

# 해양드론의 최신 기술 동향

김현식\*

## 1. 서 론

우리나라는 3면이 바다인 해양국으로서의 환경 조건을 갖추고 있다. 이는 글로벌 시대를 맞이하여 해양 분야의 다양한 요구를 충족시킬 수 있는 기반을 확보하기만 하면 비교 우위의 국가 경쟁력을 가질 수 있음을 의미한다. 최근에는 에너지 지원 탐사, 해양사고 수습, 위협세력 대응, 항만시설 관리, 해양 감시/정찰/방어 등의 분야에서 수중, 수상, 공중 로봇과 같은 해양로봇의 필요성이 제기되고 있으며, 관련 해법 중의 하나로서 해양환경인지(Maritime Domain Awareness, MDA)를 위해 다수의 수중, 수상, 공중 로봇들로 구성된 이종협력네트워크(Heterogeneous Collaborative Network, HCN)를 활용하는 연구가 점차로 증가하고 있다[1-2].

그런데, 대형 해양로봇을 기반으로 한 HCN의 개발과 적용은 비용, 시간, 위험성 등의 측면에서 여러 가지 문제점들을 가지고 있다. 즉, 많은 비용과 시간을 필요로 하며, 시험평가 과정에서는 손상실 등의 가능성이 높다.

이와는 달리, 초소형해양로봇(Micro Marine

Robot, MMR)은 비용, 시간, 위험성 등의 측면에서 우수성을 가지고 있다. 비록 MMR은 크기가 갖는 제한점으로 인하여 운용시간, 탐지거리, 외란제거 등의 관점에서 단점을 가지고 있지만, HCN의 성공적인 개발과 적용에 있어서 매우 효과적인 시험평가 도구이다.

해양로봇 개발에 있어서 최근의 하드웨어 설계는 CATIA(Computer Aided Three dimensional Interactive Application)와 같은 3차원 모델링(modeling) 툴을 활용하는 것이 일반적인데, 이 모델링 툴에 의한 결과물로서의 설계파일은 3차원 렌더링(rendering) 툴과 호환 가능하므로 가상 해양로봇(Virtual Marine Robot, VMR)의 개발을 용이하게 한다. VMR은 해양로봇의 수학적 모델에 가시화(visualization) 기능을 결합한 형태를 의미하는데, MMR의 우수성을 증가하는 우수성을 가지고 있다. 비록 VMR은 수학적 모델링의 정확성 및 가시화의 실시간성에 의존하는 성능을 보이지만, HCN의 성공적인 개발과 적용에 있어서 매우 효과적인 또 다른 시험평가 도구이다.

우리나라의 경우에는 MMR 및 VMR 관련 기술 및 인력 기반이 매우 부족한 상황이며, 기존의 국내 해양로봇 연구개발 사례를 살펴보면 이들 시험평가 기법의 부족으로 기술성숙의 속도가 느림을 알 수 있다[3].

\* 교신저자(Corresponding Author): 김현식, 주소: 부산광역시 남구 신선로 428(용당동), 전화: 051-629-1565, FAX: 051-629-1559, E-mail: hyunskim@tu.ac.kr

\* 동명대학교 해양로봇교육기술연구소 소장

요약하면, 차세대 해양드론(marine drone)인 MMR 및 VMR은 해양로봇 개발 및 적용과 관련한 최신의 시험평가 기법들로서 해양로봇의 성능 예측 및 검증을 통한 기술성숙을 가속화할 수 있는 고도화된 기술들이다.

## 2. MMR 기술 동향

해양로봇 개발 및 적용 시에 비용/시간/위험성 문제를 해결하면서도 기술성숙을 가속화할 수 있는 현실공간 상의 시험평가 해법으로서는 MMR을 고려할 수 있다.

영국의 Douglas Westwood사에 의하면, 해양로봇의 일종인 AUV(Autonomous Underwater Vehicle)는 소형(<100kg), 중형(101-1000kg), 대형(>1000kg)으로 구분될 수 있다[4]. 다음의 표를 살펴보면 소형 AUV는 해당 시장에서 모델 수는 작은 반면에 개체 수는 큰 것을 알 수 있는데, 이는 소형 AUV가 높은 시장성을 가짐을 의미한다.

