

세일부이 메커니즘 개발 및 위치제어에 관한 연구

만동우¹, 김유겸², 신창주¹, 권오순¹, 김현식^{3*}

¹한국해양과학기술원 해양ICT·모빌리티연구부, ²동명대학교 기계시스템공학과, ³동명대학교 기계·로봇공학과

Study on Mechanism Development and Position Control of Sail buoy

Dong-Woo Man¹, Yu Gyeom Kim², Chang Joo Shin¹, O-Soon Kwon¹, Hyun-Sik Kim^{3*}

¹Maritime ICT & Mobility Research Department, Korea Institute of Ocean Science and Technology

²Department of Mechanical System Engineering, Tongmyong University

³Department of Mechanical and Robotic Engineering, Tongmyong University

요약 최근에는 해양 IoT(Internet of Things)를 넘어 IoMT(Internet of Maritime Things)라는 단어가 출현할 정도로 해양에 대한 다양한 관심이 증가하고 있다. 이에 따라 고도화된 임무를 수행하기 위한 해양로봇 및 기존 장비의 로봇화와 관련한 연구에 대한 요구도 증가하고 있는 실정이다. 해양 건설 현장에서 자주 사용하는 부표는 자체 추진이 불가하여 매번 재설치를 해야하는 번거로움이 존재한다. 또한, 현장에서 작업하는 ROV(Remotely Operated Vehicle), AUV(Autonomous Underwater Vehicle) 등의 기지국 역할을 할 경우에는 필요에 따라 같이 움직여야 효율이 좋아지지만 자체 추진을 하지 못해서 AUV에 끌려다니면서 장비에 저항으로 작용하는 경우가 많다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 풍력을 이용한 세일링 및 전기 추진이 가능한 하이브리드(hybrid) 타입 세일부이 메커니즘을 제안하고 있다. 제안된 시스템의 검증을 위하여 위치제어를 수조에서 진행하였으며, 실험 결과는 제안된 시스템의 효용성을 입증하고 있다.

Abstract Recently, various interests in the ocean have been increasing, and the Internet of Maritime Things (IoMT) has emerged from the Internet of Things (IoT). Accordingly, the demand for research related to the robotization of marine equipment to perform advanced missions is also increasing. Buoys are frequently used at offshore construction sites and are not self-propelled, so it is inconvenient to have to reinstall them every time they are needed. In addition, they often serve as a base station for autonomous underwater vehicles (AUVs). However, since they cannot propel themselves, they are dragged around by equipment. Therefore, they act as a drag force on equipment. In order to solve these problems, this paper proposes a hybrid-type sail buoy mechanism capable of sailing using wind power and electric propulsion. To verify the proposed system, position control was performed in a water tank, and the experimental results proved the effectiveness of the proposed system.

Keywords : Hybrid Type Propulsion, Marine Robot, Position Control, Sail Buoy, Sailing

본 논문은 2023년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임.(항만인프라 무인원격 시공지원 시스템 기술개발)

*Corresponding Author : Hyun-Sik Kim(Tongmyong Univ.)

email: hyunskim@tu.ac.kr

Received May 16, 2023

Revised June 29, 2023

Accepted July 7, 2023

Published July 31, 2023

1. 서론

최근에는 IoT(Internet of Things)에 대한 수요가 많 아지고 해양에도 IoT에 대한 수요가 증가하면서, IoMT (Internet of Maritime Things)라는 단어가 생성될 정 도로 해양 장비에 관한 많은 연구가 진행되고 있다[1-3]. 이에 따라 사용자는 기존보다 고도화된 임무를 요구하는 경우가 많아졌으며, 고도화된 임무를 수행하기 위하여 해양로봇 및 기존 장비의 로봇화에 대한 요구도 같이 증 대되고 있는 실정이다[4-6].

해양분야에서 장비가 많이 사용되는 현장이 해양 건설 현장인데, 해양 건설 현장에서 가장 범용적으로 많이 사 용되는 장비가 부표이다. 부표는 해양에서 다양하게 사 용되고 있는데, 해양 건설 현장에서는 공사 및 측량 위치 를 형성 및 광파를 통하여 시각적으로 알려주어 선박이 피해 갈 수 있도록 알려주는 역할을 한다[7].

