음파 신호의 수중 이동 시간 또는 위상차를 활용한 Acoustic positioning system을 활용하고 있음.
- 영국과 미국을 중심으로 수중 초음파를 사용하여 측위 솔루션을 상업화하여 해저 서베이, 해저 건설 등에 활발하게 사용되고 있음
- Sonardyne, Kongsberg, IXSEA 등이 유명 회사이나 아주 고가이고, Linkquest, Applied acoustics, Trittech 등에서 저가형 솔루션을 제공하고 있음
- 수중 음향 위치 인식 기술로는 추적용 센서 간 간격에 따라 LBL, SBL, USBL로 나누어짐
- LBL (Long Base Line)
 - LBL방식은 수백 미터에서 수십 킬로미터까지 넓은 영역에서 사용되는 위치

추정 방식으로 여러 개의 트랜스폰더를 넓은 간격으로 수중에 부설하여 위치 추정. 절대좌표를 알고 있는 3개 이상의 트랜스폰더와 타겟이 되는 트랜스폰더로 구성됨.

- 먼저 타겟이 되는 트랜스폰더에서 전 방향으로 음향파를 송신하고 이를 수신한 다른 트랜스폰더에서 각기 다른 신호를 재송신 함. 이때 신호의 송·수신 시간을 이용하여 타겟의 위치를 계산.
- SBL이나 USBL보다 정확성이 높지만 트랜스폰더의 설치 간격이 넓어 설치 및 회수가 어려운 단점이 있음.



[LBL 시스템의 개요]

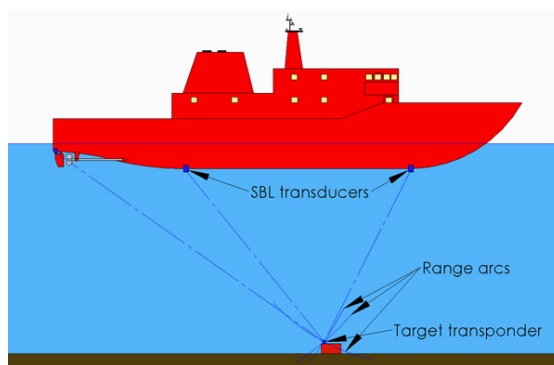
[Fusion 6G LBL System Performance]

주요 내용	사양
System Accuracy	Subsea target tracking to centimetric accuracy independent of depth
LBL Calibration	Batched baseline and batched simultaneous baseline collection
Survey Inputs / Outputs	All industry-standard Survey telegrams and proprietary Sonardyne NMEA
Ranging Precision	Better than 0.015m
Array Size	99+



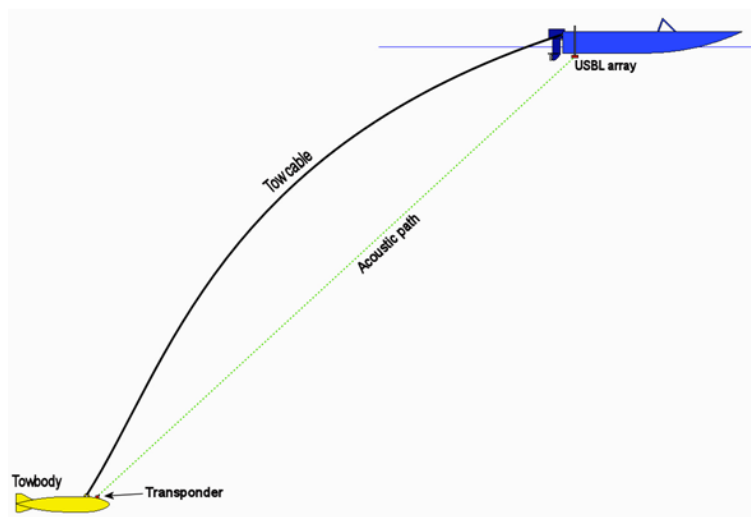
[sonardyne社(영국) Fusion 6G LBL]

- SBL (Short Base Line)
 - 수십미터 간격으로 추적용 음향센서를 설치하여 근거리 타겟의 위치를 추정
 - 비교적 정확도가 높지만 3개 이상의 음향센서를 설치할 수 있는 환경이 마련되어야 사용 가능.
 - 타겟에 부착된 트랜스 폰더에서 음향신호를 보내면 추적용 음향센서에서 수신되고, 추적용 음향센서 사이의 거리가 기선이 되어 타겟의 위치를 계산
- 기선의 거리가 적어도 10m 이상이 되어야 하므로 대부분 대형선박에 적용하며 중소형 선박의 경우 부적합.



[SBL 시스템의 개요]

- USBL (Ultra Short Base Line)
 - 수~수십cm 간격으로 배치된 음향센서 배열을 설치하여 타겟의 위치를 추정.
 - 단일 센서배열이므로 설치가 용이하지만 정확도가 낮은 단점이 있음
 - 타겟에서 송신된 음향 신호를 설치한 음향센서 배열에서 수신할 때 센서의 간격에 의해 발생하는 시간 지연, 위상 지연을 이용.
 - 음향센서 배열이 설치되어있는 모선의 중심축에서 벗어날수록 위상차가 상대적으로 짧아지는 효과가 나타나 위치 추적 오차가 커짐.
 - USBL 이외에 수압계 등의 추가적인 센서 필요.



[USBL 시스템의 개요]

[Ranger 1 USBL System Performance]

Operating Range*		>6,000 metres (Proven)
Acoustic Coverage		$\pm 90^\circ$ or $\pm 50^\circ$ (Depending on transceiver type)
Accuracy*	(Typical)	0.27% 1 Drms Slant Range (63% of fixes within 2.7 metre radius in 1,000 metres water depth) or 0.20% 1 Sigma Slant Range (39.4% of fixes within 2 metre radius in 1,000 metres water depth)
	(Achievable)	0.13% 1 Drms (Lodestar Optimised USBL)
Tracking		Supports tracking of 1 surface vessel and 4 subsea targets (Ranger) Supports tracking of 1 surface vessel and 10 subsea targets (Ranger-Pro)
Maximum Update Rate		1 second, independent of water depth (Ranger-Pro only)

[Ranger 1 USBL Transceivers Performance]

Type Numbers	8021	8023
Operating Frequency	MF (18-36kHz)	MF (18-36kHz)
Ranging Accuracy	Better than 0.2 metres (0.03 metres Wideband)	Better than 0.2 metres (0.03 metres Wideband)
Positioning Repeatability	Better than 0.1% of slant range 1 Drms	Better than 0.1% of slant range 1 Drms
Deployment Method	Through-hull or Over-the-Side	Through-hull or Over-the-Side
Dimensions (LxDia)	410mm (16.14"") x 225mm (8.86"")	487mm (19.16"") x 300mm (11.81"")
Weight in Air	28kg	41kg
Weight in Water	13.5kg	21kg



[sonardyne社(영국) Ranger 1 USBL]

□ 테더 기반 위치 인식 기술

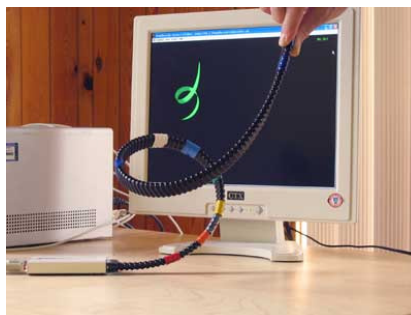
- 광섬유 센서는 광섬유에 격자를 새겨 변형량을 이용하여 온도나 압력센서로 사용되거나 회전방향에 따라서 진행하는 빛과 반대로 진행하는 위상차를 가려 자이로스코프로 활용하거나 의료기기 등에 접목시키기도 함.
- 광섬유 감지기의 연구는 선진국의 경우 1980년대부터 군수산업, 항공우주분야와 같은 첨단산업에 계속 적용되고 있으며 이에 따라 핵심기술은 대부분 기밀로 분류되어 있음.
- 90년대 들어 광섬유 센서 관련 기술이 일반 산업계 특히 교량, 댐, 발전소 등 토목건축과 같은 일반 사회 기반구조물에도 적용되고 있음.
- 광섬유 감지기에 관련된 연구는 미국의 Maryland대, Virginia 주립대, 미해군연구소, 영국의 Strathclyde대, 캐나다의 Toronto대, 일본의 동경대 등지에서 활발히 연구가 진행되고 있음.
- 미국 California 대학을 포함한 다수의 토목공학분야에서 이러한 기술의 발전가능성과 우수성을 높게 평가하여 실제 토목 구조물에 적용하기에 적합한 광섬유 센서 시스템을 개발하고, 개발된 시스템을 이용해 구조물의 안전성을 감시하는 연구를 활발히 수행하고 있음.
- 선진국에서조차 광섬유 센서 기술에 대한 기초 기술 개발은 대부분 성숙 단계에 접어들고 있어 기초 구성요소들의 가격은 많이 내려갔으나 아직까지도 광학 구동 장비 등의 가격이 높아 쉽게 접근하기 어려운 상황임.
- 또한 수중에서 사용가능한 수중 계측 모델로의 개발 연구는 아직까지 미비한 실정임.
- 국내의 광섬유 감지기에 관한 연구는 개별적 광섬유 감지기에 대한 기초적인 수준에서 서서히 실구조물로의 적용연구로 확대되는 단계임.
- 광섬유 센서를 이용한 구조물의 안전진단 기술은 광학, 전자, 기계 및 토목분야가 결합된 복합적인 분야로 각 분야의 균형 잡힌 수준이 요구되나 국내의 실정은 선진국에 비해 많이 뒤떨어져 있음.
- 초기에 광섬유 센서 자체에 대한 연구는 광통신 관련 일부 산업체와 연구소 등에서 수행되어 왔지만, 최근에는 KAIST, 서울대, 포항공대 등 여러 대학 연구실에서 광섬유 센서 시스템 개발 연구와 개발된 시스템의 적용 연구를 활발히 진행하고 있음.
- 하지만 이러한 연구들은 대부분 소형 구조물이나 연구실 단위에서 이루어지고 있는 실정이며, 최근에 몇몇 소규모 벤처 회사를 중심으로 실 구조물로의 적용이 서서히 이루어지고 있는 실정임.

- 또한 외국의 사례와 같이 수중 구조물의 건전성 및 수중 로봇의 상태 감시를 위한 연구는 매우 미비한 실정임.
- 다양한 분야에 응용되고 있는 광섬유 센서는 특히 전송거리가 길고 외란을 거의 받지 않으며 수중에서 사용이 가능, UUV의 위치검출이나 기타 수중에서 활용 가능한 센서로의 연구도 활발히 이루어지고 있음.
- 분해능이 뛰어나고 다 기능적으로 광범위한 물리량이 측정 가능하며 다중화가 가능하여 한 케이블 회선으로 다중 변형량을 측정가능.



[다양한 분야에서 광섬유의 활용]

- Smart Tether를 활용한 형상 및 위치 검출
 - 광섬유를 사용한 수중 위치 인식 기법에 관한 연구는 일본 동경대학교에서 이루어진 바 있으며, 수중 장비를 운용하기 위한 테더에 광섬유 격자를 새겨 테더의 구부러진 정도를 파악하여 장비의 위치를 추정하는 기술로 심해에서 운용되는 장비의 특성 상 테더의 형상이 급격하게 변하지 않는다는 점을 활용하여 3차원 위치를 추정하는 기술임.
 - 아직까지는 테더의 가격이 높고, 정밀도가 낮기 때문에 상용화되지는 않고 있으나, 추후 기술 개발 여부에 따라 활용 가능성이 매우 높은 기술임.



