

## 해상상태를 고려한 수중예인체 진회수시스템 설계 및 실험

# Design and Experimental Study of a Launch and Recovery System for an Underwater Tow-fish with Consideration of Sea State

강진일<sup>1</sup> · 서주노<sup>2\*</sup> · 정성훈<sup>2</sup> · 최형식<sup>3</sup> · 김준영<sup>3</sup> · 김명경<sup>4</sup> · 유용준<sup>5</sup>

<sup>1</sup>한국해양대학교-한국해양과학기술원 해양과학기술전문대학원 해양과학기술융합학과

<sup>2</sup>한국해양대학교 산업기술연구소

<sup>3</sup>한국해양대학교 기계공학과

<sup>4</sup>퍼스텍(주)

<sup>5</sup>국방과학연구소

Jin-il Kang<sup>1</sup> · Joo-no Sur<sup>2\*</sup> · Seong-hoon Jeong<sup>2</sup> · Hyeung-sik Choi<sup>3</sup> · Joon-young Kim<sup>3</sup> · Myung-gyung Kim<sup>4</sup> · Jung-hoon Kim<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Department of Convergence Study on the Ocean Science and Technology, Ocean Science and Technology School, Korea Maritime and Ocean University-Korea Institute of Ocean Science and Technology, Busan, 49112, Korea

<sup>2</sup>Research Institute of Industrial Technology, Korea Maritime and Ocean University, Busan, 49112, Korea

<sup>3</sup>Department of Mechanical Engineering, Korea Maritime and Ocean University, Busan, 49112, Korea

<sup>4</sup>Firstec Corporation, Changwon, 51528, Korea

<sup>5</sup>Agency for Defense Development, Changwon, 51678, Korea

### [요 약]

무인수상정에서 수중탐색임무를 수행하기 위해서는 자동으로 수중탐색장비 진수 및 회수를 할 수 있는 진회수시스템(LARS; launch and recovery system)이 필수적이다. 수중탐색 운용시나리오에 따른 LARS 요구사항 분석을 통하여 기본적인 구동 메커니즘 및 기구부 개념설계를 수행하였다. 또한 해상에서 무인수상정은 파도와 같은 환경적인 외란에 의해 동요하게 되므로, 이러한 해상상태에 의한 외란을 고려하여 안정적으로 수중탐색장비를 회수하기 위한 상세설계와 제작을 수행하였고, 설계된 LARS에 대하여 수조시험을 통해 진회수 성능을 검증하였다.

### [Abstract]

Launch and recovery system(LARS) is required to perform an USV-based underwater exploration. Through the analysis of the requirements according to the scenario of underwater exploration, the mechanism of LARS and the conceptual design of the mechanical parts of LARS are carried out. In addition, a USV motion can be induced due to environmental disturbances such as waves, so the detailed design of LARS for recovering the underwater tow-fish stably in consideration of the USV motion is performed. To verify the performance of launch and recovery operations, LARS and test bed were developed. The results show that the proposed LARS can stably launch and recovery an underwater tow-fish.

**Key words** : Launch and recovery system, Unmanned surface vehicle, Underwater tow-fish, Sea state, Wave-induced motion.

<https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.4.332>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 7 August 2016; Revised 10 August 2017

Accepted (Publication) 25 August 2017 (30 August 2017)

\*Corresponding Author; Joo-no Sur

Tel: +82-51-410-4357

E-mail: sjoono@kmou.ac.kr

## I. 서론

무인수상정( unmanned surface vehicle)을 활용하여 수상 표적 탐지 및 추적뿐만 아니라, 최근에는 수중탐색장비를 추가하여 수중 감시 및 정찰 임무에도 활용하고자 하는 다양한 연구가 수행되고 있다[1]. 광범위한 해역에서 운용자의 직접적인 투입 없이 적은 비용으로 수중탐색 임무를 수행하는 방법으로 무인수상정에서 예인형 수중탐색장비를 운용하는 것이 효과적인 수단이 될 수 있다. 이를 위해서는 무인수상정에서 자동으로 수중탐색장비 진수 및 회수를 위한 진회수시스템(LARS; launch and recovery system)이 필수적이다. 최근 다양한 수중작업을 위하여 유·무인선박에서 다양한 진회수시스템의 연구가 활발히 수행되고 있다 [2].