최근에는 해양 건설 현장도 다양하게 무인화가 진행되 면서 ROV(Remotely Operated Vehicle), AUV (Autonomous Underwater Vehicle)를 많이 사용하고 있고, AUV의 해상 기지국으로 부표를 사용하는 경우도 많아졌다. 수중에서 활동하는 AUV의 특성상 GPS (Global Positioning System)가 수신이 안되고 이에 따 라 추측항법(dead reckoning)을 사용하게 되는데, 이는 지속적으로 거리 오차가 누적되는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 GPS 및 통신 기지국으로 부표 를 사용하는 연구가 진행되고 있다[8].

하지만, 현재까지 사용하고 있는 부표는 자체 추진을 하지 못하기 때문에 AUV에 케이블로 연결되어서 AUV 의 추진력에 예인되는 형태로 구성된 경우가 많다. 이러 한 시스템은 케이블 및 부표가 AUV에 항력으로 작용하 게 되면서 정상 추진을 하기 위한 AUV의 추력이 상승시 켜야 하는 문제가 있다. 움직이는 부표인 세일부이(Sail buoy)에 대한 연구가 외국에서 진행이 된 사례가 있다. 기존 연구를 살펴보면 풍력을 사용하는 세일을 이용하여 해상 체류 시간을 늘려서 부표와 비슷한 역할을 할 수 있 다는 것이었고 위치제어(position control)가 되지 않아서 공사 현장에서 사용하기에는 어려움이 존재했다[9-11].

이러한 문제를 해결하기 위하여, 본 논문에서는 세일 이 부착되고 전기추진이 가능한 하이브리드(hybrid) 타 입의 세일부이를 제안하고 있다. 이동 시에 전기추진 형 식으로 추진하면 해상 체류 시간이 짧아지므로 체류 시 간 상승을 위하여 풍력을 사용하는 세일로 이동하는 형 식의 세일부이를 제안하고 수조에서 위치제어를 진행하

며 성능을 검증하였다.

세일부이 메커니즘 개발에 관한 설명은 2장에서 다루 고 있으며, 3장에서는 제어기 설계에 대하여 다루고 있 다. 다음으로 4장에서는 위치제어 성능 검증을 위한 실 험 및 고찰을 다루고 있으며, 마지막으로 5장에서 결론 으로 요약하고 있다.

2. 세일부이 메커니즘 개발

기존의 부표는 크게 표준형, 비표준형으로 나뉘고 있 으며, 일반적으로 공사 현장에서 사용하는 부표는 Fig. 1 (a)와 같은 표준형이 많다. Fig. 1 (a)의 공사용 부표는 빛 및 형상으로 공사 현장이라는 것을 알려주는 용도로 사용된다. AUV를 위한 GPS 수신용 부표가 되기에는 대 형이며 고중량이다. 따라서, 경량에 소형인 Fig. 1 (b)와 같은 형상의 부표를 연구에 많이 사용하는 실정이다.

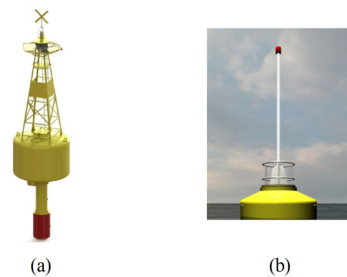


Fig. 1. (a) Standard buoy for construction, (b) Non-standard buoy for AUV for GPS reception

본 논문에서는 제안하는 세일부이는 세일링 형태의 로 봇을 부표처럼 사용하는 것을 목표로 두고 개발되었다. 이와 유사한 형태로는 Fig. 2의 선박형 부표가 있다[12].