[Measurand社 ShapeTape]

[ShapeTape Performance]

Dimensions of tape	1.3 x 13 x 1800 mm nominal
Dimensions of interface box	16 x 54 x 168 mm nominal
Operating temperature	-20 to 50 deg c
Sensitive zone	outboard 480 mm contains 16 sensors arranged in 8 pairs
Sensor length	each sensor integrates curvature over a 60 mm portion of the sensitive zone
Sensor pair	each pair resolves bend and twist, using calibration constants
Calibration	Circle, twist, & flat poses yield stored calibration constants
Data	x,y,z and orientation at 16 or more points along sensitive zone, relative to inboard reference end
Calibrated Range of each sensor	± 40 mm radius bend; ± 22.8 deg twist Safe Bending radius: ± 20 mm radius
Safe Bending radius	± 20 mm radius
Endpoint resolution	0.3 mm rms, x,y, or z; 0.5 deg, roll, pitch, or yaw
Other locations on tape	errors reduce toward inboard reference end, within range and sampling limits
Maximum data acquisition speed	110 Hz
Included	Wall mount power supply (60 Hz, 120VAC), serial cable, interface box, and tape
<p>Calibrated Range of each sensor: ± 40 mm radius bend; ± 22.8 deg twist Safe ending radius: ± 20 mm radius Spatial sampling limits: each monotonic (single olarity) Curve requires two sensor lengths</p> <p>Operating range for end of 'U' shape: two elliptical volumes, 160 x 250 mm each. Endpoint accuracy within operating range and sampling limits: 1-3% of length is a reasonable expectation for postional errors; thus, for the first 100 mm of a tape, the error can be expected to be 1-3 mm, and if the tape is 1000 mm long, the error at he tip can be expected to be 10-30 mm.</p>	
Price	\$ 7,680 (16 channel / Data Acquisition H/W and S/W ,shipping charge)

□ **추측 항법 및 센서 융합 복합 위치 인식 기술**

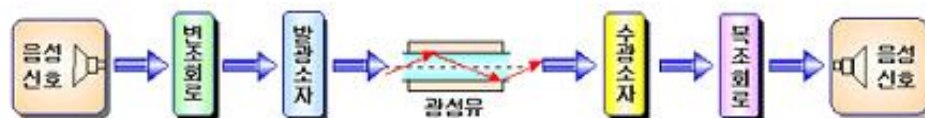
- 초음파 측위의 특성상 Outlier가 종종 발생해서 단독으로는 사용하기 힘들고 다른 센서와 융합하는 솔루션을 개발하는 추세임.
- 절대 위치 추정에는 초음파 측위와 속도 센서, 자세 센서를 융합하는 것이 최근 많이 활용되고 있는 솔루션임.
- 속도 센서의 계측 범위를 벗어나는 부분에 관성 솔루션을 융합하면 모든 수중 영역에 대한 신뢰성 있는 솔루션이 확보될 것으로 추정됨.
- 수중정밀항법 솔루션을 확보하고 있는 국가나 개인은 핵심 알고리즘에 대해 개략적인 설명만 수행할 뿐 상세한 내역은 정보를 공유하지 않음.
- 수중 정밀항법의 경우 수중 무기체계의 성능과 직결됨. 일례로 정밀 관성항법 센서를 수입하기가 까다로우며 연구용으로 사용할 것이란 명시가 필요하며, 최근 각광받고 있는 도플러 속도계 이용 솔루션이 성능이 높아지자 외국 정부에서는 도플러 속도계에 대해 수출 관리 물품에 등록한 사례가 있음.
- 수중 항법 솔루션 업체 간 경쟁이 치열하고 지속적으로 보다 나은 솔루션이 개발되고 있음.
- 국내에서는 해양연구원에서 센서 융합 기반 수중 항법 솔루션을 선진국 수준으로 확보하고자 연구 개발하고 있음.
- 다만 센서 하드웨어 제작 기술이 선진국에 비해 뒤쳐지기 때문에 고가 솔루션으로만 가능하며, 점진적으로 센서를 국내에서 제작하여 솔루션의 구현 단가를 낮추는 노력이 수행되어야 함.

□ **유선통신(광통신, 동축케이블통신) 기술**

- 대부분의 수중 장비 운용에 활용되고 있는 기술로 광섬유 통신 케이블 또는 동축케이블을 활용하여 통신을 수행하고 있음. 통신 기법보다는 통신 케이블 제작 기술이 핵심이며, 최근 LS전선에서도 수중 광섬유 통신 케이블 개발을 진행하고 있음.

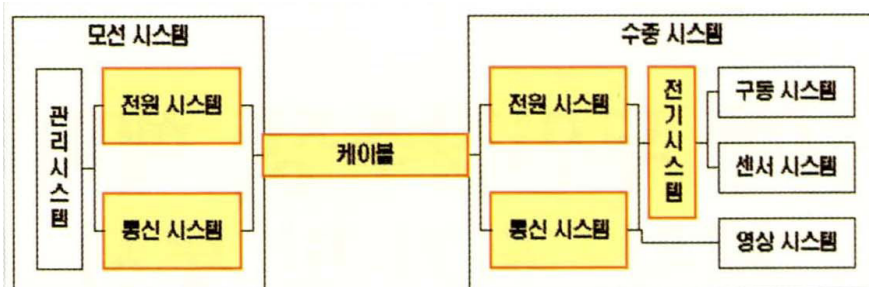
□ 광통신 접속 및 관리 기술

- 광통신의 정의는 물리적 전송 회선으로 빛을 사용하는 광섬유를 통해 전기신호를 광 신호로 바꾸어 정보를 전달하는 원리.
- 광통신 시스템의 대표적인 예로 전송 매체로 광섬유 전송로, 광원으로 반도체 레이저 또는 발광 다이오드, 수광기로서 광검파기를 사용하는 광전송 시스템 등이 있음.



[광통신 진행 과정]

- 위 그림처럼 광통신을 이용해 전송하고자 하는 정보는 전기신호로 변환되고 전기신호는 레이저, 포토(광) 다이오드 등에 입력되어 빛으로 변환함
- 전송하는 정보가 음성이라면 일반 전기 통신에서와 같이 펄스부호화 변조(PCM)과정을 거치므로 광·전기 변환장치에 입력되는 신호는 1,0 의 2진 신호로 변환됨
- 초기의 광섬유는 손실율이 매우 높았으나 그 후 현격하게 개선되어 100km 이상을 무 중계로 전송할 수 있게 되었음. (동선로에서 가장 손실이 적은 표준 동축 케이블이 2.5 MHz 신호 전송시 3.5 dB/km, 광섬유는 1 GHz 신호 전송시 0.4 ~ 1 dB/km 수준임)
- 크기가 매우 가늘고 가벼워 임베디드에 적합
- 국내에서는 해미래에 적용되었던 광통신 기술은 전력을 공급하는 테더와 함께 삽입되어 지는데 최종 삽입되었던 2차 테더에서는 3개의 전력선과 4개의 광섬유로 통신과 센서 정보를 얻어지도록 구현되었던 사례가 있음



[심해 무인잠수정의 기능 및 구성]

□ RF 무선통신 기술

- 전자기파(Radio frequency)를 이용한 통신 가능성
 - 전자기파를 이용한 수중 무선 통신 체계는 물 분자의 전자기파 흡수율이 매우 높아 상용화 된 제품은 거의 없고, 활용 가능성에 대한 연구가 진행 중임.
 - 소수의 ROV, AUV 개발 업체들이 공기 중에서 사용되는 전파를 활용하여 수중 초 근거리 영역에서 사용하는 시도가 있음.
- 삼성 탈레스 BOTO, 한화 ISIMI 100
 - 2.4GHz 대역의 상용 주파수를 사용하여 작전 임무 수신 및 운용 상황을 전송하는데, 수면에 나올 경우에만 사용하고 있음.



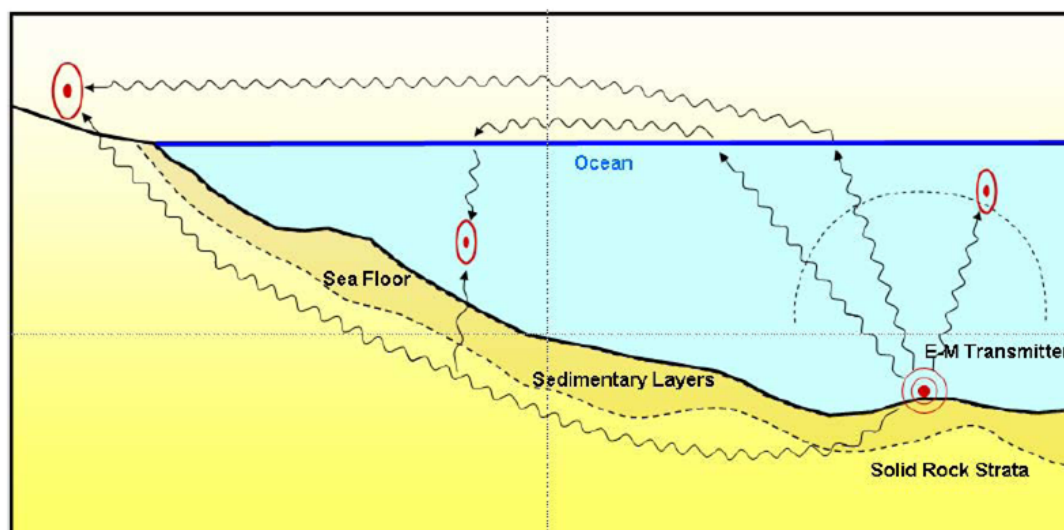
[삼성 BOTO]

- 전자기파를 이용한 근거리에서의 통신 가능성에 대한 논문 및 실험이 진행이 된 바가 있음.
 - Development of Underwater Localization System using RF Signals (2.4GHz 대역의 주파수를 이용하여 근거리에서 RSSI 확인 및 통신가능성 검증)
- 수중 RF무선 통신의 연구 동향(WFS systems)
 - 수중에서 전자기파는 평면파의 형태로 전달되며, 이러한 평면파는 전파 에너지를 크게 발산시키기 때문에, 쉽게 소멸되지만 이런 감쇠에도 불구하고, 고속 근거리 통신(수백 Mbps)이 가능하고, 초음파에 비해 빠른 전파 특성을 가지고 있어, AUV의 영상 송수신 등에 유리할 것으로 판단됨.

	0.2m	1m - 2m	10m	50m	200m
Seawater	10 - 100 Mb/s	1 - 10 Mb/s	20 - 50 kb/s	1 - 10 kb/s	50 - 100 bps
Freshwater	10 - 100 Mb/s	5 - 20 Mb/s	100 - 200 kb/s	3 - 10 kb/s	100 - 200 bps
Applications	Contactless connector replacement for fast data transfer	Data capture from logging devices to AUV	Diver voice and low frame rate video	Image transmission, networking	AUV control, diver synthesized voice, data logging

[거리별 전송 대역폭 및 가용성]

- 전자기파는 물이 아닌 다른 매질을 투과하게 되면 감쇠의 정도가 현저히 떨어지게 되어 원거리 통신도 가능함. 하지만 통신 신뢰도가 매우 낮기 때문에 아직까지는 가능성 검증 수준으로 진행되고 있음.



[타 매질을 이용한 원거리 수중 통신 가능성]

□ 수중 무선통신 기술

- 앞서 언급한 바와 같이 현재까지 수중에서 데이터 통신의 대표적인 방법으로는 초음파 신호를 활용한 초음파 모뎀 방식이 있음.
- 상용화 되어 있는 초음파 모뎀은 아래와 같으며, Link-quest社 UWM2000기준 \$15,000 정도의 가격이지만 성능은 매우 낮은 수준임.

UWM1000



- RS-232 data rate: 9600 bits/second
- Payload data rate: 7000 bits/second
- Acoustic link: 17.8k bits/second
- Bit error rate: less than 10^{-7}
- Transmit mode power consumption: 1 Watt
- Receive mode power consumption: 0.75 Watt
- Sleep mode power consumption: 8 mW
- Beam width of transducer: 120 or 70 degrees
- Operating frequency: 26.775 to 44.625 KHz
- Working range: 350 m
- Maximum depth: 200 m
- Voltage: 9V - 24V
- Overall length: 235.7 mm
- Housing diameter: 87.2 to 126.2 mm
- Weight out of water: 4.2 kg
- Weight in water: 2.3 kg
- Optional data rate: 19200 baud

UWM2000



- RS-232 data rate: 9600 bits/second
- Payload data rate: 6600 bits/second
- Acoustic link: 17.8k bits/second
- Bit error rate: less than 10^{-7}
- Transmit mode power consumption: 4 Watts
- Receive mode power consumption: 0.8 Watt
- Sleep mode power consumption: 8 mW
- Beam width of transducer: 60 degrees
- Operating frequency: 26.775 to 44.625 KHz
- Working range: 1500 m
- Maximum depth: 200 m (surface unit) 1000 m (bottom unit)
- Voltage: 9V - 24V
- Overall length: 252.4 mm
- Housing diameter: 87.2 to 126.2 mm
- Weight out of water: 5.1 kg
- Weight in water: 2.7 kg
- Optional data rate: 19200 baud

UWM3000



- RS-232 data rate: 2500 bits/second
- Payload data rate: 2000 bits/second
- Acoustic link: 5000 bits/second
- Bit error rate: less than 10^{-7}
- Transmit mode power consumption: 3 or 12 Watts
- Receive mode power consumption: 0.8 Watt
- Sleep mode power consumption: 8 mW
- Beam width of transducer: 210 degrees
- Operating frequency: 7.5 to 12.5 KHz
- Working range: 3000 m
- Maximum depth: 700, 3000 or 6000 m
- Voltage: 18V - 28V
- Overall length: 410 mm
- Housing diameter: 140 mm
- Weight out of water: 6.7 kg
- Weight in water: 4.1 kg
- Optional data rate: 5000 baud