무인수상정은 상대적으로 일반 유인선박에 비하여 크기가 작고 고속으로 이동하므로, 해상 이동시 많은 요동이 발생하고, 이러한 요동은 무인수상정의 운동에 많은 영향을 줄 수 있다. 따라서 무인수상정에 탑재된 진회수시스템 설계시 이러한 운동의 영향을 고려한 설계가 필요하다. 관련 연구로는 해양플랜트 분야에서 해상상태의 파고에 따른 해상 크레인의 동적 거동에 대한 연구가 수행되었고[3], 무인수상정과 무인잠수정의 도킹을 위하여 무인수상정과 무인잠수정의 상호 운동에 대한 연구가 수행되었다[4]-[5]. 또한 반잠수식 무인잠수정과 예인케이블 그리고 수중예인체로 구성된 예인형 시스템(towed system)의 동적 거동에 대한 연구가 수행되었다[6]. 지금까지 연구들은 전체 예인시스템의 동적 거동에 초점이 맞춰져 있고, 예인형 시스템을 운용하기 위한 진회수시스템에 대한 연구가 부족하다. 또한, 수중예인체를 물과 공기의 다상공간에서 진수 및 회수하기 위한 진회수시스템에 대한 연구는 미미한 상태이다.

본 연구에서는 이러한 무인수상정 기반의 진회수시스템 설계시 고려되어야 할 사항을 소개하고, 운용 요구사항을 만족하는 경량화 된 진회수시스템을 제시하고자 한다. 이를 위해 운용 시나리오를 정립하고, 그에 따른 요구사항을 분석하였다. 또한 해상상태에 따른 무인수상정의 운동을 고려하여 설계에 반영하였다. 최종적으로 설계안에 따른 진회수시스템을 제작하고, 테스트베드를 구성하여 회수 성능을 검증하고, 회수 시 최적 운항속도를 시험을 통하여 도출하였다.



그림 1. USV기반 자동 진회수시스템 예시[7].  
Fig. 1. Example of USV-based launch and recovery system[7].

## II. 진회수시스템 설계

### 2-1 요구사항 분석

무인수상정의 진회수시스템 운용개념은 그림 2와 같이 구분될 수 있다. 무인수상정은 탐색을 시작할 목표지점까지 35 kn의 속도로 고속이동하며, 이동 간에 수중탐색장비가 진회수시스템에 이탈하지 않도록 고정 필요하다. 무인수상정이 탐색 구역에 도착하면 탐색속도인 5 kn 이내로 운항한다. 진수가 시작되면 수중탐색장비의 고정이 해제되고, 리니어 액츄에이터에 의해 진회수시스템의 상부판이 슬라이딩모션(sliding motion)과 틸팅모션(tilting motion)이 동시에 일어나게 된다. 상부판이 특정 각도에 도달하면, 예인케이블을 더 풀어서 수중탐색장비를 자중에 의해 진수(self launching)되게 한다. 진수 후 탐색을 시작하고, 해당 지역의 탐색이 끝나면 다음 목표 지점에서의 이동을 위해 회수가 시작된다. 진수와 마찬가지로 회수시 상부판이 특정각도로 전개되어 있고, 윈치로 예인케이블을 회수함으로써 수중탐색장비는 수중에서 진회수시스템의 가이드레일을 따라 무인수상정으로 회수된다. 이때 진회수장치에 설치된 근접센서 또는 화상카메라로 수중탐색장비의 회수 완료 여부를 파악한다. 수중탐색장비가 무인수상정에 완전히 탑재되면 수중탐색장비를 진회수장치에 고정하고, 다음 목표지역으로 고속 이동한다.

이때의 수중탐색장비 사양은 길이 1.5 m에 직경 0.12 m, 그리고 45 kg의 자중을 가지고 있고, 무인수상정의 제약사항으로는 허용 공간의 길이와 폭은 각각 2.3 m, 1 m 이내이고, 허용무게는 90 kg 이내를 만족해야 한다[8].

