

무인잠수정(AUV)의 연구개발 현황 및 전망

최형식, 김준영 (한국해양대학교)

1. 서론

국내외적으로 해양자원 탐사 및 개발, 다양한 수중작업, 해양감시 및 정찰 등의 군사목적, 해양환경감시 등 다양한 분야에서 수중로봇 사용이 증대되고 있다. 특히, 우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸인 해양국가로 해양자원 확보, 개발 및 활용이라는 측면에서 수중로봇을 포함한 수중관련 기술의 연구 개발은 필수적인 과제이다.

수상 또는 수중 등에서 운용되는 모든 로봇을 통칭하여 무인해양로봇(Unmanned Marine Vehicle : UMV)이라 하는데, 이러한 무인해양로봇은 인간이 수행하기에 단조롭고 어렵고 위험한 수상 및 수중 작업에 적합하다. 일반적으로 수중로봇을 유삭식 수중로봇(Remotely Operated Vehicle: ROV)과 무삭식 수중로봇(Autonomous Underwater Vehicle : AUV)으로 구분하여 기술하고 있는데, 수중로봇에 대해 모두 기술하는 것은 매우 광범위하여 본 논문은 AUV형 수중로봇(이하 수중로봇으로 기술)에 대하여 기술하였다.

수중로봇은 자체 전원을 탑재하고 있고, 자율능력 부여를 위하여 컴퓨터와 다양한 센서를 내장하여 수중탐사를 주된 작업을 수행하며 심해 또는 천해에서 탐사작업이나 기뢰제거와 같은 군사적인 작업에 매우 유용하여 세계 각국에서 군사적인 목적으로 많이 개발하여 왔다. 그러나 현재 우리나라 수중로봇 관련 기술 수준은 국가와 전문가들의 많은 노력에도 불구하고 연구개발의 역사가 짧아서 선진국에 비해서 아주 많은 부분에서 뒤져 있다. 따라서 우리나라 지역특성에 적합한 수중로봇 개발과 미래 우리의 새로운 해양영토가 될 수 있는 원양해역의 주요지역을 탐사, 개발, 그리고 활용할 수 있는 수중로봇 개발을 위하여 핵심 기초기술에서부터 응용기술의 연구 개발이 필요하다.



그림 1. 수중로봇(AUV)

본 논문에서는 개략적이거나 국내 및 국외 수중로봇(AUV)

의 연구개발 현황 및 전망을 소개하는데 대부분의 내용은 [서주노 2010]을 정리 요약한 것임을 밝힌다. 이에 더하여 해양 선진국과의 국내 수중로봇 기술의 격차를 줄이고 발전하기 위한 연구방향을 제시하였다.

2. 본론

2.1 상세 봉쇄기법 및 구비품

수중로봇의 기술은 크게 선체 설계, 추진기 설계, 항법, 제어, 통신, 에너지, 자율, 그리고 센서 기술로 나눌 수 있다. 이들을 좀 더 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

(a) 선체 설계 기술

선체 설계 기술은 내압 선체 제작 기술, 저항 추진을 줄이기 위한 선형 설계 기술, 그리고 내압 방수기술 등으로 분류할 수 있다. 수중로봇은 수압에 견디고 방수 역할을 할 수 있는 압력 선체구조를 갖고 내부에 각종 센서와 컴퓨터, 전원, 모터 및 배터리 등을 탑재하기위한 공간이 필요하다. 압력선체의 공간을 확보를 최대화하면서 최소화항을 받도록 선체의 형태를 최적화할 필요가 있다. 그리고 작업 수심이 깊어짐에 따라 증가하는 수압에 견딜 수 있도록 설계 되어야한다. 선체 설계기술은 수중로봇의 임무에 따른 요구속도, 작업 수심, 작업 종류 등을 고려하여 설계된다.

(b) 추진기 설계 기술

수중로봇에는 전기모터에 의해 프로펠러를 구동시키는 전기식 추진기가 대부분 사용된다. 추진기는 로봇 요구속도, 선체저항, 운항시간, 그리고 전원용량 등을 고려하여 설계되며 소형 경량화 및 고효율을 목표로 설계된다. 또한, 방수의 방법에 따라 내구성 및 효율이 달라지게 되므로 방수방법은 추진기 설계에 매우 중요하다.