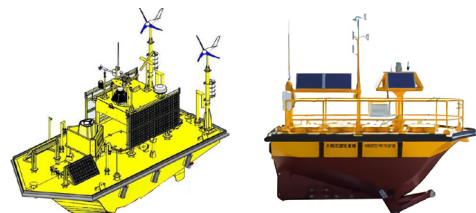


Fig. 2. Ship type buoy

선박형 부표는 주로 기상 측정용 부표로 사용하고 있 는데, 기상 부표가 다양한 장비를 사용하기 때문에 기존 의 부표보다 탑재 중량(payload)을 늘리기 위하여 선박

형을 사용하고 있다.

앞서 언급된 부표들은 자체 추진이 되지 않아서 AUV의 수신기용으로 사용하기에는 어려움이 있다. 또한, 선박형 부표, 표준형 부표는 대형에 고중량 장비여서 AUV의 추력으로는 감당하기 어려운 문제가 있다. 따라서 본 논문에서는 전기추진방식으로 위치제어를 진행하며, 이동 시에는 풍력을 이용하는 세일링 형태의 세일부이 메커니즘을 제안하고 있다.

부표의 기본 형태는 쌍동선(catamaran) 형태의 선박형을 선택하였다. 단동선(monohull) 형태보다 기저면이 넓어서 탑재 중량을 늘릴 수 있으며, 자세 안정성 역시 단동선보다 높아서 선정하였다[13,14].

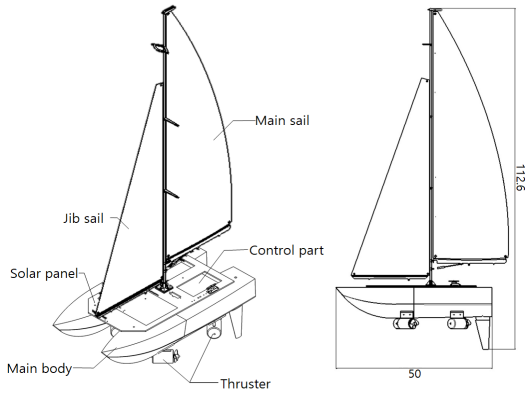


Fig. 3. Mechanism of Sail buoy(prototype)

또한, 현재 사용하고자 하는 세일부이의 목적은 완전한 부표의 역할보다는 공사 현장에서 작업하는 AUV의 해상 수신기 역할이 더 크기 때문에 위치제어를 수행해야 하므로 위치제어에서 사용할 수 있도록 전기 추진기도 부착되는 하이브리드 타입을 고려하였다. 세일부이의 전력 공급은 세일부이의 갑판 위치에 태양 전지판(solar panel)을 설치하여서 충전하도록 구성하였으며, 위치제어를 수행하지 않을 경우에는 풍력을 이용한 추진 방식을 사용하여 해상 체류 시간을 늘릴 수 있게 하였다.

위와 같은 운용개념을 기반으로 3D툴을 이용하여 설계를 진행하였다. Fig. 3은 최종 설계 결과이다. 완성된 결과는 유지보수성, 분해조립성을 고려하여 모듈화하여 개발하였다.

세일부이의 시제품은 실험실 규모에서 실험하기 위하여 축소 모델로 제작되었으며, Table 1과 같은 성능을 가지고 있다. 속력은 보퍼트 풍력계급(Beaufort wind force scale)표에서 Gentle breeze에 속하는 풍속 3~5m/s에서 진행한 결과이다.

Table 1. Specification of Sail buoy(prototype)

Spec.		Value	
Weight	Weight (on air)	kg	2.0
	Payload	kg	1.5
Size	Length over all (L)	cm	50
	Moulded breadth (B)	cm	26.5
	Depth (D)	cm	16.3
	Height (H)	cm	112.6
Speed (Gentle breeze)	Downwind	m/s	0.24
	Crosswind	m/s	0.39
	Upwind	m/s	0.44
Speed	Electric	m/s	0.3

3. 제어기 설계

세일부이는 실험실에서 실험을 진행하였기 때문에 GPS 사용이 어려웠다. 따라서 실내 측위를 위하여 카메라를 설치해서 카메라의 영상좌표 값을 이용하는 방식으로 실내 측위를 진행하였다. 다음 Fig. 4는 전체 알고리즘 흐름도이다. 먼저, AHRS(Attitude and Heading Reference System)를 이용하여 방향(heading)을 제어한 후에 영상좌표 목표위치에서 현재 위치 오차 값을 이용하여 제어하였다. 사용된 AHRS는 각 3축 자이로스코프, 가속도, 지자기 센서를 융합하여 자세를 판별하는 센서로 본 논문에서는 방향 제어를 위하여 사용되어졌다.