### 2-2 상세 설계

요구사항 분석에 따라, 그림 3과 같이 진회수시스템을 설계하였다. 1개의 액츄에이터와 ‘L’자형 링크의 결합으로 슬라이딩과 틸팅모션이 동시에 구현 가능하여 경량화된 설계와 요구되는 자유도를 만족한다. 또한 수중탐색장비의 원활한 회수를 위해 가이드레일을 부착하여, 수중탐색장비와 무인수상정간의 간섭을 방지하고 가이드레일을 따라 안정적으로 진입하도록 설계되었다.

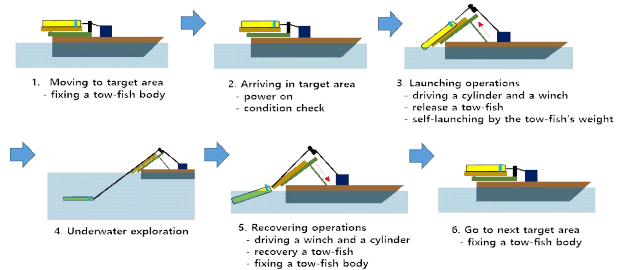


그림 2. 진회수시스템 운용 시나리오.  
Fig. 2. Scenario of LARS.

또한 무인수상정 이동 간 수중탐색장비 이탈 방지를 위하여 고정장치를 설계하고, 진회수여부를 확인하기 위한 카메라와 근접센서를 배치하였다. 표 1은 설계된 진회수시스템의 사양을 나타낸다.

리니어액츄에이터 용량선정을 위하여 그림 4와 같이 ‘L’자형 링크와 조인트에 수중탐색장비를 포함한 자중과 이를 구동시키기 위한 추력은 식(1)과 같이 모멘트 방정식으로 나타낼 수 있다.

$$F_c \times \sin\theta \times \cos\phi_c \times L_2 - F_w \times \cos\phi_w \times L_1 \geq 0 \tag{1}$$

식(1)을 다시 정리하면,

$$F_c \geq \frac{F_w \times \cos\phi_w \times L_1}{\sin\theta \times \cos\phi_c \times L_2} \tag{2}$$

여기서,  $F_c$ 는 리니어액츄에이터 추력,  $F_w$ 는 수중탐색장비를 포함하는 상부프레임 무게,  $\theta$ 는 리니어액츄에이터의 초기 각도를 나타낸다. 또  $\phi_w$ 와  $L_1$ 는 각각 조인트 B와 조인트 C가 이루는 각도와 길이를 나타내고,  $\phi_c$ 와  $L_2$ 는 각각 조인트 B와 조인트 D가 이루는 각도와 길이를 나타낸다. 여기서 조인트간의 마찰력과 무인수상정의 움직임에 대한 외력이 반영되지 않았으므로 안전계수를 고려하여 최종적으로 6500 N의 추력을 낼 수 있는 리니어 액츄에이터를 선정하였다.

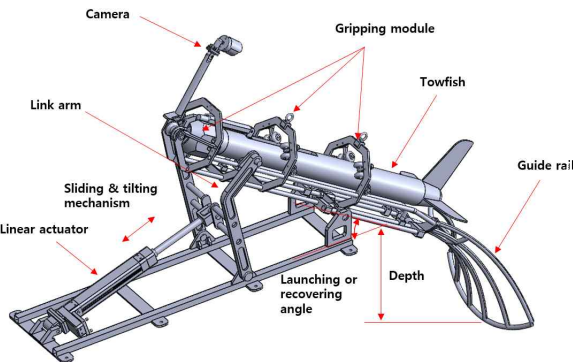


그림 3. 요구사항 분석을 통한 진회수시스템 설계.  
Fig. 3. LARS design through the requirement analysis.

표 1. 진회수시스템 사양.

Table 1. Specifications of the LARS.

Specifications	Parameters
Length	2.25 m
Breadth	0.42 m
Depth	0.71 m
Launching Angle	34.0 deg.
Mass	90 kg

### 2-3 파랑 중 USV 움직임을 고려한 설계

진회수시스템은 무인수상정 선미에 그림 5와 같이 설치된다. 폭 방향으로는 무인수상정의 갑판 중앙에 배치되고 갑판으로부터 수면까지의 수직거리는 623 mm이다. 따라서 무인수상정에 설치된 진회수시스템은 해상에서 파도와 같은 외란에 의해 발생하는 무인수상정의 동요에 따라 같이 움직이게 된다. 따라서 진회수시스템에 이를 고려한 설계가 반영되어야 한다.