표 1. 세계 AUV 시장

	Hybrid	Inspection	Military	Research	Survey	Unknown	Work	Total
Models								
?				1		1		2
large	2	1	16	14	3		1	37
medium		1	13	13	2			29
small	1		7	14	1			23
Total Models	3	2	36	42	6	1	1	91
Units								
?				1		1		2
large	2	1	36	29	6		1	75
medium		2	79	38	19			138
small	1		30	152	231			414
Total Units	3	3	145	220	256	1	1	629

최근에는 소형 중에서 한손 운반이 가능한 정도의 크기를 초소형으로 별도로 분류한다. 초소형은 크기의 제한성으로 인해 운용환경 및 운용시간의 관점에서는 단점이 존재하지만 개발비용과 개발시간 등의 관점에서는 장점이 존재한다.

이를 증명하듯이 다음의 표에서는 MMR의 다양한 국내외 연구개발 사례들을 보여준다.

표 2. 국내외 MMR 연구개발 사례

Year	MMR	Nation	Image
2006	Micro Hunter	USA	
2008	Ranger	USA	
2008	Transphibian	USA	
2009	Nano Seeker	CANADA	
2011	S-Shark I	Korea	
2012	G-SharkII	Korea	
2012	A-SharkII	Korea	

그 중에서 국외의 대표사례들은 미국의 경우에는 Nekton Research의 Micro Hunter, Ranger, Transphibian이고, 캐나다의 경우에는 Hylands Underwater Vehicles의 Nano Seeker이다. 국내의 대표사례들은 립렛(Research Institute of Marine Robot Education Technology, RIMRET)의 S-Shark, G-Shark 및 A-Shark 시리즈이다.

S-Shark I은 Surge, Yaw의 2자유도 운동에 기초한 수상이동이 가능한 초소형 수상드론으로서 전방, 우측, 좌측의 3채널 탐지가 가능한 장애

물회피소나(Obstacle Avoidance Sonar, OAS)를 장착하고 있다. S-Shark II는 Surge, Yaw의 2자유도 운동에 기초한 수상이동이 가능한 초소형 수상드론으로서 전방, 우측, 좌측 및 하방의 4채널 탐지가 가능한 OAS를 장착하고 있다. S-Shark III는 Surge, Yaw의 2자유도 운동에 기초한 수상이동이 가능한 초소형 수상드론으로서 전방, 우측, 좌측, 하방의 4채널 탐지가 가능한 회전형 OAS를 장착하고 있다[5].

G-Shark I은 Surge, Yaw 및 Pitch의 3자유도 운동에 기초한 수중이동이 가능한 초소형 수중드론으로서 전방, 우측, 좌측 및 하방의 4채널 탐지가 가능한 OAS 및 음향영상 획득이 가능한 측면 주사소나(Side Scan Sonar, SSS)를 장착하고 있다[6]. G-Shark II는 Surge, Yaw, Pitch 및 Heave의 4자유도 운동에 기초한 수중이동이 가능한 초소형 수중드론으로서 전방, 우측, 좌측 및 하방의 4채널 탐지가 가능한 OAS 및 음향영상 획득이 가능한 SSS를 장착하고 있다.

A-Shark I은 Surge, Yaw 및 Pitch의 3자유도 운동에 기초한 공중이동이 가능한 초소형 공중드론으로서 광학카메라 및 무선조종이 가능한 R/F 통신기를 장착하고 있다[7]. A-Shark II는 Surge 및 Yaw의 2자유도 운동에 기초한 공중이동이 가능한 초소형 공중드론으로서 전방의 1채널 탐지가 가능한 회전형 적외선센서(Infrared, IR)를 장착하고 있다[8].

