

2016년 Vol.02

수중건설로봇사업단



Cover Story

고장검출



Issue

수중 작업용 양팔 유압
매니퓰레이터 기술 개발



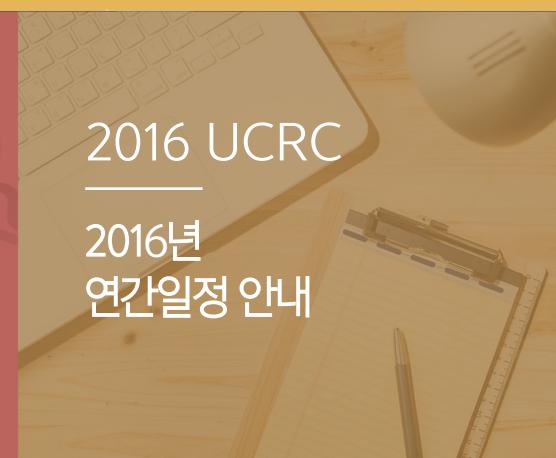
News

사업단 소식 및
총괄 과제 소식



2016 UCRC

2016년
연간일정 안내



Tech

국내외 기술 및
산업동향



Schedule

사업단, 핵심과제 등
중요한 일정



Cover Story

고장검출



수중건설로봇 2핵심 과제에서는 ROV에 적용하기 위한 고장검출 기술을 개발하고 있다. 고장검출은 이미 많은 산업 분야에서 두루 사용되는 반면 수중로봇 분야에서는 아직 기술 적용 사례가 극히 드물다. 수중 환경은 인간이 접근하기 힘들기 때문에 고장의 상태를 모니터링하고 이상 발생을 즉시 알려주는 시스템이 필수적이다. 고장검출 기술은 특정 산업 분야에 국한되는 기술이 아니므로 기존의 검출 기술을 적절히 변형하여 수중로봇에 적용할 수 있다. 이번 커버스토리를 통해 고장검출 기술의 개요를 설명하고 현재 한국로봇융합연구원에서 연구 수행 중인 핵심요소기술 'ROV 고장검출'의 연구 계획에 대해 간단히 소개한다.

1. 고장의 개념과 검출의 중요성

fault와 failure는 모두 우리말로 ‘고장’으로 번역될 수 있지만 사실 이 두 가지는 다른 의미를 가지고 있다. 일반적으로 fault는 시스템의 간헐적 오동작 또는 결함을 의미하며 발생 초기에는 시스템에 큰 영향을 끼치지 않으나 잠재적인 피해 확산 가능성을 지니고 있다. failure는 fault의 확산에 의해 발생하는 시스템 전역 붕괴 또는 실패를 의미한다. 시스템 수리를 위한 비용과 시간을 고려한다면 fault 단계에서 조기 검출하여 failure가 발생하지 않도록 해야 한다.

고장에 의한 오동작은 수중에서 로봇의 유실과 같은 재난 상황을 야기할 가능성이 크다. 따라서 고장 관측 시스템을 잘 설계하기 위해 이들의 대상 모델에 대한 해석이 우선적으로 이루어져야 하며 각 구동부에서 고장 발생 확률이 높은 주요 지점을 파악하고 적절한 센서를 설치하는 것이 중요하다.

고장을 대처함에 있어서 가장 중요하고 우선적으로 시행되어야 할 사항은 고장을 빠르고 정확하게 진단하는 것이다. 고장은 일반적으로 예측하거나 예방하기 힘들지만 고장 발생 초기에 검출하고 그 특성을 파악할 수 있다면 더 큰 피해를 사전에 예방할 수 있다. 고장 발생 시 경고 신호를 발생, 관리자에게 고장을 인지하게 함으로써 국소적 고장단계에서 적절한 조치를 취해 더 큰 피해를 예방할 수 있다.

