

특집 : 로봇기술과 산업현황 기술

수중로봇의 발전방향과 관련 산업에 미치는 영향

최성희*, 이장명**

(부산대 전자전기공학부 *석 · 박사통합과정, **교수)

1. 서 론

지난해 11월 19일 '첨단수중시공로봇 국제워크샵'이 포항에서 개최 되었다. 해양개발을 위해 국제적으로 해저터널과 해저구조물의 건설수요가 증가되는 상황에서 국내 첨단 수중 시공로봇 개발 방향을 모색하는 자리가 마련되었다. 싱가포르의 유망 항해시스템 개발회사인 소나다인 (Sonardyne)사의 Nick Smedley 사업매니저와 일본 쿠슈 공과대학의 Kazuo Ishii 교수 등 해외 저명인사들 뿐만 아니라 국내 한국해양연구원, (주)현대건설, (주)KT서브마린, (주)아쿠아드론 등 해양로봇 관련자들의 강연이 관심을 끌었다. 이날 (주)아쿠아드론, 임홍현 대표는 수 억원하는 ROV를 수입에 의존하고 있으며 수중 공사중에 쉽게 잃어버릴 수 있는 소모품이라며 이런 수중로봇이 국산화가 되어 시공자가 쉽게 A/S 받을 수 있으며 저렴한 비용으로 구매하여 수중공사에 사용할 수 있도록 개발해 달라고 수중로봇 개발 관계자들에게 요청하였다.

본고에서는 국내외 해양로봇의 동향을 파악하고 발전 방향과 관련 산업에 미치는 영향에 대해 살펴본다.

2. 해양로봇의 국내외 개발동향

우리나라는 70년대 후반 국방과학연구소의 군사용 수중무기체계 개발과 더불어 어뢰체계개발, 잠수함체계개발, 예인

선배열소나체계(TASS: Towed Array Sonar System), 선체고정소나(HMS: Hull Mounted Sonar)개발로 수중로봇 기반기술을 확보하였다. 1987년에는 한국해양 연구원에서 개발한 심도 250m급 탐사용 유인 잠수함 '해양 250'에 개발하여 수중로봇 기반기술 일부 확보 하였으며 1995년 한국해양연구원에서 심도 300m급으로 초음파 고도계, 방위각 센서, 수심센서, 카메라, 4자유도의 운동제어, Hovering 기능을 탑재한 최초의 무인잠수정 로봇 'CROV 300'을 개발하였다. 이후 VORAM(한국해양연구원), ROV(원자력연구원), SNUUV-1(서울대학교), ROV(POSTEC), KAUV(한국해양대학교), NOAH(제주대학교), OKPO-6000(대우조선해양), SAUV(한국해양연구원, 대양전기공업), FRM(국방과학연구소), 해미래(한국해양연구원), 해누비(한국해양연구원), 이십이(한국해양연구원) 등이 해양로봇에 대한 국내 대표적인 개발 사례이다. 이러한 수중로봇 개발하기 위한 주요 기술 분야로 선체설계, 추진체, 에너지원, 센서, 향법, 자율, 통신, 제어, 조작으로 총 9가지로 나누어 볼 수 있으며 이러한 9대 기술 분야에 대해 국내외 기술 동향을 살펴보자.

2.1 선체 설계

선체의 형태는 수중로봇의 프레임이 노출되어 있는 형태인 개방형과 고속 광대역해역 탐사를 목적으로 하는 폐쇄형 선체구조로 나눌 수 있다. 또한 이러한 선체기술은 고속 기

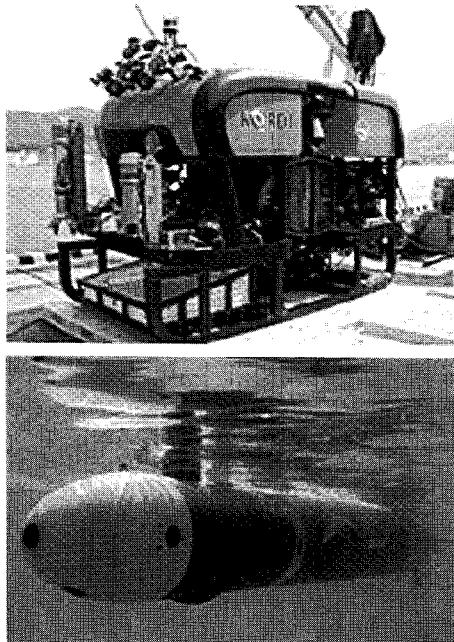


그림 1 개방형 구조(위), 폐쇄형 구조(아래)

동과 유체 저항감소가 가능하도록 최적형상기술이 적용되어야 한다.