해상상태 3에서 수중탐색 속도인 5 kn 이내로 운용시 무인수상정의 동요는 시뮬레이션을 통하여 표 2와 같이 실효값(RMS; root mean square)으로 나타낼 수 있다[9]. roll과 pitch 운동은 각각 2.5도와 3.3도 이내의 값을 나타내었고, heave 운동은 0.3 m 이내의 값으로 나타났다. 시뮬레이션 결과를 바탕으로 그림 6과 같이 가이드레일 형상을 최적화하여 해상에서의 무인수상정의

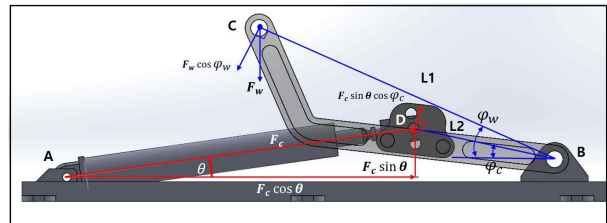


그림 4. 리니어 액츄에이터 요구 추력 계산.  
Fig. 4. Calculation for thrust force of linear actuator.

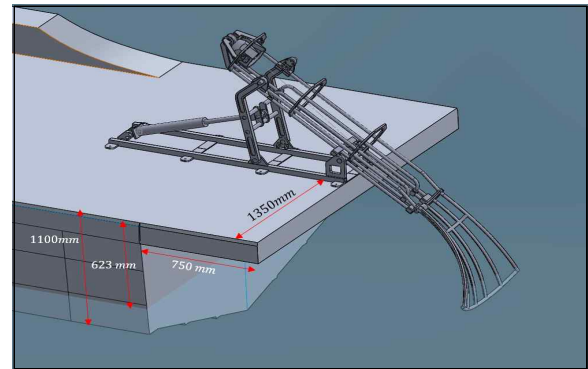


그림 5. 무인수상정에서의 진회수시스템 배치.  
Fig. 5. Placement of the LARS in the USV.

표 2. 운항속도별 무인수상정의 동요값의 RMS.

Table 2. RMS of heaving, pitching, rolling according to the speed of USV.

Speed RMS	1 kn	2 kn	3 kn	4 kn	5 kn
Heave RMS (m)	0.2195	0.2344	0.2443	0.2917	0.2689
Pitch RMS (deg.)	2.1004	2.0597	2.0597	2.5193	2.3633
Roll RMS (deg.)	3.1273	2.5556	2.5556	3.3380	2.6692



운동에도 수중탐색장비가 안정적으로 진입하도록 설계하였다. 가이드레일의 길이를 늘리고, 수평 및 수직 각도를 각각 90도로 확장하여, 무인선의 해상움직임에도 수중탐색장비가 가이드레일을 벗어나지 않고 진입하도록 설계되었다.

또한 그림 7과 같이 수중탐색장비의 헤드와 예인공치사이에 공간이 있어서 걸림 현상(locking phenomenon)이 발생할 우려가 있어, 삼각형 대를 추가하여 걸림이 발생하지 않고 자연스럽게 가이드레일에 진입하도록 설계하였다.

### III. 수조 시험

최종 설계안을 바탕으로 구조해석과 시뮬레이션을 실시하여 검증하였고[10], 그 결과를 바탕으로 그림8과 같이 진회수시스템을 제작하였다. 무인수상정에 탑재하여 실험역 테스트를 수행하기 전에 기본적인 진회수 성능을 파악하고, 보완 사항을 파악하고자 진회수시스템의 리니어액츄에이터를 제외한 테스트베드를 제작하였다. 진수각도는 수동으로 조절하여 고정

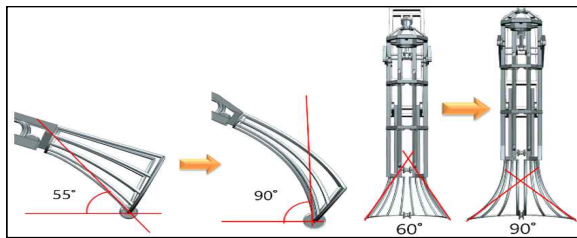


그림 6. 가이드레일 최적 형상 설계.