(c) 항법 기술

항법이란 수중로봇의 현재 위치를 알아내는 기술로 음파 기반의 항법장치와 비음향 센서인 관성항법장치 기반의 전통적인 복합항법센서를 사용하여 왔다. 최근 광학센서를 사용하여 지형을 비교하는 SLAM (Simultaneous Localization and

Mapping)과 같은 지형대조와 같은 새로운 항법기술들이 연구 개발되고 있다[Ribas 2008, Fairfield 2007].

(d) 제어 기술

수중로봇의 운동방정식은 비선형이며 조류 등과 같이 주변 환경에 영향을 많이 받아서 제어기 개발 기술이 매우 중요하다. 수중로봇 제어기 설계는 3차원 공간에서 경로추적을 위한 것으로 속도, 방향 및 심도 등이 동시에 제어 되어야 한다. 불확실한 수중환경 및 비선형적 동력학적 특성으로 PID와 같은 단순 제어기법으로는 만족스러운 결과를 얻을 수 없어서 수중환경에 강인한 제어기나 동적특성 및 작업환경의 변화에 대비하여 학습 및 적응능력을 가지는 제어 기술이 연구되고 있다.

(e) 통신 기술

수중음향통신은 수중에서 음파를 이용하여 정보를 교환하는 기술로 AUV형 수중로봇의 경우 모선과 통신, 또는 수중로봇간의 통신, 다른 수중 플랫폼간의 통신이 필수적인 경우가 있다. 수중의 물리적 특성에 많은 영향을 받아 매우 어려운 기술이다. 부피가 넉넉하지 못한 수중로봇 선체 내외에 소형으로 설치해야 하는 반면 음파 전달 거리는 가급적 길도록 설계하는 것이 중요하다. 그러나 중소형의 수중로봇의 음파전달 거리를 늘리기 위해서는 소나장비가 클 수 밖에 없기 때문에 소형으로 고속 장거리의 음파를 전송연구를 수행하고 있다. 단기간에 이러한 통신기술을 비약적으로 발전시킬 수가 없어서 이를 극복하기 위한 한 가지 방법으로 수중로봇간의 통신 혹은 다른 수중 플랫폼간의 통신을 통해 통신거리를 늘리는 연구를 수행하고 있다.

(f) 에너지 기술

수중로봇의 운용에서 운용시간 및 운용 속도는 매우 중요한 성능이다. 운용시간의 연장과 운용 속도 증가를 위하여서는 고밀도 에너지원 개발이 요구된다. 초기에는 주로 납축전지가 사용되었으나 현재에 와서는 리튬 폴리머나 연료전지 등을 사용하는 추세로 연구가 진행되고 있다.

(g) 자율 기술

수중로봇에서 인간의 관여를 줄이고 무인작업 수행 역할을 충분히 감당하는 정도는 자율기술에 달려있다. 자율은 임무계획, 임무수행, 임무완료 단계에서 일어날 수 있는 모든 상황을 수중로봇 자체적으로 판단할 수 있는 기술이다. 자율기술은 물리적 설계를 통하여 얻어지는 것이라기보다는 알고리즘을 통하여 수행될 수 있다. 자율에는 임무계획, 임무에 따른 이동경로 계획, 장애물 인지 및 회피, 경로추적, 임무수행, 자

기진단, 임무재계획 등이 연속 또는 되먹임 형태로 연결되어 수행되며 퍼지, 인공지능, 신경망 이론 등이 사용된다. 자율제어시스템은 관련 H/W 및 S/W 기술 개발과 함께 다양한 센서로부터 획득된 정보를 인식하고, 분류하고, 융합하고, 식별하는 고도의 인공지능 신호처리 기술 개발이 진행되고 있다.