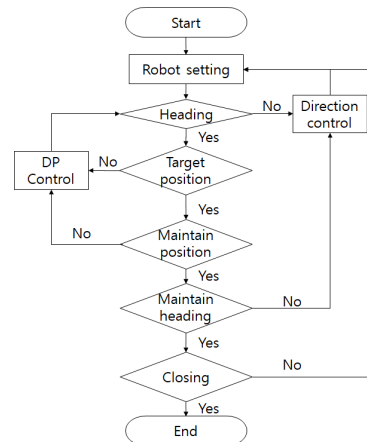


Fig. 4. Flow chart of control algorithm

위치제어기 성능 확인을 위한 판별식은 Eq. (1)로써 위치정확도(PA : Position Accuracy)를 확인한다. Eq. (1)은 DRMS(Distance Root Mean Squared)방식을

차용하고 있으며, GPS 성능 확인에 자주 사용되는 방식이다[15]. GPS 성능 확인을 위한 식은 다음 Table 2와 같이 DRMS, 2DRMS, CEP(Circular Error Probability) 등이 있는데, 각 식에서 σ_x , σ_y 는 x, y의 표준편차이며, 표준편차를 통하여 계산하게 되어있다. 그래서 위치 값의 최대 95%를 포함하게 된다. 하지만, 본 논문에서는 Eq. (2)의 조류판별식에서 세일부이가 조류에 의해 밀려난 것을 판별하기 위하여 100%를 포함할 수 있도록 최대값을 선정하였다.

Table 2. Position accuracy measures

Accuracy Measure	Formula	Probability
DRMS	$\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$	65%
2DRMS	$2 \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$	95%
CEP	$0.62\sigma_y + 0.56\sigma_x$	50%

$$r_i = \sqrt{(x_i - x_r)^2 + (y_i - y_r)^2} \quad (1)$$

$$PA = \max(r_i)$$

Where, x_i , y_i denote the position of Sail buoy and r_i denotes the radius of PA when i-sampling time, PA_m denotes PA of max.

목표 위치(reference position)인 x_r , y_r 이 정해지면 위치제어의 성능지표와 관련한 PA판별식은 Eq. (1)과 같이 정의되는데, 이는 세일부이의 최대 위치 오차값을 의미한다. 여기서 x_i , y_i 는 i-번째 샘플링 시간에서 세일부이의 위치 값이고, r_i 는 i-번째 샘플링 시간에서 세일부이의 반경이다. $\max()$ 는 최대값을 구하는 함수이다.

위 Eq. (1)에서 조류에 의한 세일부이의 밀림을 판별할 수 있는데, 이는 일반적으로 조류가 발생하면 조류의 방향으로 장비가 밀려나면서 위치정보 변화가 발생한다는 점에서 착안하였다. 따라서 Eq. (2)와 같이 구성되며, 기준 반경인 r 보다 커지게 되면 조류에 의하여 밀려났다고 판단한다.

$$r < \sqrt{(x_i - x_r)^2 + (y_i - y_r)^2} \quad (2)$$

Where, x_i , y_i denote the position of Sail buoy when i-sampling time, x_r , y_r denotes the position of goal r denotes reference radius.