Fig. 6. Optimal design of guide rail.

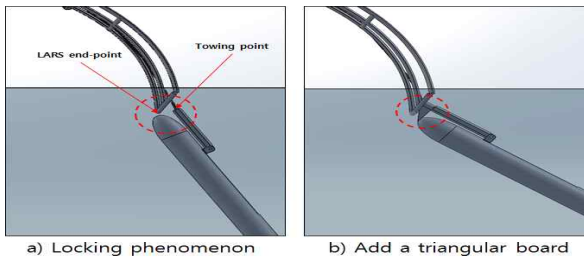
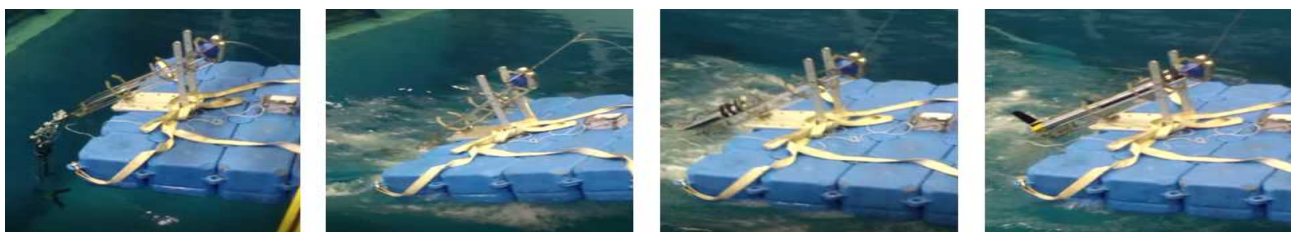


그림 7. 가이드레일과 수중탐색장비 걸림 방지용 삼각대.

Fig. 7. Adding a triangular board to avoid locking phenomenon.



(a) Initial condition

(b) The head of underwater tow-fish enters LARS

(c) The body of underwater tow-fish enters LARS

(d) Recovery completed

그림 10. 파고에 따른 회수시험 결과.

Fig. 10. Test result in the wave basin.

가능하도록 제작되었다. 시험에 사용된 수중탐색장비는 실물 사이즈와 무게가 동일한 더미를 시험에 사용하였다. 파고에 의한 무인수상정의 움직임을 모사하고자 부유체(pontoon)에 제작한 진회수시스템을 고정하여 시험을 수행하였다.

### 3-1 파랑 중 회수 시험

해상상태 3에 해당하는 불규칙 파고를 축소(scale down)하여 최대 0.5m의 파고를 생성하고, 이동대차에 진회수시스템이 설치된 부유체를 연결하여 3 kn(1.5 m/s)로 이동하면서 수중탐색장비 회수시험을 수행하였다. 이동간의 부유체의 운동을 확인하고자 AHRS센서를 사용하여, 그림 9와 같이 횡동요(rolling)와 종동요(pitching)를 측정하였다.

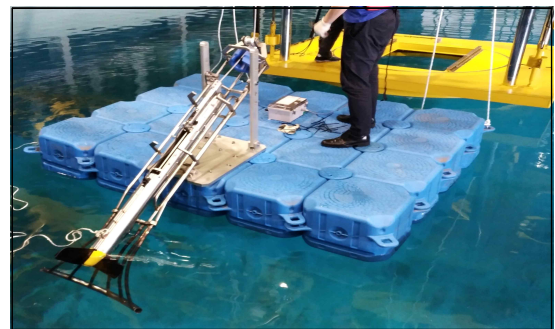


그림 8. 진회수시스템과 부유체로 구성된 테스트베드.

Fig. 8. Test bed consisting of LARS and pontoon.