(h) 센서 기술

수중로봇에는 항법센서, 수중통신 센서, 수중카메라, 소나 시스템 등 무수히 많은 센서들이 있다. 항법센서로는 해저면 및 해수면에서 반사되는 음파의 도플러 현상을 이용하여 선체의 상대 속도를 측정하는 DVL(Doppler Velocity Logger)이 있고, 가속도 및 방위각 정보를 내는 AHRS(Attitude and Heading Reference System) 및 IMU(Inertial Navigation Unit)가 있다. 상대적 위치를 나타내는 위치센서로는 USBL(Ultra Short Base Line), SBL(Short Base Line), LBL(Long Base Line)이 있다. 수중 영상정보 시스템은 SSS(Side Sonar Scanner), Single or Multi beam Echo Sounder, SAS(Synthetic Aperture Sonar) 등이 있다. 그 외에 수중로봇의 심도센서로는 Altimeter가 있다. 수중로봇의 항법은 센서의 성능에 달려있다고 해도 과언이 아니며 정보교환, 정보획득, 임무수행 등에 센서는 반드시 필요하다. 대부분 센서는 국외에서 생산하고 있어 매우 고가이며 구입과 서비스 시간 지체와 고정도의 장비는 안보를 이유로 구매가 불가능한 경우도 있다. 따라서 소형 저가형 고성능 수중센서의 기술개발이 진행되고 있다.

2.2 국내외 수중로봇 기술 수준

(a) 선체 설계 기술

선체설계 기술은 선진국들이 일찍 연구개발을 시작하여 6000m의 심해용 선체를 설계 제작하는 능력을 갖추었으나 최근 국내의 기술력도 많이 향상되어 6000m급 수중로봇의 선체를 설계제작하는 단계에 이르렀다.

(b) 추진기 설계 기술

수중 추진기는 전반적으로 소형 경량화 및 고효율의 개발로 진행되고 있다. 현재 BLDC형 수중 추진시스템은 미국의 Tecnydyne, Dive-Xtras, Crustcrawler와 영국의 Sub-Atlantic, SAAB Seaeye, TLS 등의 전문 기업들에 의해 독점적으로 생산되고 있다. 림-구동 PM 추력기를 적용한 일체형 수중추진시스템은 전동기와 추진기를 일체형으로 설계한 구조로 덮개에 의한 소음감소, 공간의 절약의 장점으로 현재 미해군에 적용되고 있으며 향후 수중로봇에 더욱 활발히 사용될 것으로 전망된다. 미국의 경우 DARPA와 NUWC에서

21인치 무인잠수정에 일체형추진기술의 적용과 특수형 추진 기술에 대한 연구가 진행되고 있다.

국내에서는 (주)엘엔에스코리아, 한국해양대학교, 이에스(주) 및 DSK 에서 공동으로 300W급 및 1 Kw급의 BLDC 기반 고성능 수중추진 시스템을 상용화한 바 있다[장하용 2009].

(c) 제어 및 항법 기술

선진국의 수중 제어 및 항법 기술의 알고리즘 연구는 국내에 비해 매우 앞서있기도 하지만, 국내보다 실증실험 등의 횟수와 기간에서 더 큰 차이를 보인다. 수중항법 기술은 기존의 관성항법센서를 기반으로 하는 전통적인 항법기술과 더불어 비전통적인 항법기술들이 연구 개발되고 있다. 기본적인 자세 관련 정보 이외에 기준 좌표정보를 제공하는 GPS와 같은 보조장비와 연동된 복합항법기술들이 활용되고 있다[Stokey 2005, McEwen 2005]. 최근 선진국에서는 음향을 이용한 항법기술의 적용과 해저지형이나 지구중력을 측정하여 이미 데이터베이스화된 해저지형 또는 지구중력지도와 비교하여 항해하는 해저지형대조항법 기술을 적용하는 연구를 수행하고 있다. 이를 미 해군의 무인잠수정에 일부 적용연구하고 있다. 알고리즘의 상용화도 국외에서 더 활발히 진행되고 있다. Kongsberg Simrad의 제어시스템인 HiPap 500 system은 DP의 운영 및 USBL과 LBL 모드로 사용가능하다. SAIC사의 ISS-2000은 잠수정의 정밀 항법과 위치 추적을 위한 시스템으로 타사의 위치추적 시스템과 DVL을 결합하여 칼만필터를 사용하는 종합화된 시스템이다. RD Instruments는 주로 음향도플러 시스템들을 제공하며 정밀항법을 위한 음향 도플러 해법으로 여러 DVL 시리즈를 출시하고 있다. 이외에도 많은 제품들이 상용화 되어 있다.