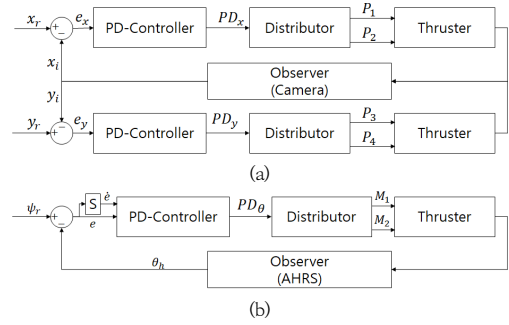


Fig. 5. Block diagram of (a) position and (b) heading control system

Fig. 5는 세일부이에 사용된 제어 블록선도를 표현하고 있다. Fig. 5 (a)는 위치제어와 관련된 부분이며, x_r , y_r 은 목표 위치이며, 구축된 실험환경에서의 카메라 중간점인 (97, 42)를 의미한다. e_x 는 x좌표의 오차를 의미하며, e_y 는 y좌표의 오차이다. x_i , y_i 는 현재 x, y좌표 값을 나타낸다.

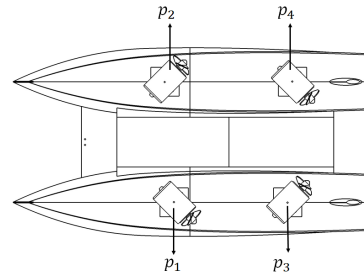


Fig. 6. The thruster configuration of Sail buoy(prototype)

PD-Controller에서 x, y 오차로 PD_x , PD_y 를 도출하고 Distributor를 통해 Fig. 6에서 보이는 것과 같이 구성된 추진기 p_1 , p_2 , p_3 , p_4 에 제어 값을 입력한다. 또한, Observer로는 위치제어에서는 실내 GPS 대응으로 광학 카메라의 영상좌표를 사용하고 있다.

Fig. 5 (b)는 위치제어 시 사용되는 방향제어와 관련된 블록선도이다. Observer로는 AHRS를 이용하여 선수 제어를 하고 있다. ψ_r 은 목표 선수값이며, θ_h 는 측정된 선수값이다. 이 둘의 오차를 PD제어기의 입력값으로 사용하고 PD_θ 를 출력한다. 이후 Distributor를 통하여 M_1 , M_2 를 도출하여 추진기에 입력으로 사용한다. M_1 은 Fig. 3 (b)의 p_1 , p_4 를 의미하며, M_2 는 Fig. 3 (b)의 p_2 , p_3 을 의미한다. 제어의 편의를 위하여 한 세트르 구성하

여 제어하도록 하였다. 본 논문에서는 세일부이에 대한 위치제어 및 위치제어에서 필요한 방향제어만 고려하고 있다. 세일링을 통한 방향 제어와 관련하여서는 기존 제어 방식을 따르고 있다[16].

4. 실험 및 고찰

Fig. 7은 실험환경이며 실험의 편의를 위하여 실내 실험 수조를 이용하였으며, GPS 대응으로 카메라를 사용하였다. 영상처리는 RGB를 이용하여 빨간색을 구분하여 추적하도록 하였다. 영상은 원근변환(perspective transform)을 진행하여 보정하였다.

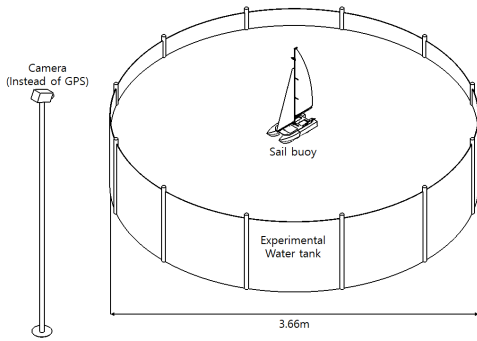


Fig. 7. Experimental environment

판별식인 Eq. (2)와 관련된 r 은 원의 반경으로 경험적으로 10으로 설정한 후 조류가 없는 경우, 선수 방향(0°)에서 조류가 발생한 경우, 선수 방향에서 45° 위치에서 조류가 발생한 경우의 3가지 시나리오를 구성하였고 시나리오별로 실험을 수행한 결과들은 다음과 같다.