이들 국내 MMR은 원격제어 또는 자율제어가 가능한 특징을 가지고 있으며 시험평가 플랫폼 및 인력양성 도구로서 활용이 가능한데, 해양로봇 연구개발과 관련한 최선의 시험평가 기법 중 하나로서 해양로봇의 성능예측을 통한 기술성숙을 가속화할 수 있는 고도화된 기술이다.

국내 MMR을 잘 활용하면 다음의 그림 1과 같

은 HCN의 성공적인 개발과 적용이 가능할 것이다. 미국의 NPS(Naval postgraduate school)는 수중, 수상 및 공중 시스템을 통신망으로 연계하여 그 효과를 극대화하는 HCN과 관련하여 세계 최고의 기술을 보유하고 있다.

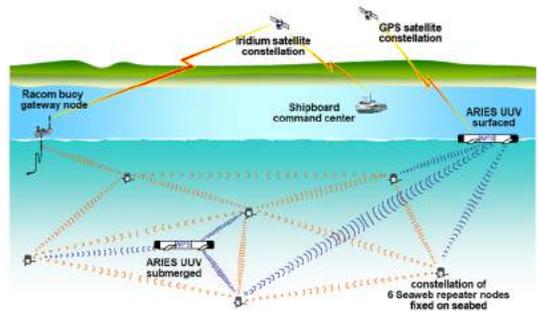


그림 1. 이종협력네트워크

미국과의 기술격차 해소를 위해 국내 MMR인 S-Shark I, G-Shark II, A-Shark I를 활용하여 초소형 HCN을 구축한 것이 다음의 그림 2인데, 해양사고 수습 임무의 수행을 위한 HCN 구현 사례이다[9-10].

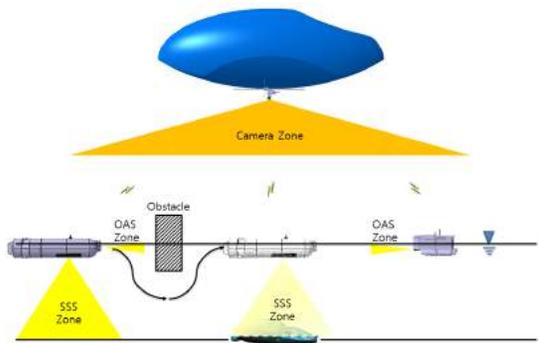


그림 2. 초소형 이종협력네트워크

여기서는 수중드론에 탑재된 OAS의 음향정보 및 SSS의 음향이미지, 수상드론에 탑재된 OAS

의 음향정보, 공중드론에 탑재된 광학카메라의 광학이미지를 활용하고 있다. 수중드론이 OAS를 통해 장애물을 탐지할 수 없을 경우에, 공중드론은 광학카메라를 통해 수중드론의 장애물회피를 도울 수 있다. 만약 수중드론이 SSS를 통해 표적의 탐지가 이루어지면 부상하여 표적 위치를 공중드론에게 전송하고 공중드론은 수상드론에 전송한다. 이후에 수상드론은 사고 수습 작업을 수행하게 된다. 사례를 통해 알 수 있듯이, MMR 없이는 해당 HCN의 효과적인 검증은 매우 어렵다. 또한 이를 통해 각 드론에 필요한 운동메커니즘 및 구성요소를 도출할 수 있다. 즉, 성공적인 임무수행을 위해서는 수중드론의 경우에는 안정적인 SSS 영상획득 및 항법 최적화를 위해서 Heave 운동을 가능하게 하는 운동메커니즘이 효과적이며, 공중드론의 경우에는 타체계와의 성공적인 통신을 위해서 위치/자세 최적화 기능이 필수적임을 알 수 있다. 그리고 센서 및 통신, 에너지 기술 등이 해결되어야 함을 알 수 있다.

하지만 현재 국내에는 해양로봇에 활용 가능한 초소형 센서/추진/에너지 기술 등이 부족한 편이므로 정부/지자체/산학연의 지속적인 국산화 노력이 진행되어야 한다. 이 과정에서 우리나라는 해양로봇 부품 원천기술 확보를 통한 해양강국 실현도 가능해 질 것이다.