고장	정의	시스템의 간헐적 오동작 또는 이상 현상
	특징	고장 방지 → 확산 → 전역적 붕괴
	검출목적	시스템 이상 징후 조기 검진
		안정적 운영 및 피해 확산 방지

[표] 고장의 개념과 검출 목적

2. 고장검출 방법론

고장 검출 기법은 크게 하드웨어 중복(hardware redundancy)을 사용하는 방법과 해석적 중복(analytic redundancy)을 사용하는 두 가지 방법으로 나눌 수 있다.

하드웨어 중복은 대상 시스템과 물리적으로 동일한 장비를 사용하는 전통적인 방법으로 두 장비의 출력을 비교함으로써 고장을 판단하는 정성적 방법이다. 직관적이긴 하지만 설치비용이 많이 들고 설비를 위한 추가적인 공간이 필요하다는 단점이 있다.

반면 해석적 여분 기법은 모델 기반의 관측 시스템을 사용하는 기법이다. 대상 시스템을 정확하게 모델링하고 적절한 검출 기법을 사용할 수 있다면 하드웨어 중복 기법의 장점을 그대로 가질 수 있으며 고장의 크기, 위치 등을 정량적으로 판단할 수 있다는 장점이 있다. 하드웨어를 추가적으로 설치할 필요가 없다는 점에서 하드웨어 중복 기법의 단점을 극복할 수 있다. 하드웨어 중복 기법과 해석적 중복 기법에 대하여 다음 표 5와 같이 간략히 요약할 수 있다.

구분	하드웨어 중복(hardware redundancy)	해석적 중복(analytic redundancy)
특징	<ul style="list-style-type: none">· 시스템과 동일한 장비 이용· 공간 제약적· 고비용· 고장의 발생 여부만을 판단하는 기법· 직관적, 정성적	<ul style="list-style-type: none">· 시스템의 해석적 모델 이용· 공간 제약 없음· 저비용· 고장의 위치, 원인 등의 특성을 해석· 해석적, 정량적

[표 2] 고장 검출 방법

3. 데이터 통계 기반 고장검출

최근 컴퓨터 기술의 발전으로 동적 모델 기반의 해석적 중복 기법이 주목받고 비약적인 발전을 보였다. 하지만 모든 자연현상을 동적 모델로 모사할 수는 없으며 기법의 적용을 위해서는 상태 추정에 상당한 양의 수치계산을 수행해야 한다. 관측시스템은 상당히 높은 수준의 컴퓨팅 능력을 가져야 하고 동적 시스템의 높은 불확실성, 비선형성 등을 고려해야 할 경우 실시간 추정이 어려운 경우도 발생할 수 있다.

반면, 통계기반의 검출 기법은 충분한 사전 학습 시간만 주어진다면 이를 기반으로 한 상태 예측, 이상 진단에 큰 시간을 필요로 하지 않는다. 단, 예측의 신뢰도를 높이기 위해서는 충분한 양의 센서 데이터 획득과 이를 학습하기 위한 유효 데이터 추출이 전제되어야 한다.

데이터 통계 기반 기법은 센서 데이터들의 경향성을 분석하여 임의의 입력에 대한 출력 값을 예측하고 실제 데이터가 예측한 범주에 속하지 않는 경우 이를 이상이라 판단하는 기법이다. 매우 간단한 논리이지만 아주 높은 정확성을 가지고 빠른 의사결정을 할 수 있다는 장점을 가진다.

데이터 통계 기반의 검출에는 PCA(principal component analysis), PLS(partial least square) 등의 분석법이 있다. 이에
오래전부터 잘 알려져 있던 기계학습의 한 부분이지만 검출 분야에서는 최근 주목받기 시작하였다.