개방형구조는 미국의 Perry Tritec은 심도 2,500m급으로 Triton 계열의 ROV를 개발 운영하고 있으며 일본 KAIKO의 경우 심도 11,000m까지 운용 가능하다. 우리나라의 경우 해양연구원에서 개발한 해미래의 경우 미국 JASON II를 역설계 분석하였으며 일본의 KAIKO의 설계 수식을 활용하여 프레임과 내압용기가 설계되었다. 2007년 해미래는 6000m급으로 설계되어 심도 3000m에서 시연하였다.

폐쇄형구조는 미국은 1,000m급의 운영가능한 정교한 수중로봇을 개발 운영하고 있으며 영국, 노르웨이, 프랑스 등이 개발 및 운용을 하고 있다. 우리나라에서 개발된 대표적인 폐쇄형 구조의 해양로봇은 대우조선해양과 려, IMT공동연구로 개발된 OKPO-6000은 운용수심 6,000m급으로 태평양 실해역 시험을 마쳤고 한국해양연구원과 (주)대양전기공업이 개발한 SAUV는 400m급으로 설계하여 200m까지 운용 가능한 것으로 알려지고 있다.

2.2 추진체

선진국에서의 개발된 추진체 종류로는 BLDC형 추진시스템, 일체형 추진시스템, 생체 모방형 추진시스템 등이 있다.

Tecnadyne, Dive-Xtras, Crustcrawler, Sub-Atlantic, SAAB, Seaeye, TLS 등 300W에서 12.9KW급으로 다양한 BLDC형 수중추진시스템이 개발되어 전문기업이 독점 생산하고 있다. 우리나라의 경우 한국해양대학교 등에서 300W급

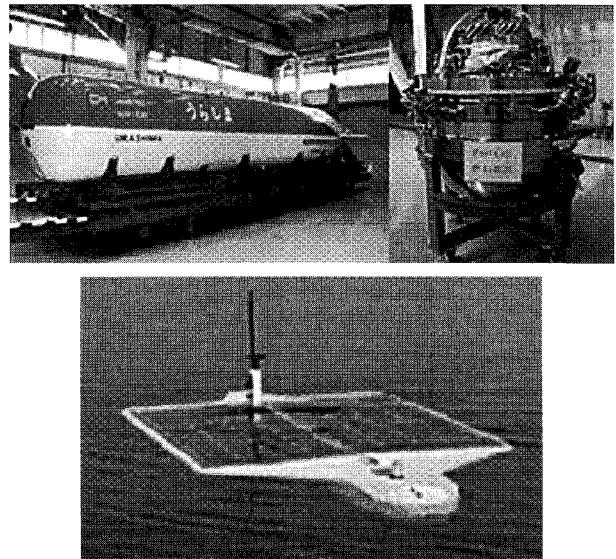


그림 2 일본 Urashima AUV와 연료전지(위), 미국 SAUV(아래)

BLDC 기반 수중 추진시스템을 연구하였으며 1KW급 BLDC 추진시스템을 개발 진행 중이다.

2.3 에너지원

에너지원은 전기화학적 에너지원, 연소 에너지원, 기타 에너지원으로 Solar Power 등이 있다.

전기화학 에너지원은 전자기기에 널리 사용되는 LiCd, NiCd, Ag-Zn, Li-ion, Li-polymer 배터리와 노르웨이 Kongsberg Maritime사의 과산화 알루미늄을 이용한 준연료전지 그리고 일본의 Urashima AUV에 적용된 연료전지가 있다.⁽¹⁾

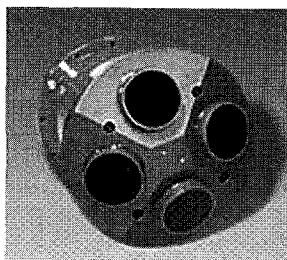
연소 에너지원으로는 폐회로 디젤엔진(CCDE)이 있다. 디젤엔진은 외부로 부터 공기를 흡입해야 하지만 연료와 액화산소 및 기타 기체만을 이용하여 디젤엔진을 이용하여 에너지를 얻는다. CCDE는 영국, 네덜란드, 독일, 일본 및 우리나라로 개발되어있으나 우리나라의 경우 수중로봇에 적용한 사례는 없다. 일본의 경우 R-ONE Robot에 적용하였다.⁽²⁾ 그리고 태양전지를 에너지원으로 미국 AUSI에서 개발한 SAUV가 있다.⁽³⁾

2.4 센서

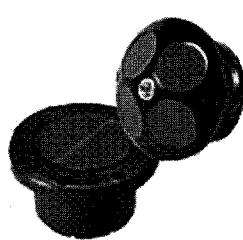
Teledyne, SonTek, LinkQuest, Sperry 등 국외 수중센서 전문기업들이 독점 생산하고 있으며 미국, 영국 등 국방관련 연구소, 학계, 전문기업에서 연구개발하고 있다.

