

③ 세계의 심해무인잠수정 'AUV'

극한의 바닷속 탐사, 알아서 '척척'

글 | 전봉환 _ 한국해양연구원 해양시스템안전연구소 선임연구원 bhjeon@moeri.re.kr

지구의 3분의 2는 바다로 덮여 있으며 그 바닷속은 미래 자원의 보고다. 굳이 이 말을 얹더라도 바닷속 탐사에 대한 필요성을 부인할 사람은 아무도 없을 것이다. 바다는 약 46억 년 전에 형성된 지구와 여기에 번성하고 있는 생명체의 기원에 대한 수수께끼를 풀어줄 실마리를 제공할 것으로 추정된다. 이는 또한, 지구와 인류의 미래를 예측할 수 있는 열쇠가 될 것이다.

약 350만 년 전에 출현한 인류는 기원전 300년이 되어서야 비로소 철기를 사용하기 시작하였다고 하니, 인류의 역사에 비추어 보면 실로 짧은 시간 동안 눈부신 과학기술의 발전을 이루어 낸 것이다. 1903년 라이트형제가 처음으로 동력비행에 성공한지 불과 56년 뒤인 1969년에 인류는 달에 발을 내디뎠고, 이로부터 8년 후에 만들어진 무인우주탐사선 보이저는 2003년에 태양계를 벗어났다. 인류가 만든 우주탐사선이 20조km 태양계 밖으로 탐사를 나서는 지금에도 지구 가장 깊은 바다 밑에는 발을 들여 놓지 못하고 있다.

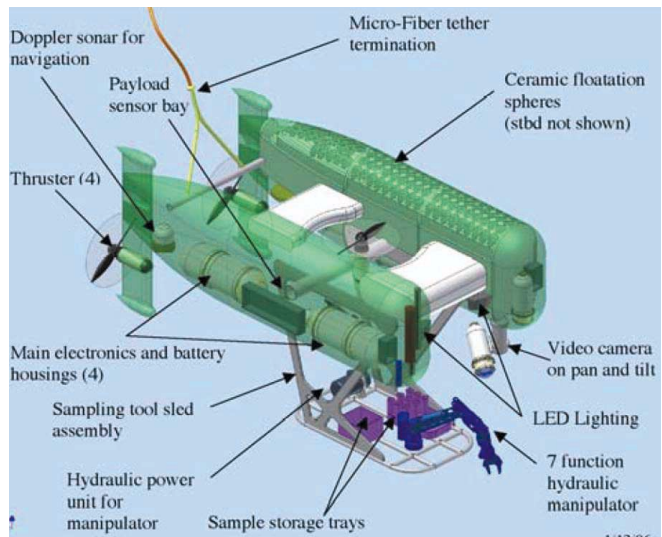
자율성 수준에 따라 ROV와 AUV 구분

1953년 지중해에서 진수된 트리에스트호는 1960년 마리아나 챌린저 해연 1만918m에 3명의 조종사를 태우고 다녀왔다. 이후, 1964년 미국 우즈홀해양연구소(WHOI)에서 유인잠수정 앨빈호를 개발하여 현재까지 4천200회 이상의 임무를 수행하는 동안 1977년 심해열수분출공을 발견하고, 1985년 침몰 후 73년 만에 타이태닉호의 사진을 세상에 알리는 성과를 거두었다. 현재 WHOI에서는 낡은 앨빈호를 대체하기 위한 신형 앨빈호를 제작중이다. 일본 해양연구개발기구(JAMSTEC)에서 개발한 원격무인잠수정 가이코는 2002년 1만1천m의 마리아나 해구에 잠수하였고, 2007년 현재 미국 WHOI에서는 마리아나 해구에 도달할 수 있는 하이브리드형(유

무선겸용) 무인잠수정을 개발중이다.

우주와 바다에 대한 인간의 도전과 탐험이 끝없이 진행되는 가운데 과학기술의 발전은 무인탐사선을 탄생시켰고, 이들은 원격조종 기능에서 벗어나 점점 더 확대된 자율성으로 극한환경에서 인간을 대신하기에 이르렀다. 바닷속에는 우주와는 또 다른 극한 환경이 기다리고 있으며 자율무인잠수정(AUV)은 그 환경의 수수께끼를 풀어주는 수단이 될 것이다.

잠수정은 잠수함과는 달리 대략 40톤 이내 규모를 통칭한다. 잠수정은 사람의 탑승유무에 따라 유인잠수정과 무인잠수정으로 나누어진다. 무인잠수정은 다시 원격조종무인잠수정(ROV)과 자율무인잠수정(AUV)으로 구분될 수 있다. ROV와 AUV를 쉽게 구분 짓



미국 WHOI에서 개발중인 11,000㎏ 하이브리드 무인잠수정 HROV - AUV와 ROV의 기능을 동시에 내장하고 있다.