그 결과들에 있어서 카메라 영상 X, Y 최대 좌표는 (320, 240)이며 좌표 값은 약 1pixel은 1cm가 되도록 카메라를 설치하였다. 실험 결과는 3가지의 시나리오 결과를 직관적으로 비교할 수 있도록 X축은 70-135, Y축은 20-65의 영역으로 나타내었다. 목표 위치는 (97, 42)이다. 범례에서는 다이아몬드 표시는 목표위치이며, 작은 원은 세일부이의 샘플링 위치들이며, 실선은 PA관련 원이며, 점선은 판별식 관련 원이다.

Fig. 8의 결과를 살펴보면 PA는 7cm의 반경을 가지며, 판별식과 관련된 r 보다 작은 것을 알 수 있다. 이 경우에는 외란이 없는 상태여서 위치제어가 잘 수행되었으며, 목표 위치를 중심으로 밀집해있는 것을 볼 수 있다.

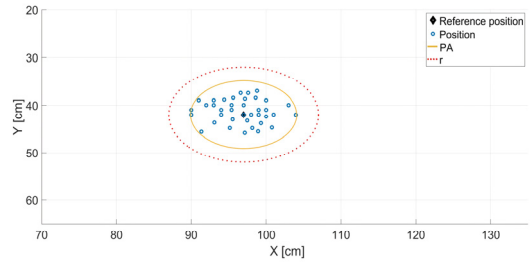


Fig. 8. Performance of position control (no disturbance)

다음 Fig. 9는 선수 방향인 0° 에서 조류가 발생한 경우이다. 원이 우측 상단에 많이 분포한 것으로 보아서 (70, 65) 방향에서 조류가 발생한 것으로 추정할 수 있다. 조류의 영향으로 r 의 반경 밖으로 밀려났지만 조류가 정면에서 불어오면서 별도의 방향제어 없이 위치제어만 수행하여서 크게 밀려나지 않은 것으로 보여진다. PA는 11cm이며 r 보다 1cm의 오차를 가지는 것으로 보아서 크게 밀려나지 않은 것을 알 수 있다. 또한, 목표 위치 우측 상단에 많이 밀집되어있는 것으로 보아서 위치제어가 잘 수행된 것을 알 수 있다.

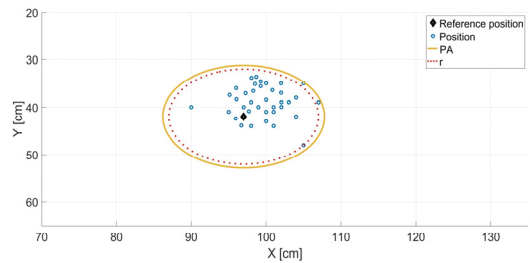


Fig. 9. Performance of position control (0° disturbance)

Fig. 10은 45° 방향에서 조류가 발생한 경우인데, 작은 원이 그래프의 오른쪽에 넓게 분포해있는 것을 보아서 (70, 45)의 방향에서 조류가 생성된 것을 알 수 있다. 측면에서 발생한 조류의 영향으로 인하여 Fig. 8, 9에 비하여 크게 밀려난 것을 알 수 있다. 이는 두 가지 이유로 볼 수 있는데, 첫 번째로는 세일부이가 측면으로 밀려난 후, 방향 제어를 진행하고 위치제어를 진행하면서 밀려난 것이다. 두 번째로는 선박 형태의 세일부이의 특성상 측면에서 오는 조류에 크게 반응하는 것이다. 실험 결과 PA는 16.8cm의 반경을 가지며, 조류가 없을 경우에 비하여 11.8cm가 커진 것을 알 수 있다.

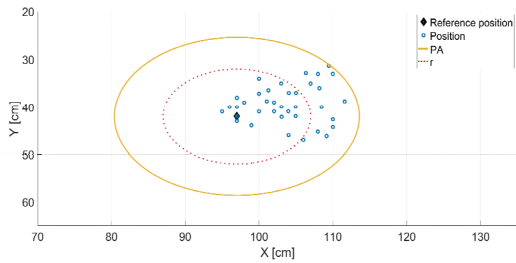


Fig. 10. Performance of position control (45° disturbance)