수중건설로봇 2핵심 과제에서는 ROV 트랜처의 고장 검출을 위해 기계학습 기반의 해석적 중복 검출 기법을 고려하고 있다. 앞에서
언급한 PCA 기반의 고장검출 기법을 일부 유압 구동부에 적용하여 누유 검출 실험을 실시하였으며 가상의 내부누유 검출에
성공하였다. 로봇 플랫폼의 통합이 이루어지는 올해 연말부터는 실 구동부에 장착된 센서 데이터 추출 실험을 수행할 예정이며 이를
기반으로 검출시스템을 구축할 계획을 가지고 있다.

UCRC Issue

수중 작업용 양팔 유압 매니퓰레이터 기술 개발



수중 작업용 양팔 유압 매니퓰레이터 기술 개발

1-1. 7자유도 수중 유압 로봇팔

1학심과제에서 개발 중인 7자유도 수중 유압로봇팔의 개선작업이 진행 중이다. 과제 3차년도에 설계 및 제작되어 개발된 7자유도 수중 유압로봇팔은 육상 기준으로 팔을 최대한 뻗은 상태에서의 인양하중 (Full reach payload) 121kgf의 성능을 가지며, 수중 ROV에 장착되어 다목적 임무를 수행할 수 있다.

4차년도 과제 수행을 통하여 유압로봇팔의 성능 및 안정성을 개선하는 작업이 진행 중이다. 로봇팔 외부로 돌출되었던 유압호스와 케이블들을 팔 내부로 지나갈 수 있도록 하여 유사시 호스 및 케이블의 파손을 방지하였다. 또한 케이블의 내구도 향상을 위해 우레탄 호스의 재질과 크기를 변경하였다. 로봇팔 제어에 필요한 하위제어기 (HAC : Hydraulic Actuator Controller) 와 기구학 연산 제어기 (LCU : Limb Control unit), 서보밸브를 모두 로봇팔 내부에 장착함으로서 센서 노이즈를 감소시키고 로봇팔 전체의 강성을 향상시켰다. 동시에 별개의 유압 액추에이터 성능 시험 장비를 이용하여, 액추에이터의 내구도 및 성능 검증을 수행하고 있다. 이와 같은 작업들을 통해, 기존에 미흡했던 부분을 개선하며 매니퓰레이터로서의 완성도를 높이고 있다.

또한 설계 수치상으로만 확인하였던 인양하중 (Full reach paylaod) 120 kgf을 실제 실험을 통해 성능을 증명하였으며, 전장 컴포넌트들의 내압 성능 테스트를 수행하여 실제 가압 상황에서 매니퓰레이터가 버틸 수 있을지 검증 작업을 진행하고 있다.