국내의 수중항법 연구개발은 국방과학연구소에서 기존의 백상어와 청상어 체계 및 FRM 체계 개발 과정에서 유도항법 제어 기술을 개발하여 적용한 바 있다. 한국해양연구소에서는 수중로봇 VORAM호의 개발과정에서 SSBL, ATM, Speedometer, IMU, Compass를 통합한 하이브리드 항법시스템인 AHFRS (Attitude, Heading and Flow reference System)을 개발하였다. 또한,

이심이100 AUV의 개발을 통해 GPS, R/F 통신 모뎀, DVL, AHRS 등의 복합항법시스템을 구현하여 실험역 실험을 수행한 바 있다[Hwang 2007].

(d) 통신 기술

미국은 WHOI와 Datasonic사에서 수중 초음파를 이용한 무선 통신시스템을 공동으로 연구 개발하여 ATM(Acoustic Telemetry Modem) 시리즈를 상업화하였고 이중에서 ATM 850은 2400 bits/sec의 데이터 전송능력을 가지고 있다. 또

한, 잠수함용 고속 심도 수중통신 체계개발 사업을 진행 중이며, 잠수함에서 고속 전개 및 회수가 가능한 통신 부이는 2012년 이후에 전력화 예정이다. 최근, 우즈홀 해양과학연구소(WHOI)에서는 휴대전화 및 무선인터넷 기술 진보를 이용하여 심해 광학 통신 시스템에 음파를 적용하여 고속 데이터 전송이 가능한 시스템을 개발하였다[Healey 1993].

일본은 KDD 연구소에서 10kbps의 전송 속도를 갖는 초음파 무선 통신 시스템을 개발하였고, 이 시스템은 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)변조방식을 채택하여 전송속도를 향상 시켰다. 중국에서는 국가 중점 연구개발 프로젝트인 '863 계획' 과제에 속하는 '수중 통신 연구'를 통해 10Km 거리내 수중 신호를 정확하게 전달할 수 있는 시스템을 구축하였다.

한국해양연구원에서는 2004년부터 수중에서 음파를 이용, 실시간 디지털 데이터 송수신이 가능한 세계 최고 수준의 수중무선통신시스템 핵심 기술을 개발해 왔고 최근 선진국에서 개발된 시스템보다 2배 이상의 성능을 보이고 있으며, 당장 제품화가 가능한 세계 최고수준의 기술로 평가받고 있다고 한다.(전송거리 10Km, 전송속도 10Kbps)



그림 2 수중통신 개념도

(e) 에너지 기술

수중로봇의 에너지원은 크게 전기화학 에너지원(배터리, 연료전지), 연소 에너지원으로 구분할 수 있다. 이들의 기술 수준을 보다 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

현재 거의 모든 수중로봇에는 전기화학적 에너지원인 배터리와 연료전지 시스템이 사용되고 있다. 리튬-폴리머 셀은 현재 최신 수중로봇 배터리로서 매우 높은 에너지 밀도와 낮은 중량밀도 그리고 긴 수명을 가지고 있다. 각각의 셀들은 주위의 해수 압력에 견딜 수 있는 압력 기밀의 사각 용기에 쌓여 있기 때문에 수중로봇의 압력 선체 내부에 탑재시킬 수 있다.

아울러 리튬-폴리머 배터리는 작동 수심에 덜 민감하기 때문에 심해용 수중로봇에 적합하다. 연료전지는 기존의 내연기관에 비하여 약 30% 이상 높은 고효율의 발전 시스템이다. 연료전지는 공해와 소음이 적어 환경문제가 거의 없으며 다양한 용량으로 제작이 가능한 환경친화적 첨단기술이다. 또한 밀폐 시스템으로 재충전 없이 전기와 열의 형태로 에너지를 생산하는 장점이 있다. 연료전지의 수중 에너지원으로서의 사용에 가장 큰 문제 중 하나는 반응물질의 저장에 있다. 하지만 연료전지의 에너지 밀도는 시스템의 크기에 비례하여 증가하기 때문에 소형 수중로봇의 연료전지 시스템 개발이 지체되고 있는 중요한 이유 중 하나이다. 연료전지를 적용한 수중로봇으로는 일본 JAMSTEC에서 개발한 우라시마가 있다.