우리나라는 소나테크에서 SSB, SBP, SBES를 연구 개발 및 생산하고 있다.⁽⁴⁾

- DVL(Doppler Velocity Log)

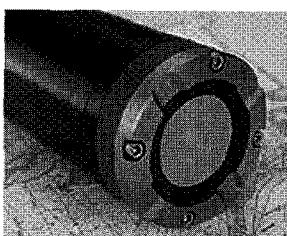


(a) 미국 LinkQuest

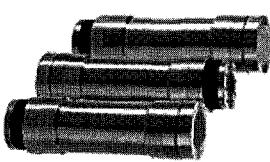


(b) 미국 Teledyne RD Instrument

그림 3 DVL Sensor

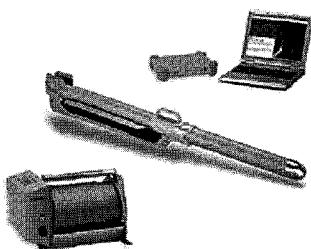


(a) 노르웨이 kongsberg

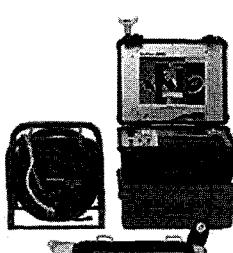


(b) 미국 Tritec

그림 4 Altimeter

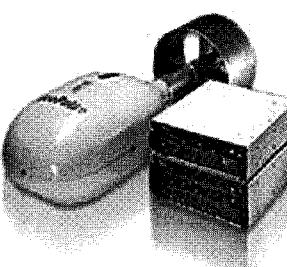


(a) 영국 C-MAX

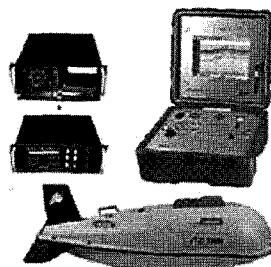


(b) 한국 소나테크

그림 5 SSS



(a) 노르웨이 Kongsberg



(b) 한국 소나테크

그림 6 SBP

음파의 도플러 현상을 이용하여 선체의 상대 속도 측정하는 센서이다.^[5-6]

- 고도계(Altimeter)

수중로봇의 수심정보를 얻기 위한 방법으로 소나를 이용하여 해저면 까지의 거리를 측정하는 센서이다.^[7-8]

- SSS(Side Scan Sonar)

좌우방향으로 음파를 발생하여 영상을 재현하는 소나 시스템으로 수중 물체파악, 지형 조사가 가능한 센서이다.^{[4][9]}

- SBP(Sub Bottom Profiler)

음파를 이용하여 지층을 탐사하는 장비로 매물된 해저케이블, 해저파이프 실태조사, 해양내수면 지질조사 등이 가능하다.^{[4][7]}

2.5 항법 기술

국외의 경우 GPS, INS, DVL 등 보조장비 연동 복합항법 기술을 활용하고 있으며 해저지형 대조항법 기술을 연구개발 중이다. 미 해군에서는 SWARM, 소나센서를 이용 해저지형 대조항법 기술을 실증적용하고 있다.

우리나라는 국방과학연구소에서 유동항법제어 기술을 개발하여 적용한 경험이 있으며 KORDI/대양전기가 개발한 SAUV에는 IMU, SSBL를 이용한 수중항법기술이 일부 적용되어있다.

2.6 자율제어

미 해군에서는 ISR(Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance) 임무 자율수행 가능한 UUV용 자율제어 시스템 개발 시작하였다. 우리나라의 경우 자율시스템기초 연구 수준으로 알려지고 있다.

2.7 통신 기술

미국 WHOI에서는 수중초음파 이용 무선통신시스템 연구 개발하여 ATM(Acoustic Telemetry Modem)를 상용화하였고 고속 데이터 통신이 가능한 심해광학 통신시스템을 개발하였다.

일본의 KDD에서는 10Kbps 초음파 무선통신 시스템을 개발하였다.