(미공군 무인기의 자율성의 수준분류)

자율성 단계	자율화의 정도
1단계 (수동작동)	- 인간 조작자가 모든 임무와 기능을 제어 - 그러나 무인기는 자동으로 나른다
2단계 (동의를 의한 처리)	- 선택된 기능에 대해 자동적으로 동작을 추천 - 시스템은 정보와 방향에 대한 핵심을 조작자에게 알림 - 현재 대부분의 자율무인기가 속한 단계
3단계 (예외의 처리)	- 조작자가 개입하기에 응답시간이 너무 짧을 경우 시스템은 자동으로 임무와 관련된 기능들을 실행함 - 시스템이 조작자의 기능수행에 대해 주이나 경고전달 - 조작자는 정의된 시간선에서 파라미터를 반복하거나 변경할 수 있고 새로이 유도된 동작을 취소할 수 있음 - 예외의 경우 판단을 위해 조작자를 개입시킴
4단계 (완전자율)	- 시스템은 자율적으로 임무와 관련된 기능들을 수행함 - 시스템이 조작자의 기능수행에 대해 주이나 경고전달

는 한 방법으로 테더 케이블의 유무를 이용하기도 하지만 보다 정확한 구분은 그 이름에서도 나타나듯이 자율성의 유무 또는 정도에 따라 구분지어져야 한다. 즉, 자율적인 판단을 기준으로 임무를 수행할 수 있는 능력의 유무에 따라 구분된다. 미 공군이 네 단계로 구분한 무인기의 자율수준을 참조한다면 주어진 임무를 3단계 이상의 자율성 수준에 따라 수행할 경우 자율무인잠수정으로 간주할 수 있다. 조작자와의 통신에 큰 제약이 따르는 수중무인잠수정의 경우 자율성의 수준은 육상이나 공중의 무인기에 비해 더욱 높아져야만 한다. 최근 육상로봇이 산업용 로봇산업에서 서비스 로봇산업으로 전환하는 과정에서 지능에 대한 요구와 이에 부합하기 위한 연구가 증대되고 있으며, 이는 수중의 AUV의 지능발전에도 큰 영향을 미칠 것으로 예측된다.

AUV는 최대운용 수심에 따라 ROV의 경우와 마찬가지로 3천m 이상을 심해용으로 6천m 이상을 극심해용 AUV로 구분짓는다. 3천m는 상용 ROV의 심도 한계를 의미한다. 즉, 3천m 이상의 무인잠수정은 모두 과학조사를 목적으로 한다. 6천m는 전세계 해양의 98%를 포함하는 수심에 해당된다.

인간이 가기 힘든 극한환경 탐사에 유리

1990년대까지 심해 탐사는 심해 예인장비와 유인잠수정, 그리고 ROV에 의한 탐사가 주류였다. 그러나 2000년대에 들어서면서 AUV 기술이 발전하여 AUV를 이용한 심해 탐사 결과들이 가시적인 성과를 보이기 시작하였다. 대표적인 심해 탐사용 AUV인 미국 WHOI의 ABE는 2005년까지 165회의 잠수를 기록하였고 평균잠

수 수심은 2천m였다. ABE AUV의 주된 임무는 미터 스케일의 해저지형 매핑, 해저 마그네틱 매핑, 열수의 유동 조사, 열수분출공 주변의 조사와 예측을 위한 계측 등이었다. 이처럼 AUV는 통신이나 전원공급을 위한 케이블로부터 자유로울 수 있으므로 ROV에 비해 넓은 영역을 탐사할 수 있고, 빙하 아래와 같이 극히 위험한 환경까지 접근할 수 있으며 비교적 적은 비용으로 다수를 운용할 수 있다.

AUV의 역할은 첫째, 선박에 의한 광대역 매핑과 ROV의 국부영역 정밀 작업의 중간 단계에서 필요한 매핑작업의 수행, 둘째, 인간이 도달하기 힘든 극한 환경이나 케이블이 얽히기 쉬운 복잡한 환경의 탐사, 셋째, 한 대의 모선에서 적은 인력과 비용으로 다수를 동시에 운용하여 넓은 지역을 효과적으로 조사하는 것 등을 생각할 수 있다. 기능적으로 현재의 AUV는 측면주사소나, CCD 카메라, 스틸카메라 등을 이용한 해저면이나 특정 목표물을 매핑할 수 있고, 마그네토미터, CTD 등 각종 해양학 데이터 계측 센서를 이용한 매핑을 수행할 수 있으며, 해양의 3차원 공간상에 존재하는 현상의 변화를 적은 시간차를 두고 동시다발적으로 계측할 수 있다.