연소 에너지원으로는 디젤-전기 결합과 같은 방법으로 배터리를 재충전하는 방법이 사용된다. 여러 형태의 공기-불요 연소 에너지가 수중잠수정용으로 제안되어 개발되어왔다. 대표적인 예가 일본의 동경대와 Mitsui가 제작된 R-One Robot으로, 공기불요 밀폐사이클 디젤엔진(Closed-Cycle Diesel Engine : CCDE)을 탑재하였다. 군사용 수중로봇인 경우에는 공기불요 동력원과 은밀성을 동시에 만족시킬 수 있는 방법으로 리튬 이온 배터리와 연료전지의 각각이 갖는 장점을 극대화할 수 있는 복합 시스템이 연구되고 있음을 주목할 필요가 있다[Cai 2007].

(f) 자율 기술

자율제어를 고려한 최초의 UUV개발은 미해군이 개발한 EAVE-West UUV를 이용하여 1985년 New Hampshire 대학에서 개발된 EAVE-East로 명명한 AUV일 것이다[Richard 1985]. 이는 자율제어를 위하여 지식기반 시스템을 고려하였다. 현재 미국의 경우 자율지표가 5내지 6단계이고 향후 2015년도 이후 MRUUV 자율수중로봇이 실용화될 경우 8단계(인적 중재가 거의 없는 단계)수준의 무인제어가 구현될 것으로 예상된다. 최근 노르웨이 Kongsberg Maritime사는 2008년도에 군사용으로 개발된 AUV형 수중로봇인 Hugin 1000에 적용된 자율제어 개발하였다.

국내에서 수중로봇의 자율제어 시스템과 관련하여 기초연구 수준의 연구로 1997년도에 국방과학연구소에서 개발된 AUV 수중로봇용 자율제어 시스템을 연구하였다[이동익 1997]. 이는 계층제어로 구성되어 있으며, 임무 모듈의 임무관리 및 결정을 위해서 지식기반 시스템과 추론을 위한 퍼지개념을 적용하였다. 현재 국내 기술수준은 파악이 어려우나 4단계 이하로 보인다.

(g) 센서 기술

센서 시스템의 기술수준은 성능과 가격에 밀접한 관계가

있고 특정 정밀도의 수치가 전체시스템의 특정 수준에의 만족여부의 검증이 어렵다. DVL 기술은 Teledyne, SonTek, LinkQuest, Sperry Marine 등의 전문기업에서 생산되고 있다. SSS는 Teledyne Benthos, C-MAX, EdgeTech, Geoacoustics, Imgenex, Marine Sonic Technology, Tritech, Wesmar 등 다수 제조사에서 생산되고 있다. 다수의 음파를 동시에 발사하여 해저면으로부터의 반사파로 영상을 구현하는 Multibeam Echo Sounder(MBES)는 RESON과 Kongsberg 등에서 제작하고 있다. Acoustic Camera는 Sound Metrics사의 DIDSON이 있으며, SAS는 Applied Signal Technology와 QinetiQ에서 생산되고 있다. 관성항법 시스템은 Athena Technology와 Northrop Grumman 등에서 개발하였다. 국내에서는 센서기술이 매우 취약하다. 다만, 국내의 경우 대우 ENR 및 소나테크(주)에서 SSS, SBP 및 SBES를 연구, 개발 및 생산하고 있어 일부 기술을 확보하고 있으나 INS, SAS 등의 선진 기술들은 확보하지 못하고 있다.

2.3 수중로봇의 개발 및 운용 현황

현재 수중로봇의 연구 개발 및 운용중인 국가는 약 20여 개국에서 600여 종류 이상이 보고되고 있다[Douglas 2009]. 미 해군에서는 1994년 최초로 군사용 무인잠수정 개발계획을 발표하였고, 1차 계획인 UUV master plan을 2000년에 최초 수립 이후 1998년 근거리 기뢰탐색 시스템 (Near-term Mine Reconnaissance System : NMRS) 무인잠수정을 개발하여 LA급 잠수함에 탑재하여 운용 시험에 성공한 바 있다. 1999년에는 NMRS, MRUUV를 Lockheed Martin에 의해 개발하였다.