우리나라의 경우 한국해양연구원에서 04년도부터 음파를 이용한 실시간 디지털 데이터 송수신이 가능한 수중 무선통신시스템 기술개발에 착수하여 2006년 거제도 해상에서 7.4Km거리를 두고 10Kbps 통신실험에 성공하였다. 2009년에는 통신거리 16Km, 전송속도 5Kbps급인 장거리 모델과 통신거리 8Km, 전송속도 10Kbps급인 네트워킹 모델을 개발하여 LIG Nexone에 기술 이전하였다.

2.8 제어 기술

선진국에서는 제어기설계를 위한 모델링 기술을 확보하고

수학, 통계 기반의 다양한 제어이론을 적용하여 개발하였고 수중로봇의 비선형, 불확실성, 외란 등에 강한 제어기를 설계하여 적용하고 있다. 미 해군의 EAVE-West UUV는 지식 기반시스템, 추론기능 및 학습기능을 갖는 퍼지나 신경망 적용하는 제어기 개념을 제시하였다. 우리나라의 경우 단순한 수중로봇 모델링 기술은 보유하고 있으며 또한 PID, SM 제어설계 기술도 확보되어있으며 다양한 이론을 바탕으로 수중로봇제어에 적용하는 연구가 진행 중이다. 국방과학연구소에서는 97년, 임무모듈/결정 지식기반시스템과 퍼지개념 적용 UUV용 자율제어를 적용하였으며, 02년 경상대에서 RVC(Reactive layer Virtual World considerative layer)기반 자율운항제어 연구를 수행하였다.

2.9 조작

고 심해용 유압기반의 머니플레이터는 미국의 수중로봇 전문기업인 Seabotix, Cybernetics, Roper Resources 등에서 4DOF부터 7DOF를 가지는 머니플레이터에 대하여 연구개발하고 있으며 캐나다 ISE에서는 ROV 용 인공팔 로봇을 제작하였다. 일반적으로 조작기술은 미국, 캐나다, 유럽 등 전 세계적으로 기술이 안정화 단계에 있다.

전기모터 기반의 머니플레이터는 유압기반에 비해 중량대비 가반하중이 낮아 실용적인 작업에 투입하기는 어려운 실정이다. 미국, 일본, 유럽 등 연구기관에서 개발되고 있다. 미국 하와이대 6,000m급 AUV 머니플레이터를 개발하여 운용 중이다.

우리나라는 POSTEC에서 4DOF 전동형 머니플레이터의 개발경험이 있으며 한양대에서는 6DOF BLDC기반 머니플레이터를 개발 중이다.

3. 수중로봇의 발전 방향

우리나라의 기술 수준은 미국이나 영국, 일본 등과 같은 수중로봇의 선진국과 9대 주요 기술분야를 비교해 볼 때 선체설계기술과 센서의 일부기술에서 선진국 수준에 도달하고 있지만 대부분이 연구 개발단계로 다음과 같은 수중로봇의 선진화노력이 필요하다.

첫째, 기술연구 단계에 있는 분야에 대해서는 집중적인 연구가 필요하며 성능평가에 대한 기준이 필요하다. 그리고 기술연구 개발완료 단계에서는 상업화하기 위한 전 단계로써 안정성 확보단계를 거쳐야 할 것이다. 성능평가와 안정성 확보, 기술적용 제품의 품질향상을 위해 수중로봇 전문 시험검사 기관을 설립하고 주요 기술별 규격화 및 인증화가 이루어져 수중로봇 선진국의 기술에 대응할 수 있도록 하여 수입의존도를 줄이고 수출시장 진출을 해야 한다.

둘째, 수중 로봇전문만이 아닌 수중공사, 해양교통, 수중생

태환경, 선박제조, 수산양식 등 각 분야의 전문기업, 학계, 연구소 등과 정기적인 워크샵을 개최하고 해당분야의 전문가 패널을 통해 지능형수중로봇 현재 기술을 알리고 응용분야에 대해 토론하는 자리가 마련되어야한다. 사용자 입장에서 민수분야 및 군수분야에 요구되는 수중로봇으로 개발해야 한다.

4. 수중로봇이 관련 산업에 미치는영향

수중로봇은 수중건설업, 수산업, 해저광물산업, 정보통신기술산업, 국토방위산업 등 많은 종류의 산업기술 발전에 직간접적인 영향을 미칠 것으로 예상된다.

국내의 수중 건설업은 작년 말에 완공한 세계적인 수준의 부산-거제간 연결 도로중 3.7Km의 침매터널구간 완공으로 세계의 주목을 받았으며 목포와 제주간의 해저터널건설도 검토된 바가 있다. 해저터널 건설에 있어서 수중로봇을 이용한 해저면 탐사와 작업공정에서 잠수부가 해결해야하는 부분을 대처할 수 있을 것이다. 그리고 시공에 필요한 수중로봇개발이 이루어진다면 예산절감과 공사기간 단축 등이 가능할 것으로 전망한다.