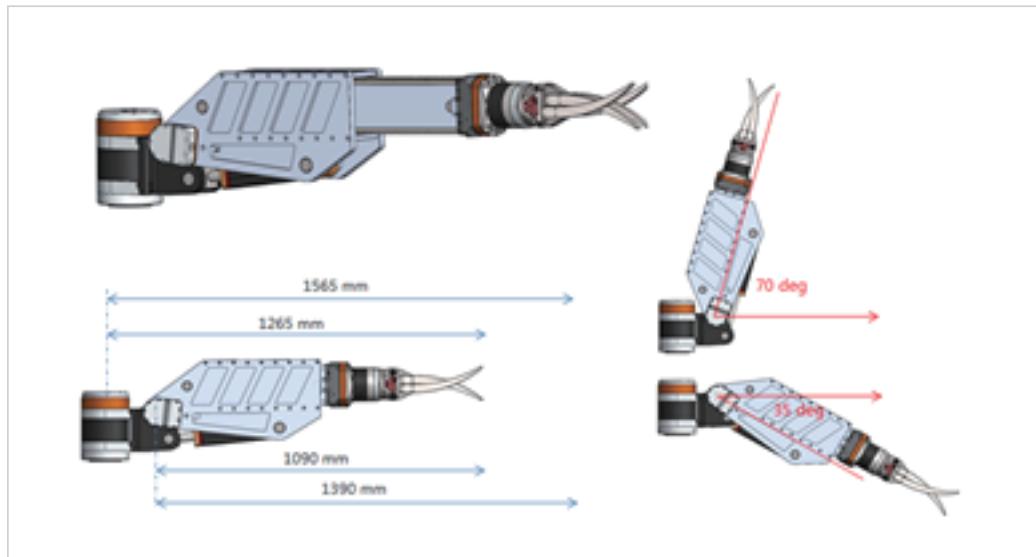


[그림 1-1] 부력재와 프레임의 투영도면

1-2. 5자유도 수중 유압 로봇팔

5자유도 수중 유압 로봇팔은 앞서 개발이 진행되고 있는 7자유도 로봇팔과 함께 작업을 수행하며, 작업의 보조 및 작업 대상을 지지 및 고정하는 역할을 맡는다.

1핵심과제의 5자유도 수중유압로봇팔은 7자유도 수중유압로봇팔과 함께 개발되고 있으며, 목표 성능은 육상 기준으로 팔을 최대한 뻗은 상태에서의 인양하중 (Full reach lifting force) 181kgf 이다. 구조는 7자유도 로봇팔에 비해 단순한 편이며, 정밀한 작업보다는 내구도와 높은지지 하중에 초점을 맞추어 개발되고 있다. 현재 로봇팔의 상세 설계가 완료되어 제작이 진행되고 있다.



<그림 1-2> 5자유도 수중 유압 로봇팔



경작업 ROV의 윈치시스템 입고

1핵심과제에서 개발 중인 경작업 ROV의 윈치 시스템(윈치와 엔빌리컬 케이블)이 입고되었다. 제작사인 SEPRO TECHNOLOGY 사에서 3월말에 선편으로 수송되어 경작업 ROV의 제작을 담당하는 레드원테크놀러지에 지난 5월 25일 아침에 입고 완료되었다.

본 시스템은 윈치제작사에 별도로 계약한 케이블 제작사인 NEXANS에서 케이블을 보내 윈치에 케이블을 감아서 윈치시스템의 조립을 완료 한 후 국내로 보내진 것이다. 위의 사진은 윈치 제작사인 SEPRO TECHNOLOGY에서 발송전에 포장한 상태를 찍어서 보내온 것이다.



<그림 1-1> 출고 전 포장된 윈치 시스템

1. 자기장 측정상의 문제점

입고 후 레드원테크놀러지와 제 1 핵심 총괄기관인 KRISO의 합동 점검이 약 일주일 후인 5월 31일에 있었다. 합동점검은 발송된 물품의 누락이 있는지 여부와 외형상 이상 유무의 점검으로 진행되었다.

함께 입고된 물품 중에는 선상제어실에서 사용할 수 있는, 조이스틱과 소형 LCD 화면이 부착된 원격제어기 모듈과 연결용 케이블이 있었고 모선의 heave 운동 보상을 위한 MRU(Motion Reference Unit)도 포함되어 있었다.



<그림 1-2> 윈치 시스템의 입고점검 모습



<그림 1-3> 원격제어기 모듈과 MRU

2. 경작업 ROV의 원치 시스템 운용

경작업 ROV의 원치 시스템은 기존에 사용되던 유압에 의해 구동되는 방식이 아닌 전기모터에 의해 구동되는 방식으로 MRU를 연결하면 모선의 운동에 의한 영향을 보상하는 기능을 가진 제품이다. 육상 시험에서는 원치를 사용하는 경우는 없지만 전체적인 연결 운용을 위해 원치의 케이블과 연결된 상태로 시험을 수행해야 한다. 또한 TMS가 입고되면 TMS와 엠플리컬 케이블의 termination 작업을 해야 한다. 아래 사진의 오른쪽은 원치 드럼 뒤쪽에 붙은 대형 정션박스의 내부에 붙어 있던 메모로 덴마크어로 ‘문에 있는 공기흡입 덮개를 제거하시오’라는 뜻이라고 한다.