EU 국가들의 수중로봇 연구는 거의 모든 회원국들이 독자적으로 혹은 국가별 컨소시엄을 통하여 매우 다양한 형태의 ROV형 수중로봇 및 AUV형 수중로봇을 개발하여 군사용 뿐 아니라 산업용 및 해양과학에 활용하고 있다.

영국의 수중로봇은 해양탐사용 수중로봇인 Autosub 개발 프로젝트를 1988년에 시작하여 1996년에 Autosub-1을 개발 이후 2007년에는 6,000m급의 Autosub 6000을 개발하였다. 군사용 수중로봇으로는 Talisman을 BAE 시스템사가 개발하여 2005년에 시연한 바 있다.

프랑스는 ECA사는 1981년 최초로 음향으로 제어하는 6,000m급의 AUV Epaulard를 개발하였고, 2002년에 기뢰탐색 및 은밀정찰 기술시범용 AUV인 Alister-MDV를 개발하였으며, 신형기뢰제거정인 K-Ster를 개발 생산하고 있다. 2008년에는 잠수함 발진 및 회수 개념의 중어뢰형 ASM-X UUV를 발표한 바 있다.

독일은 기뢰무력화용 소모성 기뢰제거정인 SeaFox를 세계 최초로 개발하였으며, Maridan UUV 기반의 기뢰대항전용

SeaOtter와 SeaWolf 그리고 UUV-DeepC 등의 다양한 무인 잠수정을 독자적으로 혹은 EC 역내 국가들과 컨소시엄 형태로 개발 및 운용하고 있다. 태한, 스웨덴, 노르웨이 등에서도 활발한 수중로봇 연구개발을 진행하고 있다.

일본은 Dolphin 3K를 개발하고 이를 이용하여 열수광상, 광합성에 의존하지 않는 생물군락, 새 지각판 등의 심해저 관측을 수행하였다. 일본은 1996년에 폐회로 디젤엔진을 탑재한 R1-수중로봇을 개발하였으며, 1998년에는 연료전지를 동력원으로 하는 장거리 무인잠수정인 우라시마를 개발한 바 있다. 2000년부터는 JAMSTEC에서 4,200m급의 심해저 탐사용 MR-X1 AUV를 개발하였다.

중국은 1990년초 러시아의 극동해양 연구소(Institute of Marine Technology Problems : IMPT)의 기술지원으로 6000m 심해 탐사가 가능한 CR-1 UUV를 개발하였고 최근에는 북극 ARV를 개발하여 북극해역 탐사를 수행한 바가 있다. 그 외에도 캐나다, 러시아 및 호주를 포함하는 여러 나라들이 있으나 지면 제한으로 생략한다.

국내의 수중로봇 관련 연구 및 개발은 해양 선진국들에 비해 매우 늦게 출발하였으나 기초 및 핵심기술이 비교적 신속하게 축적되고 있다. 우리나라의 수중로봇 연구는 1987년 한국해양연구원에서 수심 250m급 탐사용 유인잠수정 “해양 250”의 개발하고 1992년에는 수심 300m급 수중로봇 무인 탐사기 CROV300을 개발하였다. 1996년에는 대우조선해양(주)와 러시아의 IMPT와 공동으로 OKPO-6000을 UUV 개발하여 해양탐사에 운용한 바 있다. 국내에서는 1997년에는 해양연구원에서 SSBL과 자세센서를 융합하고 항법 필터를 구현한 Hybrid 항법 시스템으로 운용되는 200m급 AUV형 수중로봇의 Test Bed인 VORAM호를 개발하여 수조시험을 성공적으로 수행하였다. 1998년 국방과학연구소에서는 에 잠수함 모형 시험용 무인잠수정인 FRM을 개발하였다. 2000년대 한국해양연구원이 대양전기공업(주)과 공동으로 군사용 MDV로 활용할 수 있는 연구용 SAUV 개발하였고 한국해양연구원은 ACTD 과제로 자율항해 무인기뢰처리기(MDV)를 개발하고 있으며, 2008년에 대우조선해양(주)과 대원기전(주)이 선박 선체를 수중에서 청소하는 청소용 로봇을 개발하였다. 2009년에는 한국해양연구원에서 천해용 자율무인잠수정 이심이, 유사한 것으로 2011년 삼성탈레스에서 해양탐색용 수중로봇인 BOTO를 개발하였다. 이심이는 직경 0.2m, 길이 1.58m, 중량 38kg으로 본체에 부착된 센서를 통해 수중에서 자체 판단과 자기 위치인식에 따라 수중 200m 이내에서 자율적으로 운항하면서 탐사할 수 있으며 BOTO도 유사한 성능을 가지고 있다. 2012년에는 한국해양대학교에서 수중 탐색용 21kg의 초경량 AUV인 KAUV 개발과 수중에서 호버링 가능한 6자유도 AUV인 HAUV를 국내 최초로 개발하였다.