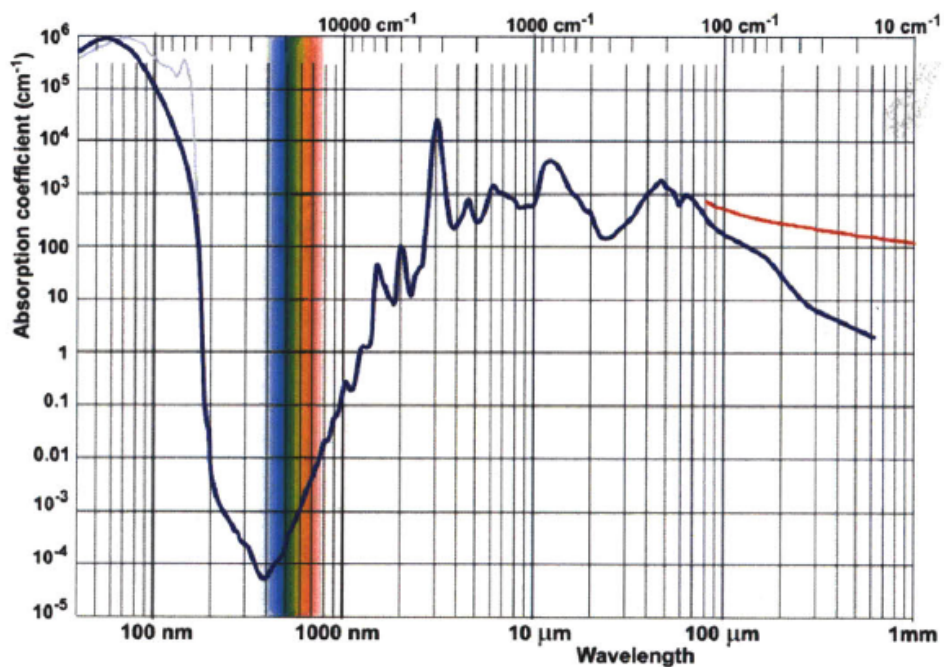
UWM4000



- RS-232 data rate: 4800 bits/second
- Payload data rate: 3200 bits/second
- Acoustic link: 8500 bits/second
- Bit error rate: less than 10^{-7}
- Transmit mode power consumption: 7 Watts
- Receive mode power consumption: 0.8 Watt
- Sleep mode power consumption: 8 mW
- Beam width of transducer: 80 degrees
- Operating frequency: 12.75 to 21.25 KHz
- Working range: 4000 m
- Maximum depth: 3000 m or 6000 m
- Voltage: 12V - 28V
- Overall length: 286 mm
- Housing diameter: 144 mm
- Weight out of water: 8.2 kg
- Weight in water: 4.6 kg
- Optional data rate: 9600 baud

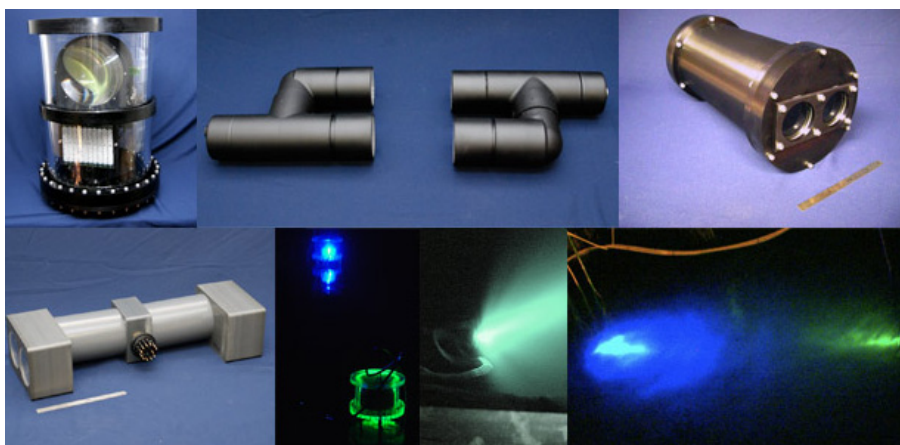
[System Performance]

- 최근 블루그린 LED, 레이저를 활용하여 통신 방법에 대한 연구가 진행되고 있으며, 430~550nm의 파장을 가진 레이저로 해수에서의 감쇄가 적은 투과창 (water window) 영역을 활용하는 방법임.
 - 해수는 거의 모든 영역의 전자기파를 강하게 흡수하지만 청록색 영역에서는 비교적 멀리까지 전파됨. 이러한 특성에 기인하여 해저거리 측정, 해저통신, 영상 등 수중에서의 활용에 대한 연구가 진행되고 있음.



[다양한 파장의 전자기파의 흡수계수]

- AMBALUX社(미국)에서 40m에서 10Mbps의 통신속도를 지원하는 레이저 기반 광 통신 시스템을 개발하여 판매하고 있음.



[AMBALUX社 1013C1]

[1013C1 System Performance]

Data Rate	10 Mbps
Data Format	10BaseT Ethernet/TCP/IP/UDP
Data/Power Interfacet	Subconn Circular 12 wet-mateable connector
Range	up to 40 meters nominal, depending on ambient conditions
Viewing Angle	+/- 5 degree off boresight, minimum Nominal +/- 25 degrees
Input Voltage	24VDC
Input Current	Transmitter: 1.5 A nominal Receiver: 0.3 A nominal
Weight	Transmitter: 4.81 lbs (dry) Receiver: 6.14 lbs (dry)
Displacement	Transmitter: 6.6 lbs Receiver: 6.6 lbs
Net Buoyancy	Transmitter: 1.79 lbs (positive) Receiver: 0.46 lbs (positive)
Maximum Operating Depth	200 feet
Temperature	Operating: 0 C min/ 30 C max Storage: -20 C min/ 50 C max

부록 A2. 구조물부착진단장비 상세 기술동향

- 우리나라 항만시설의 25%이상이 1960~1970년대에 개발된 것으로 항만시설물의 노후화가 빠르게 진행되고 있고, 가까운 일본의 경우에도 50년 이상 되는 노후 항만시설이 2016년 14%, 2026년 42%로 급증할 것으로 예상하고 있음.
- 현재 우리나라는 항만개발은 완료단계에 있으며, 향후 신규건설에 대한 요구보다 기존시설물의 점검 및 유지보수에 대한 요구가 더욱 증대할 것으로 예상됨. 또한 매년 증가하는 대규모의 자연 재해로 인한 방파제 및 항만구조물의 파손은 유지관리의 중요성을 대변해 주고 있음.
- 항만 구조물은 크게 중력식과 잔교식으로 구분할 수 있고, 점검 방법은 크게 외관검사, 비파괴검사로 구분 될 수 있음. 현재 대부분의 작업은 잠수사에 의한 외관검사나 수중 비파괴 검사 장치를 잠수사가 직접 설치 및 측정하는 형태로 이루어짐.
- 잠수사에 의한 수중작업의 경우 작업환경의 특성상 획득한 데이터의 신뢰도가 떨어질 우려가 많을 뿐만 아니라, 작업인력의 공급문제, 신체상해 및 잠수병의 산재문제 등을 근원적 문제를 가지고 있음. 이를 해결하기 위해 무인화, 기계화를 위한 장비의 개발이 시급함.
- 무인화 기계화 장비는 수중 구조물에 부착되어 안정적으로 위치를 유지할 수 있을 뿐 아니라 부착상태에서 자율적인 이동이 가능하고, 점검용 센서 및 툴을 부착하여 점검 작업을 수행할 수 있는 구조를 가져야 함.
- 국내에는 항만구조물 검사에 특화된 기계화 장비의 개발 사례는 없으며 교량, 댐 그리고 원자력 발전기 등의 토목 구조물의 수중부를 검사하기 위한 장비나 선박 선저면, 탱크 내부의 검사 및 청소를 위한 장비 연구/개발/활용 등은 이루어지고 있음.
- 해외의 경우 NDT 센서 및 툴을 부착하여 진단할 수 있는 플랫폼을 다양한 형태로 개발하여, 수중 구조물, 파이프라인, 원유개발 시설 등에 적극 활용하는 추세임.

가. 국내 기술동향분석

□ 흡착식 부착장비

- (주)동현씨스텍은 진공흡착식 로봇 플랫폼을 개발하여 배관 보수용 로봇, 수중 청소용 로봇, 그라인딩 로봇, 초고압 워터젯 로봇, 블라스팅 로봇 등을 개발함.
 - 진공흡착방식은 에어 구동모터를 이용하여 휠-세트를 회전 구동시킴으로써 로봇 본체를 물체 표면에 밀착한 상태로 이동 가능케 하는 기술임. 이러한 방식은 작업하는 표면 재질이나 불규칙한 표면 상태와 관계없이 작업이 가능하다는 이점 이외에도 벽면, 천장, 바닥 면 등 어디에서도 작업이 가능하다는 장점이 있음.

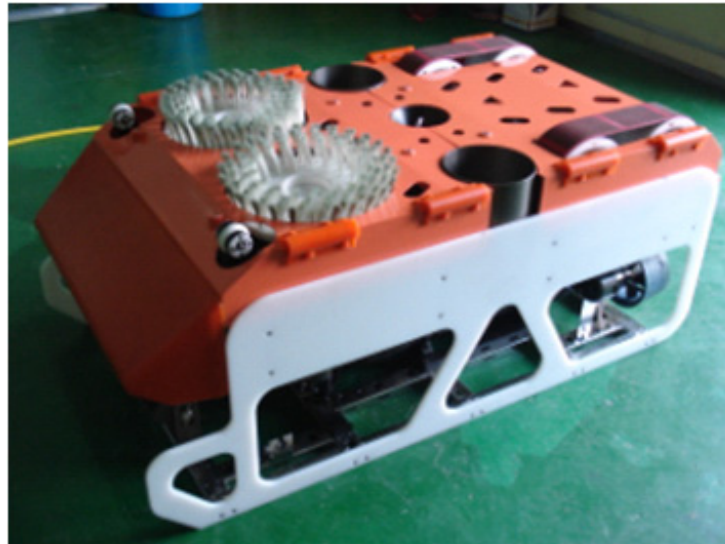


[진공흡착식 산업용 로봇]

□ 추진식 부착장비

- 대원기전은 대양전기공업, 대우조선해양과 함께 산업자원부 지역산업기술개발사업의 일환으로 “선박검사 및 청소용 수중로봇 개발”과제를 5년간(2004년 ~ 2008년) 수행하여 사업화 단계에 있음.
 - 개발된 장비는 ROV형태로
 - 장비무게 : 약 300kg(dry mass), 수중 중성부력
 - 벽면부착 추진기 : 1.25kW급 스러스터(BLDC모터, 추력 : 약 25kg) 2Set

- 장비는 수중유영이 가능하여 작업위치로 접근하고, 작업위치 부근에서 본체를 수직으로 세워 선체벽면에 부착하여 청소 및 검사 작업을 수행. 부착 후 캐터필러 형태의 주행부를 구동하여 부착된 상태로 선체벽면의 주행이 가능하며, 브러시를 회전시켜 표면을 청소하고, Optical 카메라, 수중 초음파 센서 등을 활용하여 청소된 부분의 검사를 수행함. 운영은 선상에서 원격제어를 통해 세미 오토방식으로 이루어짐.



[선저 청소/검사용 수중로봇]

□ 관절식 부착장비

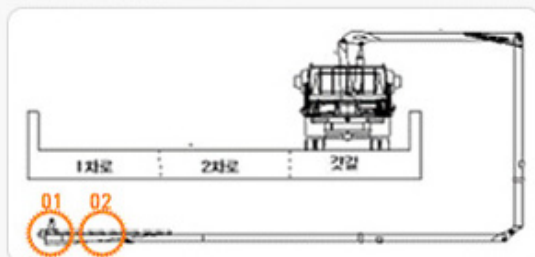
- 육상 교량 점검의 경우 작업을 위한 접근이 어려워 작업자의 안전성, 막대한 비용 및 시간투자, 점검결과의 신뢰성과 객관성 확보에 어려움을 겪고 있음. 이의 해결을 위해 2005년 설립된 한양대학교의 교량조사 로봇 개발 연구단(BIRDI)에서 검사 기계화 장비를 개발함.