일부 과학자는 멀지않아 심해탐사선은 모두 무인선으로 대체될 것이며, 원격조종무인잠수정은 자율무인잠수정으로 대체될 것이라고 한다. 그러나, 아직도 여전히 유인잠수정은 높은 활용도를 유지하고 있고, 많은 심해작업이 원격조종무인잠수정에 의존하고 있다. 향후, AUV의 지능화가 진행되어 그 역할이 점차 늘어날 것으로 예측되지만, AUV와 ROV, 그리고 유인잠수정은 각각의 역할에 조금씩의 차이가 있으므로 서로 상호보완, 협조의 형태로 작업 영역을 나누게 될 것이다. 체계화하기 힘든 수중작업의 특성상 로



미국 WHOI의 ABE AUV - 대표적인 심해용 AUV

로봇팔을 이용한 정교한 작업이 AUV에 의해 수행되기는 쉽지 않으며, AUV에 내장된 제한된 전원은 24시간 연속으로 수십일을 작업하는 ROV의 기능을 대체하기는 어렵다. 또한, 인간이 한번도 경험하지 못한 상황에 대처하기 위해서 유인잠수정의 기능 역시 필요할 수밖에 없다.

6천m 사양까지 상용화, 1만1천m급도 개발중

1990년대에 전세계적으로 AUV는 약 50대 정도가 해양조사를 목적으로 또는 테스트베드로 개발되었는데, 그 개발의 주체는 대부분 연구소와 학교였다. 그만큼 AUV 기술은 도전적인 기술이었다. 2006년에는 200여대의 AUV가 개발되어 있는 것으로 알려졌으나, 학교나 연구소에서 개발되고 있는 테스트베드까지 포함한다면 실제 AUV의 수는 훨씬 많을 것으로 추정된다. 2000년대에 들어서 눈에 띄는 AUV 기술의 변화 중 하나는 상용화 추세다. 노르웨이에 1993년 개발된 HUGIN AUV는 꾸준히 기술개발을 한 결과 6천m 사양까지 상용화하였다. 미국 MIT 씨 그랜트에서 개발된 오디세이 시리즈도 6천m급까지 상용화되었고, WHOI에서 1996년에 처음 개발되었던 REMUS AUV 역시 꾸준한 보완을 거친 후 상용화되어 6천m급까지 시판하고 있다. 이외에도 캐나다 ISE의 Explore는 3천m급과 5천m급 상용 AUV이다.

또 다른 기술의 동향은 AUV의 한계를 극복하려는 다양한 시도들이다. 보다 더 진보된 임무를 수행하기 위하여 기술적으로 해결하여야 할 문제들에 초점을 맞춘 연구이며, 전세계의 연구소와 학교를 중심으로 연구가 진행되고 있다. 중점이 되는 AUV기술영역으로는 수중항법, 초음파 통신·네트워크, 수중작업, 장애물의 감



미국 Hydroid 의 상용 AUV - REMUS 6000



캐나다 ISE의 상용 AUV Explore 3000, 5000

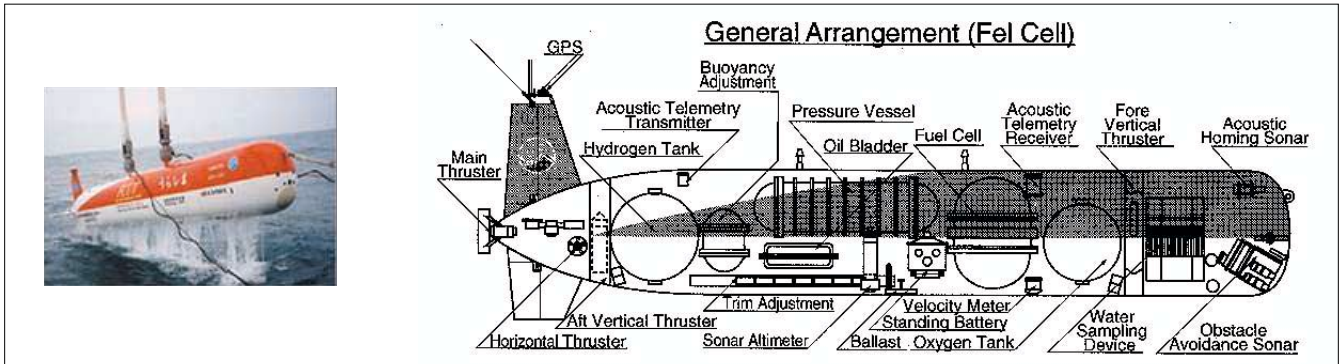
지·회피, 자율적 임무계획·수행, 협업제어, 장거리 항행, 수중도킹, 전원축전 문제 등을 들 수 있다. 일본 JAMSTEC은 연료전지를 사용하는 3천500m급 장거리 항행형 우라시마 AUV를 개발하였으며 현재까지 시험을 수행하고 있다. 영국의 NOCS에서는 6천m급 장거리 항행형 AUV 오토서브를 개발하여 빙하 아래의 탐사를 위한 기술들을 연구중이다. 도쿄공업대학에서는 심해용 AUV인 R2D4를 개발하여 자율성 향상 연구를 수행하고 있으며, 2006년에는 2천700m 심해역 탐사를 수행하여 그 결과를 발표였다. 최근 WHOI에서는 전세계 모든 해양의 해저에 다다를 수 있는 1만1천m급 하이브리드 잠수정을 개발하고 있다. 이는 자체 캐터리를 내장하며 자율모드와 리모트 제어 모드 두 가지 중 하나를 선택하여 운용할 수 있다. 로봇팔을 이용한 샘플링이나 작업을 할 경우 원격조종모드로 사용되고 해저 매핑 등의 임무를 위해서는 자율모드로 동작한다.