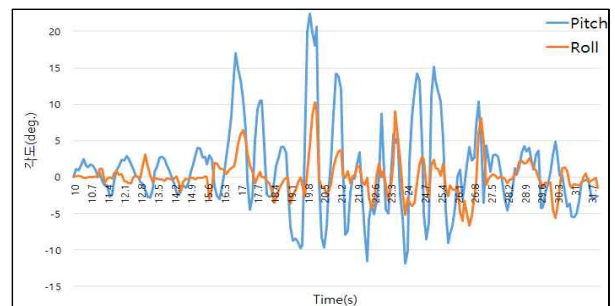


그림 9. 3kn 이동 중 파고에 의한 부유체 운동.

Fig. 9. Wave-induced motion of the pontoon (at 3kn).

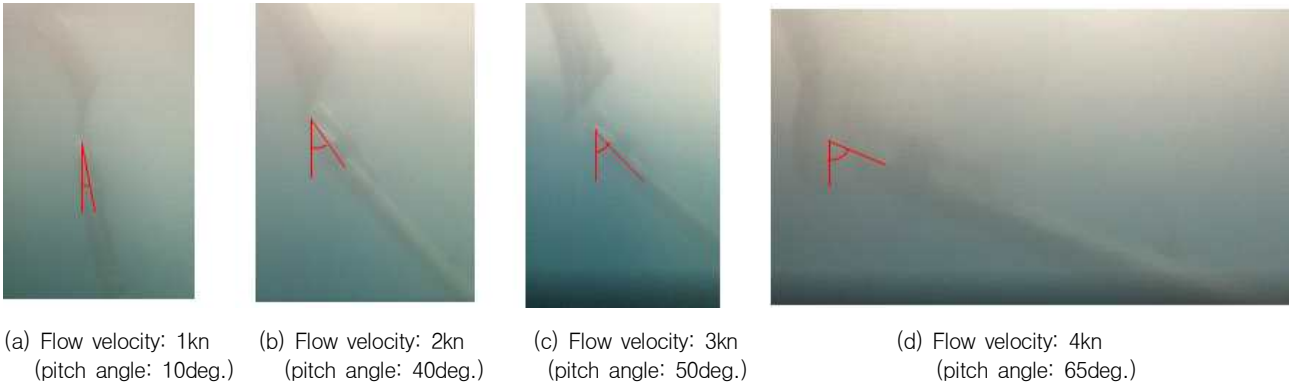


그림 11. 상대속도에 따른 회수시험 결과.  
**Fig. 11.** Test result in the circulating water channel.

그림 9의 결과를 통하여, 횡동요는  $\pm 15^\circ$  내, 종동요는  $\pm 7.5^\circ$  도 내에서 운동했음을 보여준다. 이러한 부유체 움직임을 통해 앞서 언급한 표 2에서 해상상태 3이고 이동속도가 3kn일 때의 움직임보다 더 가혹한 조건에서 회수시험이 수행되었음을 알 수 있다. 이는 부유체의 선미와 선저 형상이 무인수상정과 다른 평평한 박스형태로 구성되어 있어서 입력되는 파고의 영향을 더 많이 받았음을 알 수 있다.

그림 10은 파고 중의 회수시험 결과를 보여준다. 초기상태는 예인케이블을 풀어서 수중탐색장비가 수중에 잠긴 상태로 출발하였다. 초기 속도 0 kn에서 3 kn속도까지 10초 동안 대차를 가속한 뒤 3 kn 이동속도에 도달한 후 수중탐색장비를 회수하였다. 그림 10에서 알 수 있듯이, 수중탐색장비가 가이드레일을 따라 안정적으로 진회수시스템에 회수됨을 확인하였다. 하지만 수중탐색장비가 물 밖으로 나와 진회수시스템 거치대에 올라온 뒤에 rolling을 하는 현상이 발견되어, 이를 방지하기 위한 추가적인 장치가 필요할 것으로 예상된다.

### 3-2 운항속도에 따른 회수 시험

수중탐색장비의 안정적인 회수에 최적화 된 무인수상정 운항속도를 도출하기 위하여 운항속도에 따른 회수시험을 수행하였다. 이를 위해 회류수조에서 부유체는 수상에서 위치를 고정시키고, 유속을 1 kn에서 4 kn까지 변경하면서 회수시험을 수행하여 수중탐색장비와 진회수시스템의 가이드레일이 이루는 상대각도를 비교해 보았다.