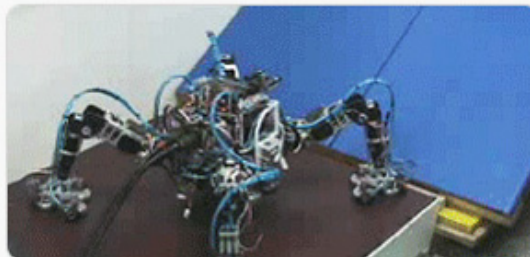
[BIRDI 기계화 장비]

- 개발된 장비는 로봇 플랫폼 시스템, 머신 비전 시스템, 데이터 관리 시스템의 3단계로 구성되어 있음. 로봇 플랫폼 시스템은 점검위치로 측정용 툴을 이송시키는 장치로 굴절차의 개념으로 개발되었으며, 4관절 붐(최대 12m)과 붐의 말단에 장착될 로봇 플랫폼으로 구성됨. 약 50kg의 로봇 플랫폼을 말단에 장착하여 운용 가능하며, 또한 저속 주행장치를 장착해 붐을 펼친 상태로 신속한 이동이 가능하여 작업 효율을 높였음. 또한 GPS시스템을 이용하여 점검 위치를 정확히 측정하고 각종 센서 활용으로 현재 작업 중인 붐의 상태를 모니터링해 신속하고 편리한 작업관리가 가능하도록 시스템을 구현함.
- BIRDI는 점검 대상 교량의 위치, 환경과 형식 등에 따라 첨단굴절로봇차 뿐만 아니라, 비행로봇, 벽면 보행로봇, 첨단이송로봇의 네 가지 형태로 적용분야를 다양화하여 개발 중임.
- 레일이송로봇은 신설교량의 경우 바닥판에 레일을 부착하여 시공하고, 탈착이 가능한 이송로봇으로서 교량 점검시 원격조정에 의해 조사가 가능한 시스템임.
- 비행로봇 플랫폼은 4개의 프로펠러로 이루어진 UAV와 CCD 카메라를 탑재하고 교량의 바닥판에 붙어 이동이 가능하도록 4개의 바퀴로 구성되었으며, 좌우 이동 및 회전이 가능함.
- 또한 굴절로봇차의 접근이 어려운 교량하부 및 교각의 점검을 위해 벽면에 부착되어 이동이 가능한 벽면보행로봇을 개발 중에 있음.

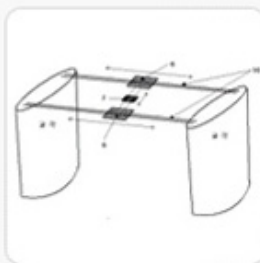
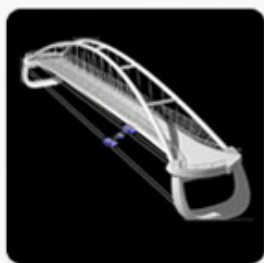
침단 자동탐사 굴절로봇차



보행형 벽면검사 로봇



스마트 레일이송 로봇



QUADROTOR 비행로봇



[교량환경에 따른 점검용 장비개발]

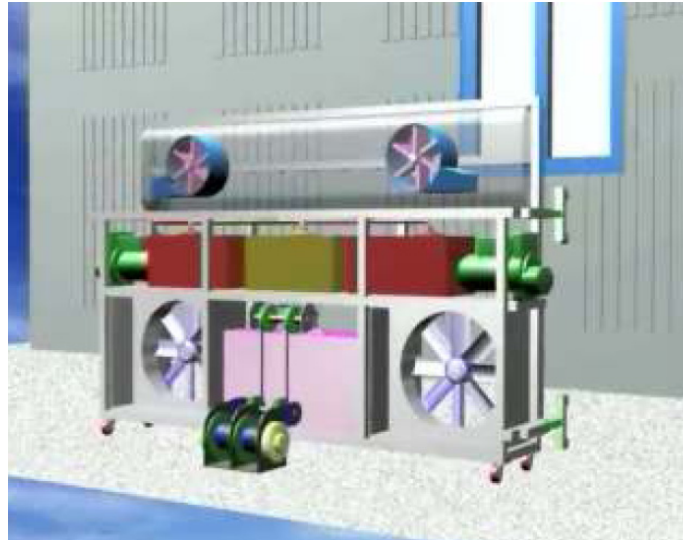
- 한국도로공사 도로교통연구원에서는 U-BIROS(무인교량점검시스템)를 개발하였으며, 이는 편도 5차로 교량까지 적용이 가능하며, 로봇 4기를 장착하여 이미지 획득 시간 단축을 구현하였음.



[U-BIROS(무인교량점검시스템)]

□ Guid식 부착장비

- 한양대학교 한창수교수 연구팀은 건설기술혁신사업의 일환으로 “고층 구조물 외벽 유지관리를 위한 지능형 로봇 시스템 개발”과제를 수행 중임(2010년 ~ 2015년). 해당과제는 시공단계에서의 작업, 외벽자동검사, 외벽 타일진단 및 크랙검사와 준공 후 유지보수 측면에서 외벽 유리창 청소, 크랙검사 등의 수행을 목적으로 Built-in Guide 및 곤돌라 타입의 지능형 로봇시스템으로 구성하여 개발 중임.

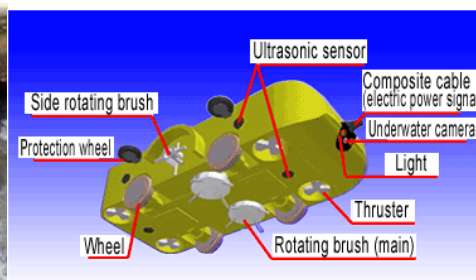


[Built-in Guide 및 곤돌라 타입의 로봇시스템 개념도]

나. 국외 기술동향분석

□ 추진식 부착장비

- 일본, 미쯔비시 중공업은 선박의 선저를 검사하고 청소하는 수중로봇을 상용화하여 사용하고 있음.
 - 4개의 수직 추진기를 이용하여 벽면에 부착하는 구조.



[선저 검사/청소 수중로봇 (일본, 미쯔비시 중공업)]

[작업환경]

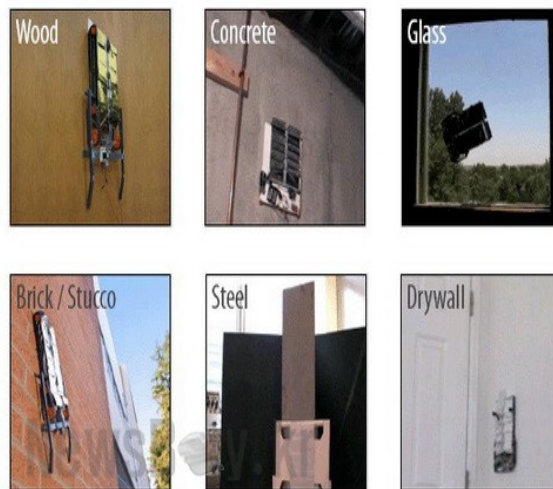
설계조건	Open conduit, closed conduit, tube (φ2m or more)
작업 최대조류	3m/s
작업 최대심도	~ 20m
작업 반경	~ 500m
작업 속도	250m ² /H or more
작업표면 확인	수중 카메라

[장비사양]

전원공급	130KVA (400V,100V)
조종방법	유무선 원격조종
추진체계	본체에 추진기 4개
크기	1400×2600×650(mm)
무게	1.5 ton (0 under the sea)

□ 전기접착식 부착장비

- 미국 SRI 연구소에서는 벽타는 로봇을 개발함. "전기접착 Electroadhesive"이라는 기술을 도입한 이 로봇은 자체 전력을 이용하여 벽면과 로봇에 설치된 패드 사이에 자기를 발생시켜 전도성, 비전도성, 굳은 재질, 부드러운 재질, 돌출부 등 어떤 벽면에서도 벽 타기가 가능한 특징을 가짐.

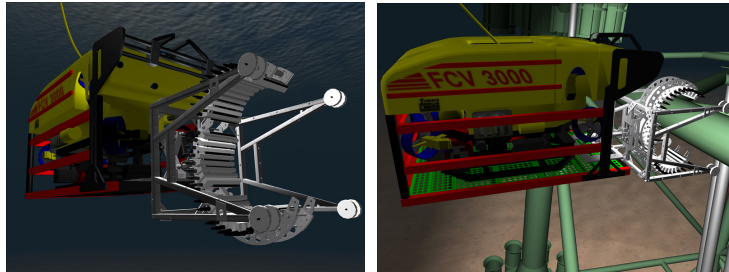


[전기접착식 로봇 (미국, SRI연구소)]

□ 파지식 부착장비

- 네덜란드, Fugro GRL에서는 수중 자켓 구조물 검사용 로봇의 설계 검증을 위한 시뮬레이터를 개발하여 그 결과를 제작에 반영함. 로봇은 자켓 구조물을 파지하

여 LRUT(Long Range Ultrasonic Tool)를 이용한 비파괴검사(NDT)를 수행할 수 있는 구조로 개발되었으며, 개발된 툴은 ROV에 장착하여 운용하는 것을 목적으로 하였음.



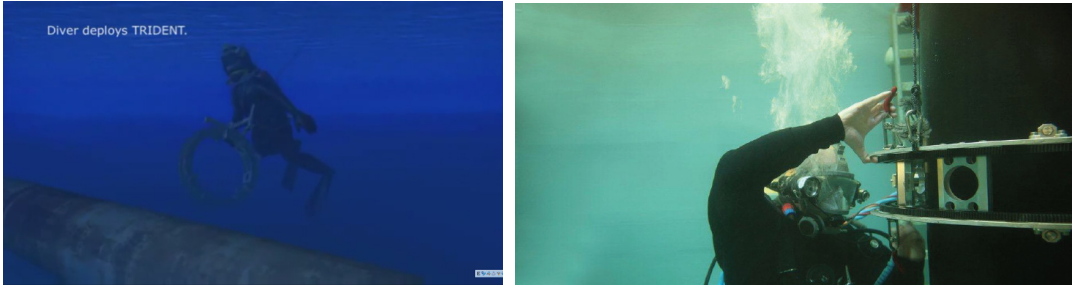
[파지용 툴을 사용한 점검용 장비(네덜란드, Fugro)]

- 2010년 영국에서는 수중 2000m까지의 심해저 석유생산설비인 Flexible risers(파이프라인의 일종)의 비파괴 검사를 수행할 수 있는 곤충형 로봇을 개발함. 로봇은 5개의 파지용 암을 이용하여 관을 따라 스스로 이동할 수 있으며, 관 주위를 회전할 수 있는 형태로 개발됨.



[관절파지형 점검용 로봇(영국)]

- 노르웨이, OCEANEERING사 에서는 부착형 비파괴 검사장비를 이용하여 수중 파이프라인 및 자켓 구조물 검사를 수행함. 수중에서 잠수부가 부착형 비파괴 검사장비를 이동시켜 구조물에 설치하면, 장비는 NDT센서를 360도 회전 및 측방으로 이동시켜 스스로 검사를 수행하며, 검사 데이터는 선상에서 실시간 모니터링 됨.



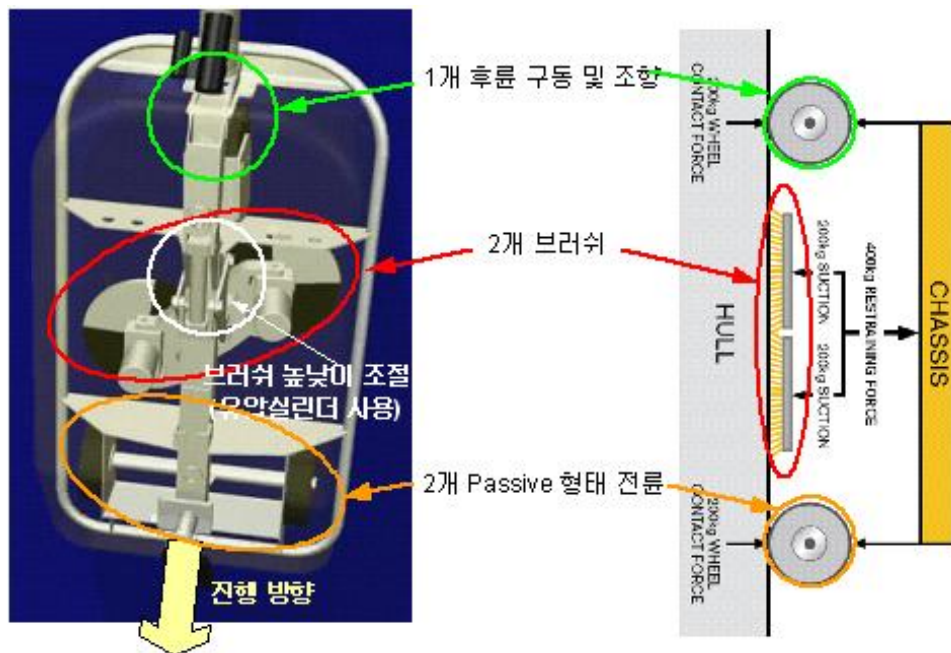
[부착식 점검장비 (노르웨이, OCEANEERING사)]

□ 흡입식 부착장비

- 영국의 UMC사는 소형 선박에서 대형 유조선까지 선저면 청소와 청소장비 제작/판매 및 수중 용접과 절단과 같은 수중 작업을 하는 업체임. 그림은 UMC사에서 대표적으로 사용되고 있는 수동 청소용 수중로봇 미니 팜퍼 청소로봇(Mini Pamper Vehicle)과 기본 설계 개념도임. 구조는 유압모터로 구동되는 1개의 후륜 구동부와 수동 조향부, 유압 실린더로 동작되는 브러쉬 높낮이 조절부로 나뉨. 브러쉬는 2개이며 브러쉬 회전 시 자동으로 흡인력이 작용하여 선박 선저면에 부착됨. 선저 흡착력은 브러쉬 1개당 약 200Kgf의 크기이며 이 힘은 브러쉬가 회전할 때 브러쉬에 함유된 물이 회전하면서 원심력에 의해 밖으로 토출되면서 브러쉬 내부에 진공이 형성되므로 브러쉬 판이 선저면에 흡착되게 됨. 따라서 선저면에 흡착된 상태에서 청소머신을 주행시키면 주행 동력 소요는 다소 크지만 강한 흡착력에 의해 청소머신이 선저에 밀착된 상태에서 회전 브러쉬에 의해 선저면이 강력하게 청소됨. 로봇은 잠수사가 직접 조종하는 형태로 운영됨.