그림 3. 이심이 및 BOTO

2.4 수중로봇의 개발 전망 및 제언

수중로봇은 구성하는 선체 설계, 추진기 설계, 항법, 제어, 통신, 에너지, 자율, 그리고 센서 기술의 발전에 의해 그 기술이 발전한다. 따라서 수중로봇의 전망을 예측하기 위해 구성 핵심 기술 중에서 더욱 중요하다고 생각되는 에너지, 항법 및 자율 기술들의 전망을 살펴보았다.

에너지에 있어서 현재 수중로봇의 운용 형태가 가능한 동력원에 기인한 것이기 때문이며, 좀 더 장시간 운용 가능한 에너지원이 개발된다면 수중로봇의 운용방식 역시 변화될 것으로 생각된다. 하지만 대부분의 현재의 수중로봇 임무는 아직은 전통적인 배터리 동력원을 사용하여 수행될 수 있는 상황이다. 연료전지는 자동차와 전력생산 기업들에 의해 많은 발전을 이루고 있어서 미래에는 훌륭한 동력원의 잠재력이 매우 높다.

항법기술에서는 저가의 GPS와 연동된 복합항법의 응용기술이 중요한 자리매김을 할 것이라 생각된다. 또한, 연안지역에서는 음향유도항법이나 컴퓨터 기술의 발달로 해저지형대조항법의 일종인 SLAM 기술이 실용화 될 것으로 생각된다.

자율기술은 수중로봇의 운용에서 매우 중요한 성능으로 2010년 경 미국의 MRUUV가 8단계(인적 중재가 거의 없는 단계)수준의 무인제어를 예측하였으나 예측보다 발전이 늦어지는 것 같다. 향후 자율 기술은 점차적으로 발전할 것이며 이의 발전은 센서의 고성능화에 많이 영향을 받으므로 센서의 저가화 및 고성능화에 따라 발전할 것으로 생각된다.

현재 해양선진국과 우리나라 수중로봇의 기술격차는 매우 크다. 이러한 격차를 줄이기 위해서는 상기에 언급한 핵심기술 개발에 주력해야 하겠지만, 그렇게 하기에는 현실적으로 여러 가지로 어려움이 있다. 따라서 선진국의 핵심 기술을 습득하는 길을 따라 가면서 선진기술과의 격차를 해소하기 보다는 기존에 연구개발을 통해 확립한 기술을 효율적으로 잘 활용하여 독창적이고 실용성 있는 수중로봇을 연구개발한다면

적은 비용과 보다 단기간에 선진기술과의 격차를 많이 줄일 수 있으므로 이러한 방법을 동시에 모색할 필요가 있다.

3. 결론

수중로봇은 해양자원 탐사, 조사, 해양플랜트, 유지보수, 해저 케이블/파이프 매설, 포설, 주기적 검사 및 군사용 등으로 적용분야가 점차로 증가하는 추세이다. 현재의 수중로봇 시장 규모에 비해 2020년에는 10배 이상 증가 할 것으로 예상된다. 특히 삼면이 바다로 되어 있고, 지상 자원이 부족한 우리나라 실정에는 해양자원 개발이 급한 과제가 아닐 수 없다. 또한 해양자원 개발과 수중의 다양한 임무 수행을 위해서는 수중로봇 개발이 필수적 이란 사실은 모두가 인정하고 있다. 그러나 현재 우리나라 수중로봇 관련 연구 및 개발 현황은 미국, 유럽 등 해양 선진국에 비하면 매우 저조한 상태이다.