그림 11은 상대속도별 회수시험 결과이다. 예인케이블을 회수하면서 가이드레일에 수중탐색장비가 진입하기 직전의 모습을 나타낸다. 수중탐색장비의 견인위치가 그림7에서 알 수 있듯이 전방 견인 뭉치에 있고, 수중탐색장비의 무게중심은 길이 방향으로 중앙에 위치하기 때문에 속도가 낮을 경우 수직으로 세워지는 경향을 보인다. 따라서 수직으로 세워질수록 가이드레일과 이루는 각도가 작아지고, 물리적으로 간섭될 확률이 높다. 따라서 시험결과를 통해 최소 3 kn 이상으로 운항할 때 상대각도가 50도 이상이 되어 무인수상정의 pitching 운동으로 상

대각도가 줄어들더라도 무리 없이 회수가 될 것으로 판단된다.

## IV. 결 론

본 연구에서는 무인수상정에서 수중탐색임무를 수행하기 위하여 자동으로 수중탐색장비를 진수하고 회수가 가능한 시스템을 제시하였다. 파랑 중 무인수상정은 파도와 같은 외란에 의하여 동요하게 되므로, 진회수시스템 설계에 있어서 이를 반영해야 한다. 따라서 운용조건인 해상상태 3에서의 무인수상정의 거동을 예측하고, 이를 반영한 진회수시스템 메커니즘과 기구부 설계를 수행하였다. 또한 수중탐색장비의 안정적인 회수를 위하여 가이드레일의 형상과 수중탐색장비의 예인뭉치 형상을 최적화하여 물리적 간섭 가능성을 최소화 하고자 하였다.

제한한 진회수시스템의 성능을 검증하기 위하여, 설계한 진회수시스템을 제작하고 불규칙 파고에 의한 부유체의 움직임에서도 원활하게 회수가 됨을 확인하였다. 또한 회수시 무인수상정의 최적 운항속도를 도출하기 위하여 운항속도 시험을 한 결과 3kn 이상에서 안정적으로 회수가 됨을 확인하였다.

향후에는 실험역에서 무인수상정에 진회수시스템을 탑재하여 해상상태와 파고의 영향에 따른 진수 및 회수 시험을 진행할 예정이다.

## Acknowledgments

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원의 일부이며(계약번호 UC 150005DD), 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 경제협력권산업 육성사업으로 수행된 연구 결과입니다.(과제번호 R0004465)

## References

- [1] J. E. Manley, "Unmanned surface vehicles, 15 years of development," *OCEANS 2008. IEEE*, 2008.
- [2] M. Eriksson and P. Ringman, Launch and recovery systems for unmanned vehicles onboard ships. A study and initial concepts, Mater's Thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, 2013.
- [3] B. W. Nam, N. W. Kim, and S. Y. Hong, "Experimental and numerical study on coupled motion responses of a floating crane vessel and a lifted subsea manifold in deep water," *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, Jan. 2017.
- [4] M. Miranda II, Mobile docking of REMUS-100 equipped with USBL-APS to an unmanned surface vehicle: A performance feasibility study, Master's Thesis, Florida Atlantic University, Boca Raton, FL, 2014.
- [5] E. I. Sarda and M. R. Dhanak, "A USV-Based automated launch and recovery system for AUVs," *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, Vol. 42, No. 1, pp. 37-55, 2017.
- [6] J. M. Park, and N. K. Kim. "Dynamics modeling of a semi-submersible autonomous underwater vehicle with a towfish towed by a cable." *International journal of naval architecture and ocean engineering*, Vol. 7, No. 2, pp. 409-425, 2015.
- [7] Northrop Grumman Corporation. AQS-24B Minehunting System [Internet]. Available: <http://www.northropgrumman.com/Capabilities/ANAQS24/Pages/default.aspx>
- [8] S. W. Jo, J. N. Sur, J. I. Kang, H. S. Choi, J. Y. Kim, and B. H. Lee, "A study on launch and recovery system development for underwater exploration of unmanned surface vehicle," in *Proceedings of Korean Marine Robot Technology Society*, Busan: Korea, pp. B2.2.1-B2.2.5, 2016.
- [9] J. H. Park, G. R. Jang, Y. D. Shin, and M. H. Baeg, "Disturbance analysis on USV operations under sea state 3," in *Proceedings of Korean Marine Robot Technology Society*, Busan: Korea, pp. B2.1.1-B2.1.4, 2016.
- [10] J. I. Kang, S. W. Jo, J. N. Sur, H. S. Choi, and M. G. Kim, "Dynamic analysis of an USV-based launch and recovery system for an underwater tow-fish," in *Proceedings of Korean Marine Robot Technology Society*, Seongnam: Korea, pp. 65-70, 2017.