<그림 1-4> 원치 드럼과 대형패널 내부의 메모

제2차 한중 수중로봇 공동워크숍 개최

8월 24일 중국 선양자동화연구소(Shenyang Institute of Automation, SIA)에서 제2차 한중 수중로봇 공동워크숍을 개최하였다.

이번 워크숍에는 수중건설로봇사업단에서 사업단장 및 1, 3핵심과제 연구자 등 6명이 참석하였다.

공동워크숍에 앞서 SIA와 인력 교류 및 현장실험 시 상대측 기술자를 초청하여 현장기술교류를 추진하는 방안에 대하여 협의하였다. 공동워크숍에서는 경작업용 ROV과 관련하여 현재 진행 중인 연구, 지금까지의 개발된 천해용 수중건설로봇 개발 현황, 천해용 수중굴삭기 개발 내용에 대해 수중건설로봇사업단에서 발표를 하였고, 중국측에서 3,500m 수심 조건에 대해 제작된 ROV(-Sea-dragon)의 실제 운용 사례, FUGRO에서 활용하고 있는 ROV의 현장 투입 사례, 자우룽호의 투입 사례, 11,000m 수심 조건까지 적용 가능한 HROV(Hybrid ROV)의 개발 현황에 대하여 발표하였다.

내년에 진행될 3차 한중 수중로봇 공동워크숍은 2017년 9월 제주국제해양과학연구지원센터에서 개최하기로 하였으며, 기존 ROV 범위에서 확장하여 AUV, 글라이더, 유인잠수정 등으로 주제 확대를 검토 중으로 공동워크숍이 지속적인 기술교류와 협업을 통해 점차 확대될 수 있을 것으로 기대된다.



Oceans'16 Monterey 참가

지난 9월 19일에서 23일까지 미국 몬테레이에서 열리는 Oceans'16에 참가를 하였다. 본 학술 행사는 연 2회 개최되며 해양로봇, 항법, 에너지 등 해양에 연관된 다양한 분야를 공학적 관점에서 접근할 수 있는 기회로 사업단을 포함하여 참여기관에서는 KRISO, KIRO, KIOST, 레드원테크놀러지, 아쿠아드론, 조선대학교, 서울과학기술대학교가 참석하였다. 참여기관에서는 논문발표 및 수중건설로봇 과제에 활용할 수 있는 다양하고 전문적인 기술을 접할 수 있었으며, 전문가 자문 등을 구할 수 있는 유용한 자리였다.



‘2016 로보월드’ 수중건설로봇사업 소개

국내 최대 규모의 로봇 박람회인 2016 로보월드가 지난 10월 12일부터 15일까지 일산 콘텍스에서 개최되었다. 본 행사에 참여한 한국로봇융합연구원의 전시부스에는 수중건설로봇사업 섹션이 별도로 마련되어 사업단 소개 및 2핵심 개발 기술의 홍보가 이루어졌다



‘2016 civil expo’ 수중건설로봇사업 소개

국내 최대 토목학술세미나 및 전시회인 civil expo가 지난 10월 19일부터 21일까지 제주 국제 컨벤션 센터(ICC-JEJU)에서 개최되었다. 본 행사에 수중건설로봇사업단에서는 각 핵심과제 개발 및 인프라를 홍보하였다. 수중건 설장비에 대해 한국수자원공사, 지질자원연구원 등 여러 기관 및 기업에서 많은 관심을 보였다. 실용화가 된다면 수자원공사의 경우는 댐 건설 및 유지보수에 있어 많은 도움을 받을 수 있을 것 같다는 큰 기대가 있었다.