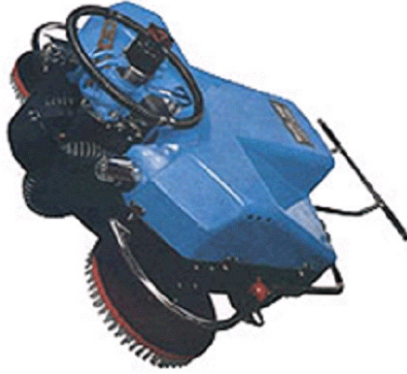


[청소용 수중로봇 (영국, UMC사)]

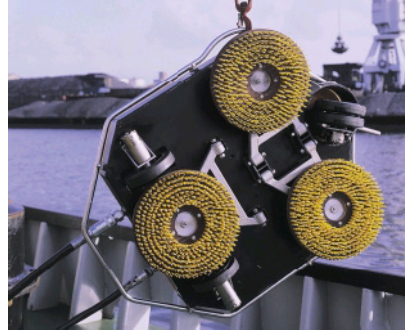


[UMC 청소용 수중로봇 기본 설계 개념도]

- 브러쉬 회전을 통한 흡입력을 발생시켜 구조물에 부착시키는 장비는 프랑스의 PhosMarine사, 벨기에의 Hydrex사 등도 있으며 여기서는 선상 유압 파워팩을 동력원으로 사용하고 유압모터를 구동시켜 성능을 구현함.



[프랑스, PhosMarine사]



[벨기에, Hydrex사]

□ Guid식 부착장비

- 일본, OBAYASHI사는 벽면 타일 진단 로봇 "점검총"을 개발하여 빌딩 외벽 타일의 박리 진단을 수행함. 로봇은 옥상 레일로부터 매달린 2개의 와이어 로프를 이용하여 건물 외벽상을 승강해 타일의 박리 진단을 실시함.



[점검총 (일본, OBAYASHI 사)]

□ 청소용 툴

- 구조물의 검사를 위해 표면의 상태를 검사조건에 맞출 필요성이 있음. 특히 수중구조물의 경우 시간의 흐름에 따라 물이끼 -> 해초 -> 따개비 -> 홍합/큰 조개 등의 순으로 표면이 오염되는 것으로 알려져 있음. 수중 청소용 장비의 경우 오염물을 제거하기 위한 다양한 툴들이 활용되고 있음.
- 표면 오염물 제거를 위한 대표적인 툴로 브러시가 있으며, 벨기에 Hydrex사의 경우 다양한 활용범위를 가진 cleaning disc와 브러시를 제품화하여 공급함.



[브러쉬의 종류 (벨기에 Hydrex사)]

[Tool Selection Chart - 오염물에 따른 브러쉬 선정표]

TYPE OF MACHINE	TO BE USED ON	THICK HARD FOULING	THIN FOULING	THICK SOFT FOULING	SOFT CLEANING	GRASS	POSSIBLE DISC CHOICE	DESCRIPTION	PARTICULARS	
MC-211	curved	x					211-901	Standard scraper disc	Better finishing grade	
							211-902	Rilsan-scraper combination disc	Very hard fouling	
							211-903	Steel-scraper combination disc	(barnacles, tubeworms, etc.)	
	or flat		x				211-906	Steel wire brush (0.8 tufts)	Particularly effective on irregular surfaces	
					x		211-901	Standard scraper disc		
	with						211-902	Rilsan-scraper combination disc	Better finishing grade	
		diameter				x		211-909	Rilsan brush	Hard bristles for normal coatings
	>300mm							211-910	Polypropylene brush	Soft bristles for delicate coatings
							x	211-907	Steel wire brush (0.6 tufts)	Only for soft (short and long) grass
	THYPOON MC-311	curved	x					311-902	Rilsan-scraper combination disc	Better finishing grade
x							311-903	Steel-scraper combination disc	For very hard fouling (barnacles, tubeworms, etc.)	
							311-906	Steel wire brush (0.8 tufts)	For normal to hard fouling	
or flat							311-907	Steel wire brush (0.6 tufts)	For normal fouling	
		surface with			x		311-907	Steel wire brush (0.6 tufts)	For normal fouling	
diameter						x	311-909	Rilsan brush	Hard bristles for normal coatings	
							311-910	Polypropylene brush	Soft bristles for delicate coatings	
>3000mm							x	311-908	Soft steel wire brush (0.5 bristle)	For soft cleaning of grass on delicate coatings

- 최근 선체벽면 도장의 손상없이 청소를 하기위한 톨로 워터젯을 적용하는 경우도 있으며, 이를 위해 노르웨이 CleanHull사는 브러쉬대신 300bar 수준의 고압을 이용한 워터젯을 사용하여 작업을 수행함.



[워터젯을 이용한 선저청소로봇 (노르웨이 CleanHull사)]

부록 A3. 수중 소나 이미징 기술동향

- 수중에서는 탁도의 영향으로 수중 카메라를 주변 지형 및 해양 인공 구조물의 외관을 모니터링하는데 한계가 있다. 수중에서 구조물의 외관과 주변 해저 지형을 모니터링 하기 위해서는 수중 초음파를 이용한 이미징 소나를 사용하는 방법이 보편적으로 사용되고 있음.
- 수중 초음파를 이용하여 해저 지형 또는 수중 구조물을 이미징 하는 방법에는 방식에 따라 3D 멀티빔 에코사운더, 3D 스캐닝 소나, 측면 주사소나, 초음파 카메라, 2D 멀티빔 이미징 소나, 2D 스캐닝 소나 등이 있다.
- 아래 표는 수중 초음파를 이용한 이미징 기술의 정의 및 각 기술을 비교한 것으로 장비 운용 목적에 맞는 방법을 선택하여 적용하는 것이 필요함.

[수중 소나 이미징 기술 분류]

구분	소분류	기술 설명
수중 소나 이미징 기술	3D 멀티빔 스캐닝 소나	2D 배열센서인 멀티빔을 전방을 향하도록 배치한 후 스캐닝 디바이스(절대각 계측이 가능한 팬틸트)를 이용하여 전방 및 주위에 있는 구조물을 정밀 매핑할 수 있다.
	3D 멀티빔 에코사운더	2D 배열센서를 모선(저주파)이나 ROV 혹은 AUV(고주파)의 하부에 부착한 후 하방을 향하도록 배치하여 위치 정보와 자세 정보를 보정하여 해저면 및 주변 구조물의 매핑을 수행하기 위한 장비.
	측면 주사 소나	측면에 두 개의 싱글빔을 배치한 후 Tow fish 등의 항체를 모함으로 끌어서 해저면의 상세한 지형의 이미지를 얻기 위한 장비.
	초음파 카메라	초음파용 렌즈를 사용하여 포커싱을 수행하는 방식으로 투사된 2D 이미지를 확보하는 방식의 장비.
	2D 멀티빔 이미징 소나	배열센서를 전방을 향하도록 한 후 15Hz 갱신률로 수중체의 투사된 이미지를 확보할 수 있는 장비.
	2D 싱글빔 스캐닝 소나	싱글빔을 기계적인 스캐닝 방법을 통하여 전방의 이미지를 확보하는 방식의 장비.

- 수중 소나 이미징 기술은 국외에서 주로 연구 개발되어 외산 제품을 도입하여 사용하고 있는 실정으로 최근 국내에서 한국해양연구원과 소나테크, DSME 유텍 등을 통하여 제한적인 연구만 진행되고 있음. 효율적인 장비 운용을 위해 요소 기술에 대한 연구개발 필요성이 매우 높은 분야임.

가. 국내 기술동향분석

□ 2D 멀티빔 이미징 소나 기술

- 한국해양연구원에서 ACTD과제의 일환으로 2D 멀티빔 이미징 소나를 개발하고 성능 시험을 수행 중임.

□ 측면 주사소나 기술

- DSME 유텍과 소나테크에서 측면 주사 소나에 관한 기술을 구현하고 성능을 지속적으로 고도화 중임.
- 소나테크에서는 멀티빔(세 개의 빔 동시 사용) 방식의 측면 주사소나의 개발에도 성공하고 성능을 업그레이드 중임.

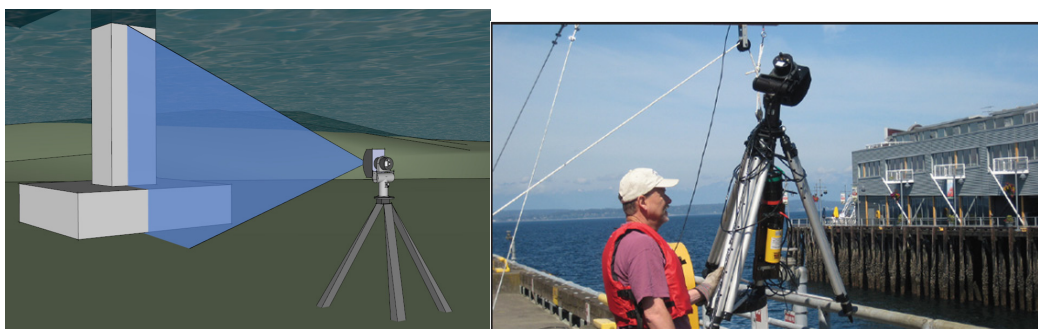


[소나테크의 측면주사소나를 이용하여 모자이크한 노력도 인근 해저면 형상]

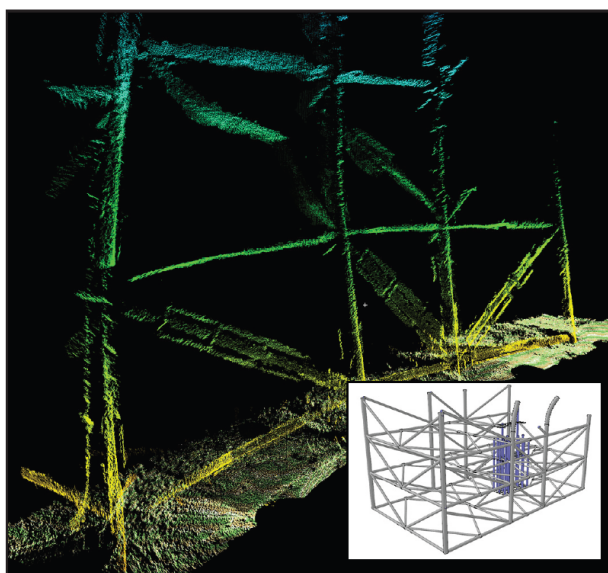
나. 국외 기술동향분석

□ 3D 멀티빔 Scanning sonar

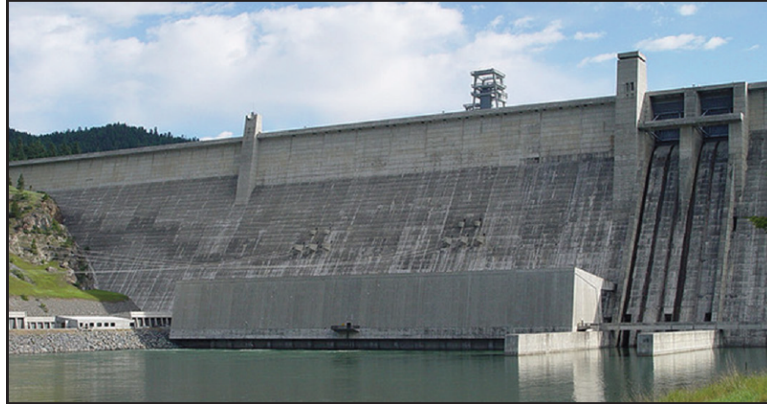
- 3D 멀티빔 스캐닝 소나는 멀티빔 에코 사운더와 원리는 동일하나 투사 방향을 전방으로 선택하고 모선과 독립적으로 고정된 삼각대를 사용하여 위치를 이동하여 팬틸트 등을 이용하여 운용함으로써 정밀한 이미지 취득이 가능함. 보다 고주파수의 소나에 사용하는 방식임.
- Blueview가 상대적으로 고가의 정밀 솔루션을 내놓았고 Imagenex는 상대적으로 저가의 솔루션을 제공함.
- 항만 내 구조물, 천해 해양 구조물의 정밀 관측을 하기 위하여 가장 적합한 솔루션에 해당함. 가격이 비교적 고가여서 도입에 어려움이 있음.