### 3. VMR 기술 동향

해양로봇 개발 및 적용 시에 비용/시간/위험성 문제를 해결하면서도 기술성숙을 가속화할 수 있는 가상공간 상의 시험평가 해법으로서는 VMR을 고려할 수 있다.

VMR의 성능예측 오차를 줄이기 위해서는 수학적 모델링이 필수적인데, 일반적인 해양로봇은

3차원 공간상에서 Surge, Sway, Heave의 병진운동과 Roll, Pitch, Yaw의 회전운동을 포함하여 6자유도 운동을 갖는다[11]. VMR의 성능예측 효과를 극대화하기 위해서는 가시화(visualization)가 중요한데, 과거에는 해당 기법의 부족으로 가시화에 한계가 존재하였고 그 효과도 부족하였다.

최근에는 해양운동 모델링 및 가시화를 통한 가상현실(Virtual Reality, VR) 기반의 시험평가 및 해양계측 모델링 및 가시화를 통한 증강현실(Augmented Reality, AR) 기반의 시험평가를 결합한 VMR은 현실공간에서는 불가능한 다양한 성능예측 및 검증도 가능하다. 여기서, 그 모델링 및 가시화의 정확도 및 처리속도가 중요한데 SPH(Smoothed Particle Hydrodynamics) 및 병렬 GPU(Graphic Processing Unit) 기술 등의 발달로 그 구현이 가능하다[12].

이를 증명하듯이 VMR의 국내외 연구개발 사례들이 증가하고 있는데, 다음의 표는 국내의 대표사례들로서 RIMRET의 SRAVSim, URIVsim, ARAVsim 및 URAVsim이다.

표 3. 국내 VMR 연구개발 사례

Year	VMR	Nation	Image
2014	SRAVSim	Korea	
2014	URIVSim	Korea	
2015	ARAVSim	Korea	
2015	URAVSim	Korea	

SRAVSim, ARAVsim 및 URAV은 각각 분해 조립 가시가 가능한 가상 수상드론, 공중드론, 수

중드론 들이고, URIVSim은 상호작용 가상화가 가능한 가상 수중드론이다.

이들은 가상공간에서 다양한 성능예측이 가능한 특징을 가지고 있으며 시험평가 플랫폼 및 인력양성 도구로서 활용이 가능한데, 해양로봇 연구 개발과 관련한 최신의 시험평가 기법 중 또 다른 하나로서 해양로봇의 성능예측을 통한 기술성숙을 가속화할 수 있는 고도화된 기술이다.

그 핵심기술은 병렬처리 기반의 슈퍼컴퓨팅 기술인데, 현재 국내에는 해당 기술이 매우 부족한 편이므로 정부/지자체/산학연의 지속적인 국산화 노력이 진행되어야 한다. 이 과정에서도 우리나라는 해양로봇 ICT 원천기술 확보를 통한 해양강국 실현이 가능해 질 것이다.

#### 4. MMR 및 VMR 적용현황

MMR의 국외 적용현황과 관련하여, 미국은 민간분야에 적용하고 있는데, 그림 3에서 보여 지듯이 협소지역 운항가능 및 저렴한 운용비용을 장점으로 하여 보트, 선박, 항공기 등의 다양한 플랫폼에 탑재 및 운용하고 있다.

MMR 및 VMR 국내 적용현황과 관련하여, RIMRET은 그림 4와 같은 교육전시 공간으로서 해양로봇관을 구축하고 MMR 원천기술 확보 및 로봇과학 미래인재/전문인력 양성 및 평생교육 구현을 목표로 지역특화기반 해양로봇교육 선도 모델 정립을 비전으로 하는데, 이와 관련하여 다수의 특허 및 프로그램을 보유하고 있으며 해양로봇아카데미(Marine Robot Academy, MRA) 및 해양로봇챌린지(Marine Robot Challenge, MRC)를 운영하고 있다. 여기에는 한국전자통신연구원(ETRI), 한국로봇융합연구원(KIRO), (주)케이씨아이아이, 국립영덕청소년해양환경체험센터, (사)

창의과학교육연구회, (사)KNN글로벌미래교육원, (사)부산과학문화진흥회, 부산광역시교육연구정보원, 더배움협동조합, 국립부산기계공업고등학교, 수중건설로봇사업단, 지역중소기업 등의 산학연관이 초소형해양로봇의 개발/적용 기반의 다양한 기술/업체의 발굴을 통한 해양로봇 연구 개발/산업화 기반마련 및 전문인력/미래인재 양성을 위해 공동노력하고 있다.