수중 로봇 자세 추정

수중 로봇의 위치 및 자세 추정은 수중 로봇 제어 및 운영을 위한 핵심 기술의 하나이다. 특히 자세는 ROV 의 항법을 위해 필요한 정보일 뿐 아니라, ROV가 로봇 팔이나 기타 기구를 통하여 외부와 상호 작용을 하는 경우 제어하여야 하는 중요 변수의 하나이다. 1핵심 과제에서는 다양한 센서 측정 정보를 융합하여 위치와 자세를 추정하는 방법을 개발하고 있다.

본 뉴스 레터에서는 자세 추정 시 발생하는 여러 가지 문제점들 중 자기장 측정과 관련된 문제점과 이에 대한 가능한 해결 방법을 소개한다.



그림 1. 자세 측정용 FOG IMU

1. 자기장 측정상의 문제점

수중 로봇의 자세는 보통 IMU를 사용하여 추정한다. IMU 보통 각속도와 가속도를 정보를 사용하여 자세를 추정한다. 가속도나 각속도의 시간에 따른 변화를 적분하여 roll, pitch, yaw를 추정한다. 따라서 시간이 흐르면 적분 오차가 누적되는 문제가 있다. 다양한 방법으로 이러한 오차를 제거하고 있는데, 그 중 하나로서 자기장을 사용하는 것이 가능하다.

그러나 자기장의 경우, hard iron 효과에 의하여 편차가 발생하고, soft iron 효과에 의하여 왜곡이 발생한다. 또한 센서의 방향 정렬 오차와 scale 오차에 의해서 측정값에 많은 오류를 포함하고 있어서 신뢰도가 매우 낮은 문제점이 있다. 따라서 자기장 측정 정보를 이용하기 위해서는 필연적으로 이러한 오차들을 제거하기 위한 방법이 요구된다.



그림 2. 자기장 측정용 MEMS AHRS

2. 자기장 측정 오차 보정 방법

자기장 측정시 발생하는 오차 중 hard iron 효과에 의해서 발생하는 오차는 센서 좌표계상의 출력 값에 일정한 편향을 발생시킨다. 이러한 편향은 센서를 모든 방향으로 회전하면서 출력 되는 vector 값을 모아서 추정 가능하다. 평향이 없는 센서인 경우, 각각의 측정 vector 들은 모아서 그램으로 표시하는 경우 원점을 중심으로 한 구가 된다.

그러나 편향이 발생하면 그 중심점이 원점으로부터 벗어나게 되므로 원점으로 벗어난 중심점을 찾으면 편차가 구해진다. 실제로 1 절에서 소개한 다른 오차 요소들이 있어서 측정 값들은 구를 형성하지 않는다. 따라서 hard-iron 편차를 구하기 위해서 최소 자승법에 의하여 측정 값을 구타 타원에 근사시키는 방법을 사용한다. 전술한 방법은 센서를 모든 방향으로 회전하는 것이 가능한 경우에 대한 편향 추정 방법이다.

만일 모든 방향으로의 회전이 어려운 경우에는 측정된 각속도를 활용하여 칼만 필터 방법을 사용하여 편차를 추정하는 것도 가능하다. 이외에 카메라에 의해 영상을 취득하여 편차를 추정하는 방법도 가능하다.

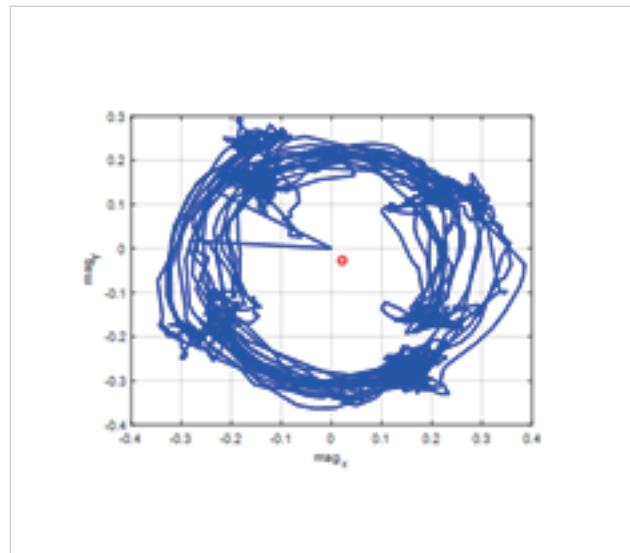


그림 3. 측정된 자기장

12월
DECEMBER

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
11/27	11/28	11/29	11/30	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