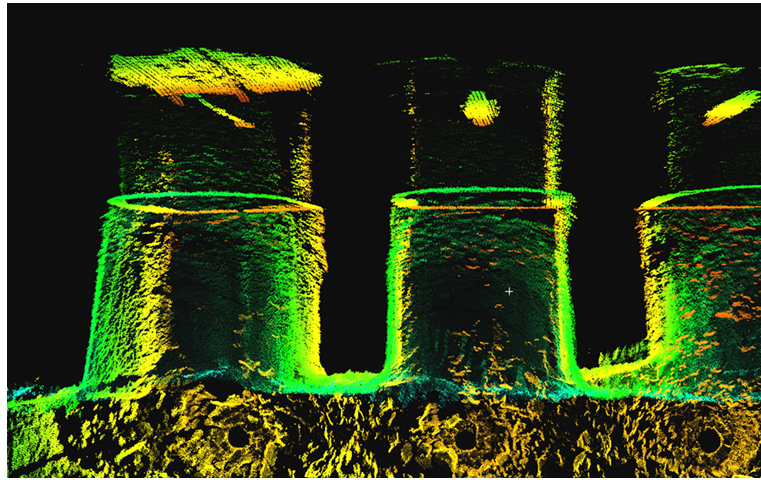
[3D 멀티빔 스캐닝 소나를 삼각대에 실장하여 운용하는 모습]



[구조물 점검에 사용한 예 - 가운데 파이프가 손상된 것이 관찰됨]



[담 분출구 정밀조사 사례]



[담 분출구 정밀조사 사례 - 아래 쪽에 명확하게 분출구멍이 보인다]



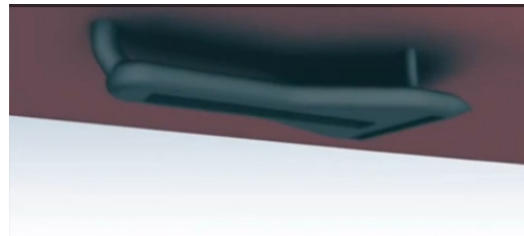
[ROV에 3D 멀티빔 스캐닝 소나 탑재 모습]

□ 3D 멀티빔 에코 사운더

- 3D 멀티빔 에코 사운더는 저주파의 경우 모선의 하방부에 탑재하여 자세센서, DGPS 등과 연동하여 해저면의 지형을 매핑하기 위한 센서이다.
- 최근에는 고주파 멀티빔 에코 사운더를 장착한 ROV를 적용하여 해저면 정밀 매핑 및 탐지, 식별 임무에 투입하고 있다.
- Kongsberg, RESON 등이 최고의 기술력을 자랑하고 있다.



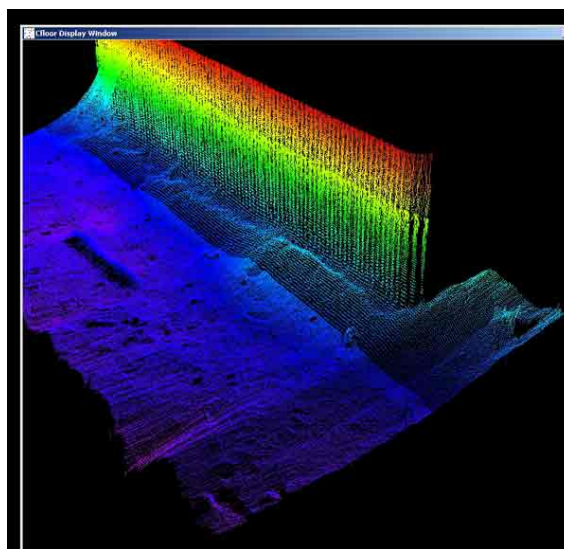
[RESON 7125]



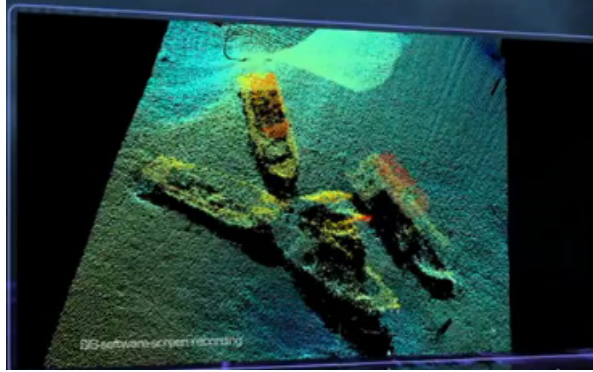
[Kongsberg EM3002]



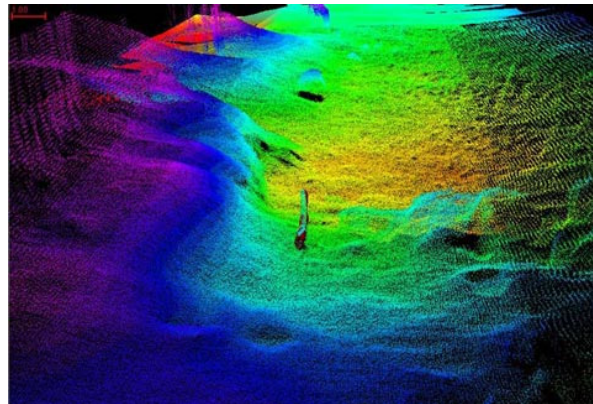
[선박 멀티빔 에코 사운더 운용 예]



[Kongsberg, 항만에서 해저면과 안벽에 찍힌 멀티빔 영상]



[Kongsberg, 난파선과 해저면 영상]



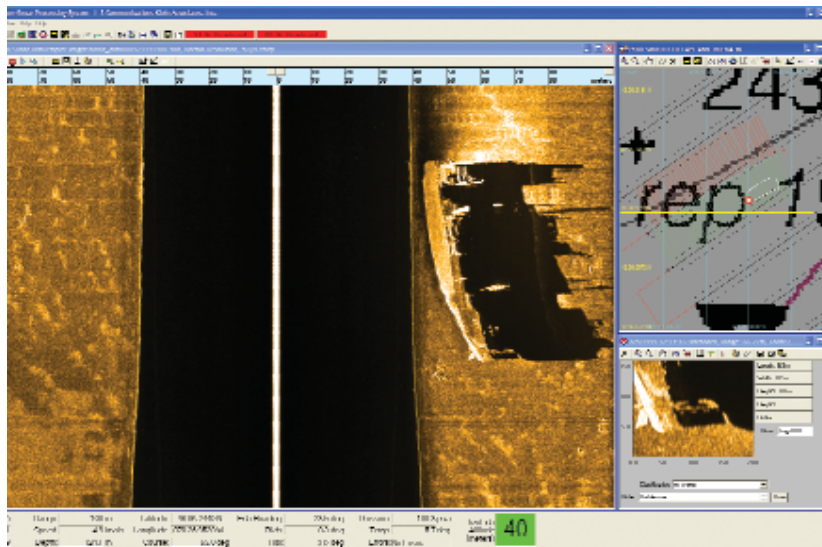
[RESON, 해저면 형상]

□ 측면주사소나

- 측면주사소나는 싱글빔이나 멀티빔을 양쪽에 배치시켜서 측면 주사 소나가 탑재된 Tow fish를 모선에서 전진속도를 가지고 끌어 운용하면서 해저면의 영상을 확보하는 방식의 소나임. 가장 식별성이 좋은 영상을 확보할 수 있는 방법 중의 하나임.
- 측면 주사 소나의 경우 Edgetech, Klein 사가 대표적인 업체이다. 국내에서도 소나테크, DSME 유텍 등의 업체에서 관련 기술을 확보하고 있음.
- Chesapeake technology, Hypack과 같은 실시간 측면주사소나 취득 및 편집 전문 프로그램이 있음.
- 최근에는 SAS(Synthetic aperture sonar)가 Kongsberg, IXSEA 등에서 개발되어 주목받고 있음.



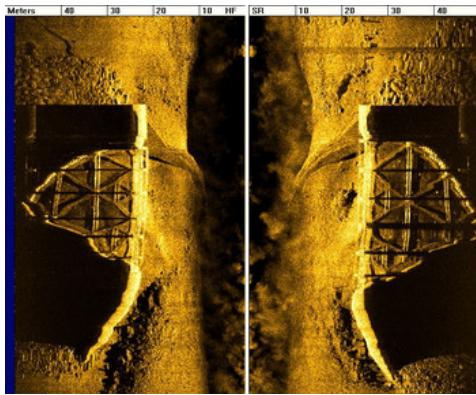
[Kelin system 5900, Multibeam side scan sonar]



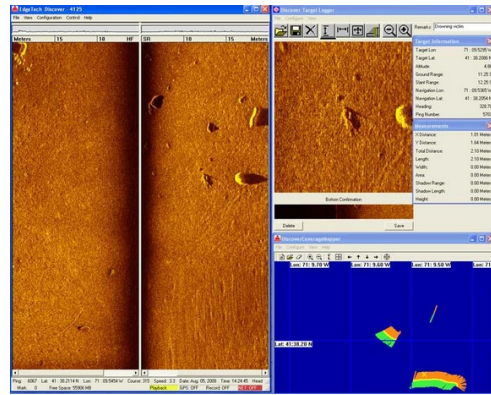
[Klein system 5000 multibeam side scan sonar image]



[EdgeTech 4125]



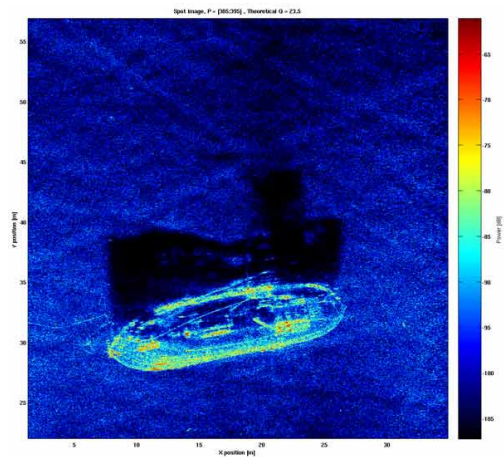
[Hurricane gate]



[Drowning victim]



[HISAS 1030]



[HISAS 1030 Image]

□ 초음파카메라

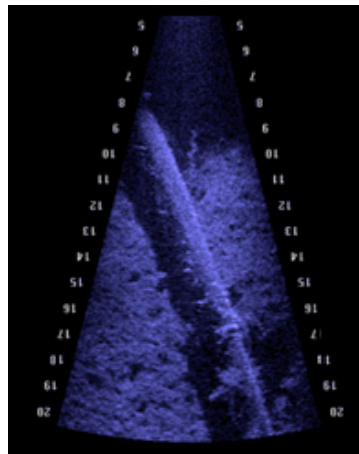
- 초음파카메라는 수중초음파를 렌즈를 사용하여 빔 포밍을 함으로써 이미지를 생성하는 방식임.
- Sound metrics 사에서 독보적인 기술을 가지고 있음.
- 블루뷰사에서 멀티빔 이미징 소나를 출시하기 전까지는 독점적인 기술을 이용하여 Didson이라는 모델을 가지고 고가의 정책을 구사하였으나 블루뷰 출시 이후 약간의 가격이 인하된 경향이 있음.
- Didson은 화질 측면에서는 유사 장비와 비교할 때 성능이 가장 우수하나 장비 자체의 무게가 다소 무겁고 부피를 많이 차지하는 단점이 있어 일부 연구소에서 사용 중임.
- 최근에 ARIS Explorer라는 모델명의 1.8MHz(15m 범위)와 3MHz(5m 범위) 모델을 출시하여 현존 최고의 화질을 선보임.