그림 3. 국외 MMR 적용현황



그림 4. 국내 MMR 및 VMR 적용현황

#### 5. 결 론

본 논문에서는 해양드론 현황 및 최신 기술 동향에 대해 살펴보았다. 해양로봇의 필요성이 증

가하고 있는 반면에 기술의 해외 의존도가 높은 현실에서, 그 원천기술 확보에 대한 중장기 로드맵 및 실행전략 수립 등의 범국가적 고민과 노력이 필요하다. 앞서 언급한 MMR 개발/적용 결과를 활용하여 VMR 개발/적용을 수행한 후, 해양로봇 시험평가 결과를 VMR에 피드백하는 해양로봇 연구개발 생태계를 구축함으로써 해양로봇의 기술관리 및 기술성숙이 가속화되고 해양강국으로의 제도약도 가능해 질 것이다.

### 참 고 문 헌

[1] A. J. Healey, D. P. Horner, and S. P. Kragelund, "Collaborative unmanned vehicles for maritime domain awareness," Proceedings of the 2005 International Workshop on Underwater Robotics, Genoa, Italy (2005).

[2] H.-S. Kim, and G. Cho, "Study on advanced development and application of micro marine robot for maritime domain awareness," ICIC Express Letters, Part B: Applications 7(3), 571-576 (2016).

[3] ASTI Monthly Issue Magazine 13 (2016).

[4] The world AUV market report 2010-2019

[5] H.-J. Kang, D.-W. Man, and H.-S. Kim, "Development of mechanism for micro surface robot with rotating sonar-beam," Journal of Korean Institute of Intelligent System 24(4), 437-442 (2014).

[6] H.-S. Kim, H.-J. Kang, Y.-J. Ham, and S. S. Park, "Development of underwater-type autonomous marine robot-kit," Journal of Korean Institute of Intelligent Systems 22(3), 312-318 (2012).

[7] H.-S. Kim, "Development of a remotely operated aerial robot-kit based on the balloon," Journal of Korea Robotics Society 7(3), 216-221 (2012).

[8] H.-S. Kim, "Development of balloon-based au-

tonomous airborne robot-kit," The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences 8(8), 1213-1218 (2013).

[9] D.-W. Man, H.-S. Ki, and H.-S. Kim, "Collaborative obstacle avoidance method of surface and aerial drones based on acoustic information and optical image," The Transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers 64(7), 1081-1087 (2015).

[10] D.-W. Man, H.-S. Ki, and H.-S. Kim, "Collaborative control method of underwater, surface and aerial robots based on sensor network," The Transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers 65(1), 135-141 (2016).

[11] J. Yuh, "Modeling and control of underwater robotic vehicles," IEEE Transactions on Man and Cybernetics 20(6), 1475-1483 (1990).

[12] K. Kawamura, H. Hashimoto, A. Matsuda, and D. Terada, "SPH simulation of ship behavior in severe water-shipping situations," Ocean Engineering 120, 220-229 (2016).



김 현 식

- 1994년 2월 부산대학교 전기공학과 공학사
- 1996년 2월 부산대학교 전기공학과 공학석사
- 2001년 8월 부산대학교 전기공학과 공학박사
- 1998년 2월-2007년 2월 국방과학연구소 연구원
- 2007년 3월-현재 동명대학교 교수
- 관심분야: 인공지능, 로봇틱스, 해양로봇, 표적처리, 가상로봇, 시스템공학