지능화 가속, 데이터 질적향상·비용절감 기대

인명을 중시하고 행복한 삶을 영위하려는 현대사회의 풍조는 각국의 군대를 무인전투체계로 전환시키고, 포화상태에 있던 육상의



노르웨이의 심해무인잠수정 HUGIN



일본 해양개발기술회사(JAMSTEC)의 장거리 항행형 심해 AUV Urashima -리튬이온전지와 연료전지를 선택하여 장착할 수 있고 연료전지를 사용할 경우 300km를 항행한다



일본 도쿄대학의 심해 AUV R2D4



영국 SOC의 심해 AUV Autosub3

산업로봇분야를 서비스로봇분야로 전환시키면서 새로운 지능형 로봇 시대를 열어가고 있다. 이러한 주위 여건들은 자율무인잠수정 AUV 기술 개발을 가속시킬 것이며 AUV의 상용화는 더욱 확대되어 갈 것으로 예상된다. 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어 및 정보 기술의 발달로 AUV의 지능화가 더욱 가속될 것이며, 해양탐사에 있어서 AUV의 역할도 현재보다 더욱 확대되어갈 전망이다. 군용으로는 항만 감시, 기뢰 탐색 및 제거, 공격형 어뢰, 기만기 등에 광범위하게 AUV가 활용될 것이다. 해양 산업 및 과학기술 분야에서, 기존의 선박과 예인장비를 이용하던 탐사방법은 대부분 AUV를 이용하는 방법으로 대체될 것이고, 탐사작업도 단순 조사에서 벗어나 수중작업까지를 자율적으로 수행하는 AUV로 발전해 나갈 것이다.

특히, AUV는 해양과학 조사에서 절실히 요구되고 있는 해양과학 데이터의 질적 향상과 데이터 취득에 소모되는 비용의 절감이라는 두 가지를 만족시키기 위한 해법으로 대두될 것이다. 즉, 시간과 공간적으로 변화하는 해양을 효과적으로 관찰하기 위해서는 시간차와 공간차를 극복하여야 하는데 이를 위해서는 다수의 계측장비

가 동시에 계측을 수행하여야 하므로 막대한 비용이 소모된다. AUV 선단은 이를 해결해 주기 위한 해법이 될 것이다. 즉, 한 대의 모선에서 다수의 AUV를 진수시킴으로써 전체 탐사비용을 현저히 줄이면서도 취득데이터의 질을 높이는 동시 매핑을 달성하기 위한 해법으로 등장할 것이다.

2007년 현재, 유인잠수정 뉴엘빈이 미국에서 제작되고 있고, 가까운 일본의 유인잠수정 신카이6500이 1천회, 프랑스 유인잠수정 노틸이 1천500회, 러시아 유인잠수정 미르 I, II가 700회 이상의 임무를 수행하였으며, 중국에서도 새로운 유인잠수정을 개발하고 있다. 심해용 AUV는 현재의 유인잠수정과 ROV의 역할을 상당부분 대체할 것이며, 유인잠수정과 ROV는 인간의 판단을 필요로 하는 더 지능적인 작업을 찾게 될 것이다. ㉔



글쓴이는 충남대학교 메카트로닉스공학과에서 박사학위를 받았다. 현재까지 보람 AUV, SAUV, 해미래 ROV, 이성이 AUV 등 무인잠수정 개발에 참여했다.