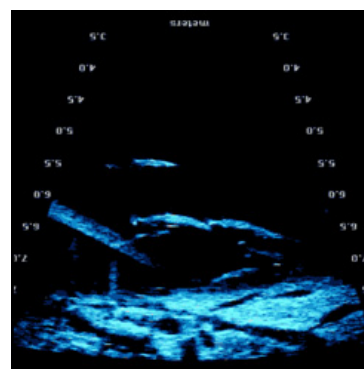
[ARIS]



[DIDSON]



[ARIS Pipe inspection example]



[ARIS Salmon study]

□ 2D 멀티빔 이미징 소나

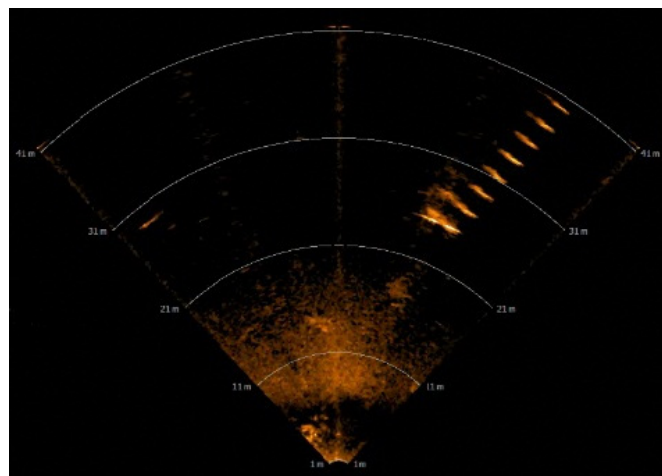
- 2D 멀티빔 이미징 소나는 미국의 신생업체인 Blueview Technology가 2010년에 혜성처럼 나타나서 보급형의 전방 탐지용 멀티빔 이미징 소나를 비교적 저렴한 가격에 공급하여 ROV, AUV 쪽에 SLAM(Simultaneous localization and mapping) 과 관련 연구를 촉발하였음.
- 현재 가격 대비 성능 부분에서 최고의 성능을 보여서 전 세계 대부분의 ROV와 일부 AUV에 필수 장비로 탑재되어 있음.
- 주파수는 450kHz, 900kHz, 1.35MHz, 2.2MHz 네 가지가 있으며 이 중 두 개의 주파수를 조합한 듀얼 frequency 모델도 있다.



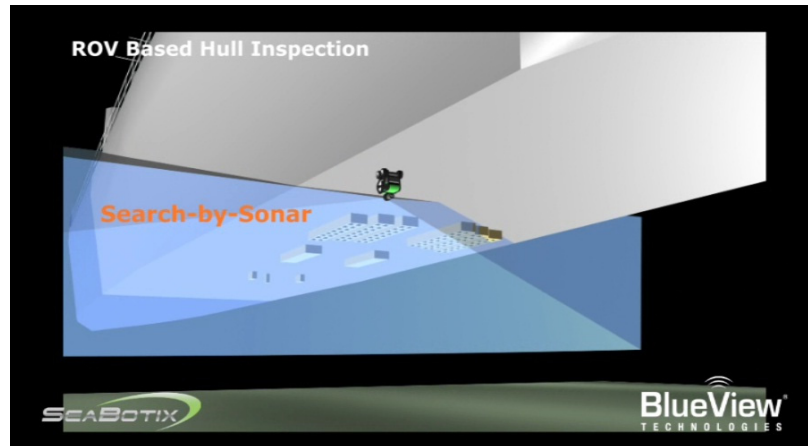
[Blueview 모델]

	P900-45	P900-90	P900-130
Description	Multi-purpose entry level system; medium to long range imaging capabilities	Ideal system for underwater detection and identification; expanded field of view	Ultimate system for maximum efficiency; ultra-wide field of view
Sonar			
Field of View	45°	90°	130°
Max Range	100 m (328 ft.)	100 m (328 ft.)	100 m (328ft)
Optimal Range	2 - 60 m (6.5 - 197 ft.)	2 - 60 m (6.5 - 196.8 ft.)	4 - 60 m (13.1 - 196.8 ft.)
Beam Width	1° × 20°	1° × 20°	1° × 20°
Number of Beams	256	512	768
Beam Spacing	0.18°	0.18°	0.18°
Range Resolution	1 in.	1 in.	1 in.
Update Rate	Up to 15 Hz	Up to 15Hz	Up to 15Hz
Frequency	900 kHz	900 kHz	900 kHz
Interface			
Supply Voltage	12 - 48 VDC	12 - 48 VDC	12 - 48 VDC
Power Consumption	9.0 W/9.5 W max.	18 W/22 W max.	19 W/23 W max.
Connectivity	Ethernet/VDL* [*]	Ethernet/VDL* [*]	Ethernet/VDL* [*]
Mechanical			
Weight in Air	5.3 lbs.	5.7 lbs.	5.7 lbs.
Weight in Water	1.3 lb.	1.36 lbs	1.36 lbs.
Depth Rating	1,000 m (3,280 ft.)	1,000 m (3,280 ft.)	1,000 m (3,280 ft.)
Size	11.3 in. × 5 in. (OD)	11.3 in × 5 in. (OD)	11.3 in × 5 in (OD)

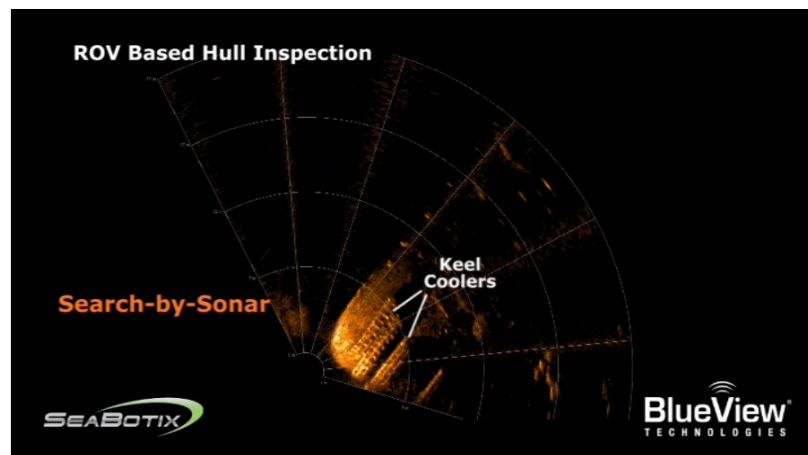
[Blueview 사의 900kHz모델 사양비교]



[Blueview 이미징 소나의 전방주사화면]



[SeaBotix사의 Ship Hull Inspection 예]



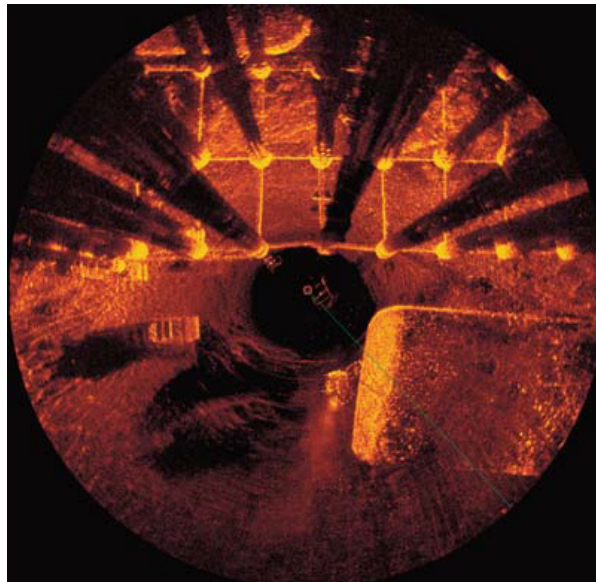
[SeaBotix사의 Ship Hull Inspection 예]

□ 2D 싱글빔 스캐닝 소나

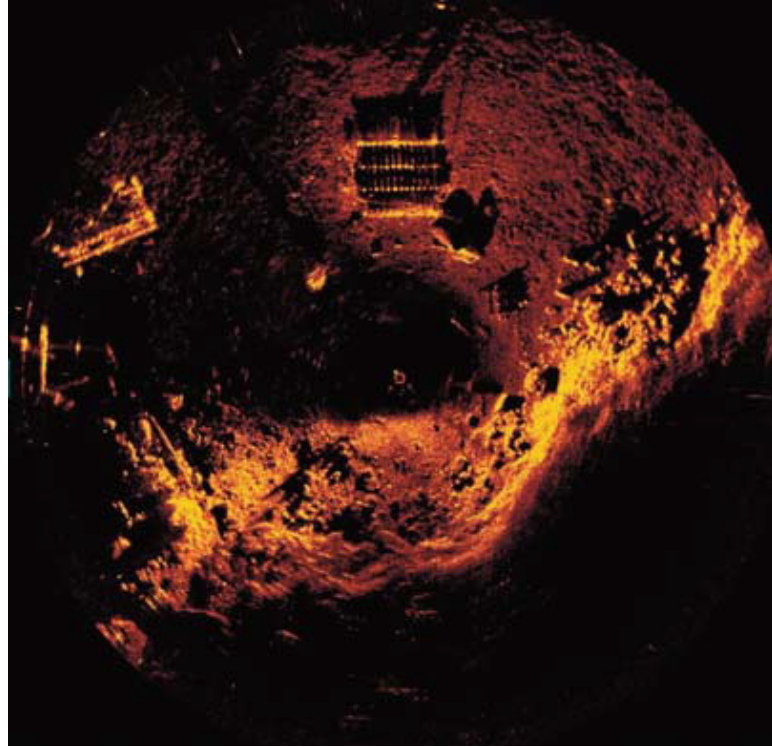
- 2D 싱글빔 스캐닝 소나는 싱글빔을 기계적으로 구동하는 부분이 360도까지 돌려 줌으로써 레이더처럼 전방의 이미지를 스캔하는 방식의 소나임.
- 이미지가 동시에 확보되지 않기 때문에 전진 속도가 있는 수중체에 탑재하는 것은 바람직하지 않음. 저속이거나 정지 후 스캔하여 이미지를 확보하는 방식으로 운용하는 것이 바람직함. 정지 상태의 경우 같은 주파수에서 멀티빔 이미징 소나보다 더 고해상도의 이미지를 확보할 수 있음.
- Kongsberg, Tritech 등이 기술을 주도하고 있다. Kongsberg의 경우 상대적으로 고가의 솔루션이고 Tritech가 저가의 실속형 솔루션을 제공하고 있음.
- 최근에는 항법 센서 정보와 소나 이미지 간의 유사성을 연동하여 모자이크 이미지를 생성하는 것에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있음.



[HammerHead DST Sonar 675kHz, 935kHz Dual Freq.]



[Pier structure at The Underwater Centre, Fort William: 30m]



[Floor of Vobster Quay, Somerset: 20m]

부록 A4. 수중 콘크리트 비파괴 검사 상세기술동향

가. 국내 수중 콘크리트 비파괴 기술동향분석

□ 육안검사 (Visual Testing)

- 잠수부를 동원하여 수중구조물의 손상여부를 육안으로 직접 확인하는 조사.
 - 수중부재에 접근하기 위한 잠수장비가 필요하며 수중 촬영장비등이 필요함.
 - 검사도구로는 손전등 드라이버, 스크래퍼, 햄머, 핸드드릴, 와이어 브러쉬, 도끼 등이 필요하며 촬영장비로는 특수 제작되어진 수중 스틸카메라와 비디오 카메라 등이 필요. 잠수시 헬멧은 자유공급방식과 요구방식이 주로 사용됨. 자유공급 방식은 공기를 헬멧에 계속 공급하고 공기를 잠수부가 자신의 상황에 따라 배출량을 조절. 요구방식은 헬멧에 스쿠바 장비의 2단계 공기 조절기와 안면마스크를 하나의 장비로 합친 것임. 요구방식의 헬멧엔 양방향 통신장비를 갖추어져 있는 것이 보통. 촬영장비는 특수 제작된 수중 카메라 하우징과 수중 비디오하우징을 씀.

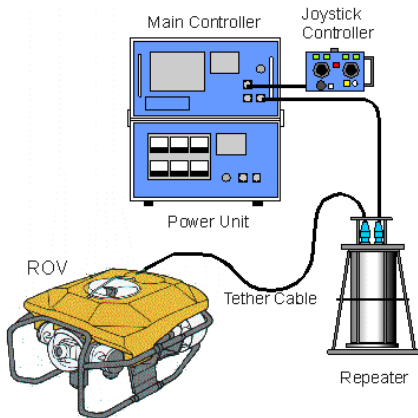


[수중 비디오 카메라와 하우징]



[잠수부를 동원한 수중 촬영 검사]

- 원격조정 장비를 이용하여 수중구조물의 손상여부를 확인하는 조사 (ROV)
 - 원격조정 장비는 말하자면 무인 잠수로서 사람이 들어가기 어려운 사각지대나 사람에게 위험한곳을 탐사할 때 쓰임.
 - 수중탐사를 위한 수중 카메라와 수중 카메라를 움직일수 있는 플랫폼을 설치한후 방향 및 위치를 조정하는 조정간으로 수상에서 화면을 보며 조정.