Table 3은 실험 결과를 정리해놓은 표이다. 실험 결과는 동일한 실험을 진행한 기존의 연구인 스마트 부이 로봇의 위치제어 성능[17-19]과 비교하였다. 전체 시나리오에서 최대 0.2cm 정도의 오차를 가지며, 스마트 부이로봇과 비슷한 성능을 가지는 것을 알 수 있다. 이를 통하여 기존의 연구와 비슷한 위치제어 성능을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

Table 3. Experimental results

Scenario	No disturbance		0° disturbance		45° disturbance	
	SBR	Sail buoy	SBR	Sail buoy	SBR	Sail buoy
Heading initial value	0.0°	0.0°	0.0°	0.0°	0.0°	0.0°
Heading change value	×	×	×	×	45°	45°
Disturbance	×	×	○	○	○	○
PA	7.1 cm	7 cm	10.8cm	11 cm	16.6 cm	16.8 cm
r	10.0 cm					

5. 결론

본 논문에서는 세일부이 메커니즘 개발 및 위치제어에 관한 방법에 대하여 제안하고 있다. 기존의 부표들은 자체 추진이 불가능하고 기존의 세일부이는 위치제어가 불가능한 구조로 구성되어 있어서 현장 작업용 AUV의 수신기로 사용하기에는 어려움이 존재하였다.

따라서 본 논문에서는 풍력을 이용한 세일링 추진 및 전기 추진이 가능한 하이브리드 타입 세일부이 메커니즘을 제안하였고 성능 검증을 위하여 수조에서 위치제어 실험을 진행하였다.

1. 제안된 세일부이 시스템과 제어기는 기존의 연구와 비슷한 성능을 보이는 것으로 보아 우수한 성능을 가지는 것을 알 수 있다.
2. 조류를 발생시킨 외란실험을 통하여 조류판별식을 이용한 제어가 효용성을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구를 통하여 세일부이의 국내 연구의 기반을 마련하였다. 본 연구에서는 AUV 추적(tracking) 알고리즘 및 협력에 관하여 연구가 진행되지 않았다. 추후에는 세일부이와 AUV 간의 추적 및 이종 협력(heterogeneous cooperation)에 관한 연구를 지속할 예정이다.

References

- [1] J. Y. Oh, C. J. Shin, S. J. Baek, I. S. Jang, S. K. Jeong, J. M. Seo, H. J. Lee, J. H. Choi, S. G. Won, "Development of Underwater Positioning System using Asynchronous Sensors Fusion for Underwater Construction Structures", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 22, No. 3, pp.352-361, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.3.352>
- [2] Y. G. Kwon, G. M. Kang, S. H. Park, "The Fourth Industrial Revolution and Marine Technology", Innovation studies, Vol.12, No.2, pp.203-222, May, 2017. DOI: <https://doi.org/10.46251/INNOS.2017.05.12.2.203>
- [3] A. Kabanov, V. Kramar, "Marine Internet of Things Platforms for Interoperability of Marine Robotic Agents: An Overview of Concepts and Architectures", Journal of Marine Science and Engineering, Vol. 10, No. 9, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse10091279>
- [4] H. Kang, M. K. Kim, H. S. Yoon, S. M. Koo, "Research on the development of Unmanned Surface Vehicles with Power Supply Specialized for Maritime Environment", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 23, No. 10, pp.712-718, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2022.23.10.712>
- [5] Y. J. Song, P. Y. Kong and Y. N. Han, "Power-Optimized Vertical Handover Scheme for Heterogeneous Wireless Networks," in IEEE Communications Letters, Vol. 18, No. 2, pp. 277-280, February 2014. DOI: <https://doi.org/10.1109/LCOMM.2013.120713.132279>
- [6] Y. Nishida, J. Kojima, Y. Ito, K. Tamura, H. Sugimatsu, K. Kim, T. Sudo, T. Ura, "Development of an autonomous buoy system for AUV", OCEANS 2015 - Genova, pp.1-6, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1109/OCEANS-Genova.2015.7271614>
- [7] H. G. Park, D. W. Man, Y. J. Jo, H. S. Kim, "Lighting