11월
NOVEMBER

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
10/30	10/31	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	12/1	12/2	12/3

3학심과제 워크숍
부산역 회의실

1학심과제 진도점검
예정/광주

2학심, 3학심 진도점검 예정/부산, 창원

2016 과학기술대전/부산

10월
OCTOBERA

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
3/27	3/28	3/29	3/30	3/31		1
2	3 개천절	4	5	6	7	8
					2핵심 월간회의	
9	10	11	12	13	14	15
				2016로보월드/ 콘텍스		
16	17	18	19	20	21	22
	1핵심 중간진도점검 준비회의			Civil expo 2016/제주		
23/30	24/31	25	26	27	28	29
	Post 사업, 핵심과제 책임자회의/서울역	워터젯 실험 (KT 서브마린)		수중수상로봇기술연구회 추계학술대회/국방과학연구소		

09월
SEPTEMBER

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
8/28	8/29	8/30	8/31	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
				2핵심 HPU 시험/레베산업		
11	12	13	14	15 추석	16	17
18	19	20	21	22	23	24
	OCEANS' 2016					
25	26	27	28	29	30	10/1
		선상지원 분과회의 /대한시스텍				

08월

AUGUST

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
7/31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15 광복절	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	9/1	9/2	9/3

07월

JULY

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
6/26	6/27	6/28	6/29	6/30	1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24/31	25	26	27	28	29	30

06월

JUNE

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
5/29	5/30	5/31	1	2	3	4
	수중건설로봇 설계 검토 회의 (KRISO 레드원)-KRISO 회의실					
5	6 현충일	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	7/1	7/2
	1핵심과제 착수회의 / KRISO					

PLAN 2016 STORY

12
DECEMBER

T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

11
NOVEMBER

T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W		
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

- 3핵심과제 워크숍/부산역 회의실
- 2핵심, 3핵심 진도점검 예정/부산, 창원
- 1핵심과제 진도점검 예정/광주
- 2016 과학기술대전/부산

10
OCTOBER

S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

- 2핵심 월간회의
- 2016 로보월드/ 칸텍스
- Post사업, 핵심과제 책임자회의/서울역
- 1핵심 중간진도점검 준비회의
- 워터젯 실험(KT 서브마린)
- 1핵심 중간진도점검 준비회의
- 수중수상로봇기술연구회 주제학술대회/국방과학연구소

09
SEPTEMBER

T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

- 2핵심 HPU 시험/레버산업
- OCEANS' 2016
- 선상지원 분과회의/대한시스템

08
AUGUST

M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

- 2핵심 월간회의
- 제2차 한중 수중로봇 공동 워크숍/선양자동화연구소

07
JULY

F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

- 2핵심 4차년도 학수회의
- TMS FAT(Factory Acceptance Test) 영국 FORUM
- 통합워크숍/제주국제해양과학연구원지원센터

06
JUNE

W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

- 1핵심과제 학수회의 / KRISO

05
MAY

S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

- OTC 2016/휴斯顿, 미국
- ICRA 2016/스톡홀름, 스웨덴

04
APRIL

F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

- 핵심과제 중간평가/부산 팔레드시즈
- OCEANS 2016/상하이, 중국
- WTC 2016/샌프란시스코, 미국

03
MARCH

T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

- OCEANS 2016/상하이, 중국

02
FEBRUARY

M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T		
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

- 02 FEBRUARY

01
JANUARY

F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

- 01 JANUARY