[수중 원격탐사용 ROV 시스템]



[무인 원격 조정 촬영 및 검사 장비]

□ 슈미트 해머 (Schmidt Hammer)

- 슈미트 해머법은 콘크리트의 강도에 따라 반발경도가 변화하는 점을 이용한 방법으로 반발경도법 중 하나임.
- 슈미트 해머는 그 자리에서 콘크리트의 압축강도를 측정하는 기계적인 장비임. 수중에서 슈미트 해머의 사용은 방수 하우징 내부에서 이루어지며, 특별하게 고안된 눈금을 포함하여 어느 정도 수중에서 사용이 가능하도록 장비가 개조되어 있음.



[슈미트 해머 및 슈미트해머를 사용한 콘크리트 강도 측정]

□ 초음파탐상검사 (Ultrasonic Testing) UT

- 초음파 탐상검사는 시험체 내부결함의 검출에 주로 이용되는 방법으로, 시험체에 초음파를 전달하여 반사된 초음파의 에너지양, 초음파의 진행시간 등을 측정하고 분석하여 불연속의 위치 및 크기를 알아내는 검사방법임.

- 초음파탐상법은 발진장치에서 나온 초음파를 물품의 한 면에 넣어 다른 면으로 반사되어 돌아오게 하는데 이때 내부에 결함이 있다면 결함에서 반사되어 돌아오므로 이를 알 수 있음.
- 시험체의 치수를 알고 있다면 충격 반향기법을 이용하여 구성재료의 강성도 결정을 통한 콘크리트의 불량도를 추정할 수 있음. 또한 재료의 압축파 전파속도를 알고 있을 경우 반사파의 도달시간을 측정하여 시험체 내부에 존재하는 불연속면의 위치를 알아낼 수 있음.

□ 코어 채취 (Coring)

- 코어 채취는 부분적인 파괴 시험 방법임. 이 방법은 개별적으로 콘크리트의 압축강도를 측정할 수 있고, 혹은 비파괴시험 방법으로부터 얻은 데이터와 비교 증명하는데 쓰일 수 있음.



[수중 콘크리트의 코어 채취를 위한 유압식 장비]

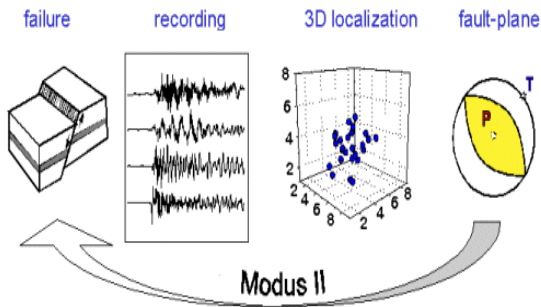


[코어 채취를 위한 유압식 장비- 비수중용]

□ 음향탐상법(Acoustic Emission : AE)

- 음향탐상법(Acoustic Emission Monitoring)은 물체의 균열 또는 국부적인 파단으로부터 방출되는 응력파(Stress Wave Emission)를 센서로 검출하는 기법으로서 다른 비파괴검사법이 신호를 발생 시키고 그 응답을 분석하는 것과 다르게 피동적으로 신호를 수신하여 결함을 검출하는 비파괴검사법임.
- 음향탐상법은 실시간으로 결함의 진원지와 결함의 상태를 추적할 수 있으며, 국부적인 결함의 검출 이외에 전체 구조물의 상태를 모니터링할 수 있는 장점이 있음.
- 음향탐상법의 단점으로는 안정화된 결함, 즉 진행이 멈춘 균열 등은 검출할 수

없으며, 센서의 감도에 따라 결함의 검출결과가 좌우되며, 음향방출이 구조물의 여러 구조상세를 따라 전달 될 때 결함의 정확한 위치를 찾기 어려우며, 이러한 경우에는 초음파탐상법과 같은 국부적인 결함검출법을 병행하여야 한다는 것이 있음.



[음향 탐상법 손상 탐지 알고리즘]



[음향 탐상법을 이용한 콘크리트결함 검색]

나. 국외 수중 콘크리트 비파괴 기술동향분석

□ 철근 탐지기 (R-Meter)

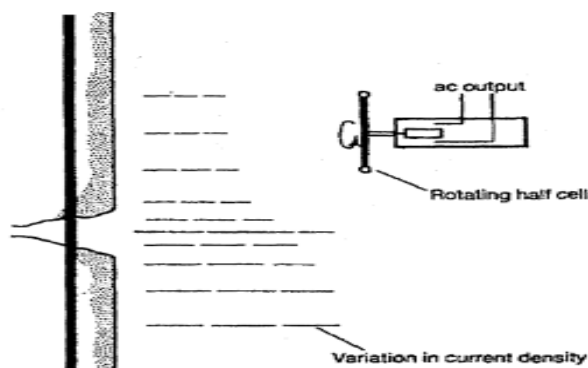
- 철근탐지기는 콘크리트 내부 철근의 위치 및 철근의 피복두께와 직경을 측정할 수 있다. 철근 탐지기는 콘크리트의 내부에 자기장을 일으켜 측정하며 수중 사용시 개조하여 사용함.



[철근 탐지기 (R-Meter) - 비수중용]

□ 전위 측정 (Potential Mapping)

- 물의 높은 전도 특성에 의하여 부식전지는 수중에서 효과적으로 차단됨. 이것은 측정된 전위가 구조물에서 갖는 최소 전위에 매우 가깝다는 것을 의미. 상세한 전위차 측정으로 거의 1mv 이하의 매우 작은 전위값 변화를 감지할 수 있으나, 이것은 넓은 면적에 대한 적용이 실무적으로 불가능함을 의미함.
- 이러한 것을 대체할 수 있는 기법은 전류밀도 측정에 의한 균열위치 확인임. 이 기법은 회전식의 참고 전지(Rotating Reference Cell)를 활용하는 것으로 이 방법에 의한 측정 결과는 고무적임. 하지만 산란전류와 잠수장비의 부식이 문제점으로 지적되고 있음. 전위 측정의 또 다른 응용법은 구조물에 대한 거시적 전위 측정으로 본 조사이전의 사전조사로서 실시하는 것임. 일반적으로 콘크리트 내부에 위치한 건전한 철근의 전위는 대략 -200mV 이며 부식된 철근의 전위는 대략 -600mV 임. 결과적으로 부재의 전위값이 낮아지면 철근에 활발한 부식 작용이 일어나고 있다는 것을 의미함.



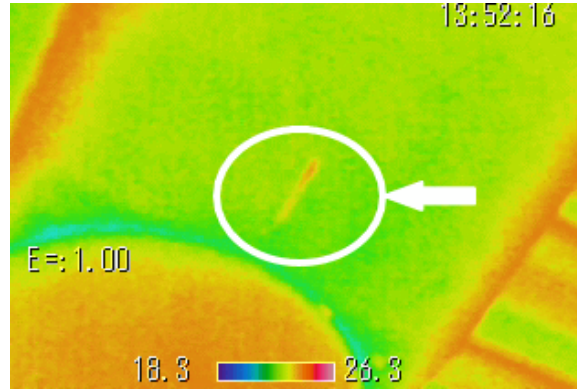
[균열위치 확인을 위한 전류밀도 측정법]

□ 적외선 검사 (IRT)

- 시험체 표층부에 존재하는 결함이나 접합이 불완전한 부분에서 방사된 적외선을 감지하고, 적외선 에너지의 강도 변화량을 전기신호로 변환하여 결함부와 건전부의 온도정보의 분포패턴을 열화상으로 표시하여 결함을 탐지하는 검사법. 각종 재료표면 결함의 고감도 검출, 철근콘크리트의 열화진단, 강도측정, CFRP 등 복합재료의 내부 결함 검출과 열탄성효과에 의한 응력측정을 할 수 있음.
- 표면상태에 따라 방사율의 편차가 크기 때문에 결함 검출시 편차가 생기지 않도록 배경잡음, 전파경로에서 흡수산란의 영향을 제거할 필요가 있음



[적외선을 이용한 검사 장비]

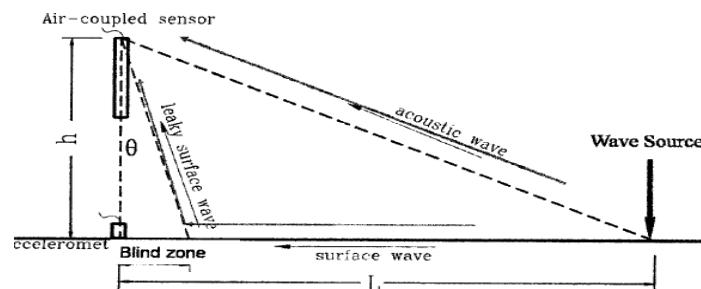


[적외선을 이용한 균열위치 검색법]

다. 수중화가 되지 않은 콘크리트 비파괴 기술

□ air coupled 센서를 이용한 음향학적 계측법

- 초음파 기술에선 통상 매질 내에서의 신호의 전달 시간이나 감쇠 특성을 측정하여 비파괴 검사에 이용한다. 보통 20~100kHz의 주파수 대역을 사용하고 접촉형 센서로 계측시 센서와 구조물을 연결하기 위한 연결재를 사용한다. 그러나 이런 경우 연결 상태에 따라 측정결과가 변동될수 있어, 센서의 접촉상태를 일정하게 유지해야 한다는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 비접촉 방식 계측에 대한 연구가 이루어졌고 그중 콘크리트에 대해 적용가능한 방법은 air coupled을 이용한 음향학적 계측임
- 이 계측법은 생성된 초음파가 매질에서 전파되는 과정에서 매질과 대기의 음향학적 임피던스의 차이에 의해서 발생하는 누설파를 air-coupled센서를 이용하여 비접촉식으로 계측하는 방법이다. air-coupled센서로는 마이크로폰 같은 것이 있다. 또한 측정 장비의 구성이 간단하고 센서의 가격도 저렴한 편임.



[Air coupled 센서를 이용한 음향학적 계측법]

□ Air coupled 충격-반향기법을 이용한 콘크리트 구조물의 박리 탐지 및 영상화

- 기존의 충격-반향 기법에서 센서의 연결에 따른 변동성을 제거하면서 더 빠르고 효율적으로 수행할 수 있다. 일리노이 주립 대학교의 토목 및 환경공학과에서 개발한 방법으로 영상화에도 유효하다는 장점이 있음.



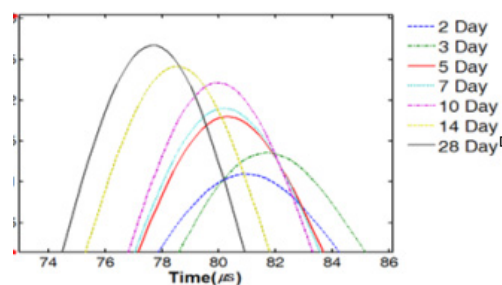
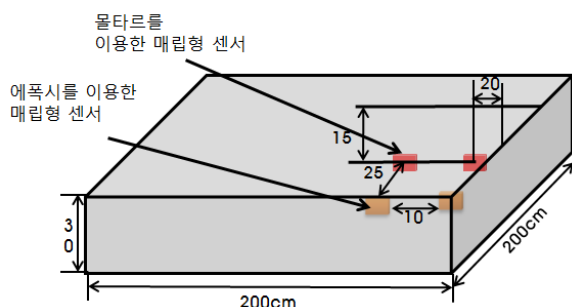
[Air-coupled ultrasonic transducer]

□ 전자유도법 및 전자파 레이저법

- 일본의 경우 국토교통성이 콘크리트 구조물의 품질관리로 내부상황 철근상황을 알기위해 도입. 철근의 배치, 피복에 대해서는, 전자파 레이더나 전자 유도법이 있어, 거의 확립된 기술임.

□ 매립형 압전센서를 이용한 유도초음파 및 임피던스 기법

- 콘크리트 내부의 유도초음파와 임피던스 신호를 계측하기 위하여 시공시 콘크리트 내부에 지능형센서를 매립하여 콘크리트 내부의 유도초음파 계측 및 임피던스 신호 계측을 통하여 콘크리트 양생 강도 및 손상을 검색하는 기술



[매립형 센서이용 콘크리트 계측 개념도]

[매립형 센서에서 계측한 유도초음파신호]