수산업에는 농림수산식품부 바다목장사업으로 2009년부터 2013년까지 5년간 100억원을 투자한다. 수중로봇을 이용한 해저지형탐사[1]와 세굴 및 인공어초 매물에 미치는 영향을 판단하고 생태환경 모니터링을 통해 수산자원의 효율적인 관리가 필요하고 수산 양식업에서는 수중로봇을 통한 수질관리와 양식장의 유지관리, 감시 등이 요구된다. 수산업에서 수중로봇에 활용은 해당산업 뿐만 아니라 수산업 연구에도 많은 영향을 미칠 것이다. 그리고 수산자원, 생태계, 수질환경을 모니터링 하기 위해서는 수중통신과 해상통신관련 산업도 크게 성장할 것이다. 해저광물산업은 산업발달로 인해 육상광물자원의 고갈이 심각한 문제로 대두되고 있으며 해양자원 탐사하고 자원 채취하려는 노력이 커지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 선진국에서는 1980년대부터 태평양 심해저에 빨달하는 망간단괴에 대한 기초·정밀조사취하로하여 매장량을 확보하였고, 이후 하캐내기 위한 채광·양광기술, 유용금속을 추출하기 위한 선광·정련기술 등을 오로한 상태에 있으며, 현재는 상업성을 검토하고 있는 중이다. 그리고 수중에 설치되어있는 기뢰를 제거하여 아군의 함선을 보호하거나 적 잠수함 파괴 또는 대형잠수함 신호를 모사하여 무력화하는 기술 등 AUV형 수중로봇 수요가 제기되고 있다.

수중로봇은 전 세계적으로 관련 산업에 적용하기 위해서 연구개발에 몰두하고 있으며 우리나라도 대기업을 중심으로 수중로봇 개발팀을 구성하여 투자가 시작되는 단계이다. 그리고 ADD, 한국해양연구원, 해양로봇센터, POSTEC, KAIST

등에서 연구 개발이 활성화 되고 있다.

5. 결 론

국내외 수중로봇의 주요 기술 분야를 9가지로 나누어 동향을 분석하였고 국외의 선진기술에 대응하기 위한 상용화 방법으로 수중로봇 전문 시험기관 설립과 수중로봇의 활용이 가능한 산업분야로 접근하기 위해 워크샵과 포럼을 개최하는 방법을 제시하였다. 수중로봇이 수중건설에서부터 수산업, 해저광물산업 등 관련산업에 직간접적으로 큰 영향력을 미칠 수 있을 것으로 전망되며 수중로봇의 주요기술에 대한 상용화가 절실하다. ■■■

참 고 문 헌

- [1] TOSHIO MAEDA, SHINJI ISHIGURO, KAZUHISA YOKOYAMA, KIYOSHI HIROKAWA, AKIRA HASHIMOTO, YUKIHITO OKUDA, TOSHIHIRO TANI, "Development of Fuel Cell AUV "URASHIMA" Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. Technical Review Vol. 41, No. 6, (Dec. 2004)
- [2] Tamaki Ura* and Takashi Obara "Sea Trials of AUV "R-One Robot" Equipped with a Closed Cycle Diesel Engine System" OCEANS MTS/IEEE Conference VOL.2, pp.987-993, 1979.
- [3] Autonomous Undersea Systems Institute, <http://ausi.org/research/sauv/> (jan 20, 2011)

- [4] 소나테크, <http://www.sonartech.com/> (jan 20, 2011)
- [5] LinkQuest inc, <http://www.link-quest.com/> (jan 20, 2011)
- [6] Teledyne Technologies incorporation, <http://www.teledyne.com/> (jan 20, 2011)
- [7] Kongsberg Maritime, <http://www.km.kongsberg.com/> (jan 20, 2011)
- [8] Tritech International Limited, <http://www.tritech.co.uk/> (jan 20, 2011)
- [9] C-MAX Side Scan Sinar System, <http://www.cmaxsonar.com/> (jan 20, 2011)

〈필자소개〉



최성희(崔誠熙)

1979년 11월 3일생. 2003년 밀양대 공과대학 정보통신공학과 졸업. 2009년 부산대 전자전기 공학부 입학(석박통).



이장명(李章明)

1957년 11월 22일생. 1980년 서울대 공과대학 전자공학과 졸업. 1982년 동 대학원 졸업(석사). 1990년 USC 졸업(공박). 1992년~현재 부산대 전자전기공학부 교수.