선진국과의 격차를 줄이고 수중로봇 분야의 선진국으로 발돋움하기 위해서는 정부 및 군의 전폭적인 관심과 지원이 필수적이다. 또한, 수중로봇기술연구회와 같은 전문연구인들의 활발한 연구교류와 한국해양대학교 수중운동체특화연구센터에서 9년간 연구한 연구결과들이 잘 활용되어 수중로봇 기술에 적용하면 대한민국 수중로봇의 빠른 발전을 이루는데 큰 역할을 할 것이라 생각된다.

후 기

본 기고문은 국방부 산하 방위산업청 지정 수중운동체특화 연구센터(Underwater Vehicle Research Center)의 지원으로 이루어졌습니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

서주노, 이기영, 최형식, 이기영, 수중로봇 실용화 방안, 한국 수중로봇기술연구회 연구보고서, 2010. 9.

Ribas, D., Ridaio, P., Tardos, J. D., and Neira, J., "Underwater SLAM in Man-Made Structured Environments," Journal of Field Robotics, DOI 10. 1002, pp. 1-24, 2008.

Fairfield, N., Kantor, G. and Wettergree, D., "Real-time SLAM with Octree Evidence Grids for Exploration in Underwater Tunnels," Journal of Field Robotics, Vol. 24, pp. 3-21, 2007.

장하용, 최형식, 소명옥, 성의섭, 김종삼, "300W급BLDC 모터기반의수중추진체개발" 한국 수중로봇기술연구회 추계

학술대회 2009.

Stokey, R. A. et al, "Development of REMUS 600 Autonomous Underwater Vehicle," Proc. MTS/IEEE Oceans, 2005.

McEwen, R. H., Thomas, D., Weber, D., and Psota, F., "Performance of an AUV Navigation System at Arctic Latitudes," IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol. 30, No. 2, pp. 443-454, 2005.

Hwang, A., Seoung, W., Jun, B., and Lee, P. M., "Semi-autonomous Experiments of ISIML's 3 Degrees of Freedom Motion Applied the SLAM Based on the Unscented Kalman Filter," Proc. of Underwater Robot Research Workshop, 2007.

Healey, A. J. and Lienard, D. "Multivariable Sliding Mode Control for Autonomous Diving and Steering of Unmanned Underwater Vehicles", IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol. 13, No. 3, 1993.

Cai, Q., Browning, D. J., Brett, D. J., and Brandon, N. P., "Hybrid Fuel Cell/Battery Power Systems for Underwater Vehicle," Proc. 3rd SEADS STC Technical Conference, Edinburgh, 2007.

D. Richard Blidberg, et. al, "A Hierarchical Knowledge-Bsased Unmanned Untethered Submersible", Proc. 4th Int. Symp. on UUST, New Hampshire, pp. 297~308, 1985.

이동익 외, "무인수중운동체를위한지능제어시스템설계", 자동제어학회논문지, (ICASE), Vol. 3, No. 3, pp227-237,1997. 6.

Douglas-Westwood, The World AUV Market Report 2010-2019, 2009.



최형식

- 1961년생
- 1983년 고려대학교 기계공학과 공학사
- 1993년 North Carolina State University 기계 및 항공공학과 공학박사
- 현 재 : 한국해양대학교 교수
- 관심분야 : 수중로봇, 수중항법, 다관절로봇 등
- 연 락 처 : ***-****-****
- E - mail : hchoi@hhu.ac.kr



김준영

- 1965년생
- 1989년 인하대학교 조선해양공학과 공학사
- 1999년 한양대학교 정밀기계공학과 공학박사
- 현 재 : 한국해양대학교 교수
- 관심분야 : 무인잠수정, 자율항법, 선박운동조종
- 연 락 처 : ***-****-****
- E - mail : jykim@hhu.ac.kr