**강진일 (Jin-II Kang)**

2008년 2월 : 한국해양대학교 기계공학과 공학사  
 2010년 2월 : 한국해양대학교 기계공학과 공학석사  
 2010년 6월~2015년 8월 : STX조선해양 생산기술연구소 근무  
 2015년 9월~현재 : 한국해양대학교-한국해양과학기술원 해양과학기술전문대학원 박사과정  
 ※관심분야 : 무인잠수정-수중매니퓰레이터 시스템 설계 및 제어, 무인수상정 동역학해석, 수중로봇 제어



**서주노 (Joo-No Sur)**

1989년 9월 : 미국 해군대학원 (NPS) 기계공학과 공학석사  
 1997년 6월 : 미국 캘리포니아 대학원 (UCSB) 기계공학과 공학박사  
 1997년 6월 ~ 2011년 7월 : 해군사관학교 기계조선공학과 교수  
 2014년 11월 ~ 현재 : 한국해양대학교 해양무인체계센터 센터장  
 ※관심분야 : 해양무기체계, 수중항법, 제어, 경로계획



**정성훈 (Seong-Hoon Jeong)**

2004년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학 (공학석사)  
 2007년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학 (공학박사)  
 2003년 ~ 2010년 : 부산경상대학교 멀티미디어컴퓨터과 겸임교수  
 2010년 ~ 현재 : 한국해양대학교 산업기술연구소 산학연구교수  
 ※관심분야 : 해양 무인화 시스템, 해양 IoT, 해상통신, ICT 융·복합 기술



**최 형 식 (Hyeung-Sik Choi)**

1983년 2월 : 고려대학교 기계공학 공학사  
1989년 2월 : 미국 사우스 캐롤라이나 대학원 기계공학 공학석사  
1993년 2월 : 미국 노스 캐롤라이나 대학원 로봇공학 공학박사  
1997년 5월 ~ 현재 : 한국해양대학교 기계공학부 교수  
※ 관심분야 : 휴머노이드 로봇, 무인수중 로봇, 제어시스템, 제어이론



**김 준 영 (Joon-Young Kim)**

1989년 2월 : 인하대학교 조선해양공학 공학사  
1993년 2월 : 인하대학원 조선해양공학 공학석사  
1999년 8월 : 한양대학원 정밀기계공학 공학박사  
2005년 4월 ~ 2011년 3월 : 제주대학교 조교수  
2011년 2월 ~ 현재 : 한국해양대학교 기계공학부 부교수  
※ 관심분야 : 선체운동모델링 및 동역학 해석, 해양플랜트 설계 및 해석, 무인잠수정 설계 및 제어



**김 명 경 (Myung-Kyung Kim)**

2003년 2월 : 숭실대학교 정보통신전자공학과 공학사  
2003년 3월 ~ 2008년 10월 : 썬스타산업봉제기계 근무  
2008년 11월 ~ 현재 : 퍼스텍(주) 근무  
※ 관심분야 : 무인수상정 임무장비 분야, 지상로봇 플랫폼 분야, 무인잠수정 에너지원 분야



**유 용 준 (Yong-Jun You)**

2003년 : 한국항공대학교 컴퓨터공학과 공학사  
2005년 : 한국항공대학원 컴퓨터공학과 공학석사  
2011년 : 한국항공대학원 컴퓨터공학과 공학박사  
2012년 ~ 현재 : 국방과학연구소 연구원  
※ 관심분야 : 이산사건 시스템 모델링 및 시뮬레이션, 국방무인체계