- Buoy type Marine charging Robot Base on Marine Energy Harvesting”, Proceedings of KIIEE (Busan•Ulsan•KyungnamBranch) Annual Conference, pp.59-62, 2019.
- [8] P. Norgren, T. Mo-Bjørkelund, K. Gade, Ø. Hegrenæs and M. Ludvigsen, "Intelligent Buoys for Aiding AUV Navigation Under the Ice," 2020 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles Symposium (AUV), St. Johns, NL, Canada, pp. 1-7, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1109/AUV50043.2020.9267889>
- [9] H. G. Park, "Study on Development and Position Control of Smart Buoy Robot", Master thesis, Korea, 2021.
- [10] N. Wullenweber, L. R. Hole, P. Ghaffari, I. Graves, H. Tholo, and L. Camus, "SailBuoy Ocean Currents: Low-Cost Upper-Layer Ocean Current Measurements", Sensors, Vol. 22, No. 15, pp.5553~5571, 2022.
DOI: <https://doi.org/10.3390/s22155553>
- [11] I. Fer and D. Peddie, "Near surface oceanographic measurements using the SailBuoy", 2013 MTS/IEEE OCEANS - Bergen, Bergen, Norway, pp. 1-15, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1109/OCEANS-Bergen.2013.6607969>
- [12] Y. S Gang, J. K. Kim, B. B. Lee, S. I. Yang and J. W. Kim, "Design of Ship-type Floating LiDAR Buoy System for Wind Resource Measurement in the Korean West Sea and Numerical Analysis of Stability Assessment of Mooring", J Navig Port Res. 2022, Vol. 46, No. 6, pp.483-490, December 31, 2022.
DOI: <https://doi.org/10.5394/KINPR.2022.46.6.483>
- [13] D. W. Man, "Study on System Development and Heading Control of Catamaran-type Sail Drone", Doctor thesis, Korea, 2021.
- [14] Tongmyong University, "auto sailing robot vessel", Korea Patent, 10-2074565, 2019.
- [15] R. Ross and R. Hoque, "Augmenting GPS with geolocated fiducials to improve accuracy for mobile robot applications", Applied Sciences, Vol. 10, No. 1, pp.146~159, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.3390/app10010146>
- [16] D. W. Man and H. S. Kim, "Mechanism Development and Heading Control of Catamaran-type Sail Drone", Journal of Ocean Engineering and Technology, Vol. 35, No. 5, pp.360-368, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.26748/KSOE.2021.062>
- [17] Tongmyong University, "buoy robot for charging battery", Korea Patent, 10-2282597, 2021.
- [18] Tongmyong University, "buoy robot for charging battery", Korea Patent, 10-2531057, 2023.
- [19] H. G. Park, H. S. Kim, "Mechanism Development and Position Control of Smart Buoy Robot", Journal of Ocean Engineering and Technology, Vol.35, No.4, pp.305-312, Aug, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.26748/KSOE.2021.043>

만 동 우(Dong-Woo Man)

[정회원]



- 2013년 2월 : 동명대학교 로봇시스템공학과 (공학사)
- 2015년 2월 : 동명대학교 일반대학원 기계시스템공학과 (공학석사)
- 2021년 8월 : 동명대학교 일반대학원 기계시스템공학과 (공학박사)
- 2021년 9월 ~ 현재 : 한국해양과학기술원 연수연구원 (선임급)

<관심분야>

수상 및 수중 로봇 시스템 개발 및 제어

김 유 겸(YuGyeom Kim)

[정회원]



- 2021년 2월 : 동명대학교 로봇시스템공학과 (공학사)
- 2023년 2월 : 동명대학교 일반대학원 기계시스템공학과 (공학석사)
- 2023년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 일반대학원 기계시스템공학과 박사과정

<관심분야>

지능제어, 로봇틱스, 해양로봇교육

신 창 주(Chang Joo Shin)

[정회원]



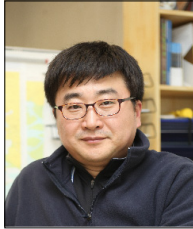
- 2006년 2월 : 부산대학교 기계공학부 (공학사)
- 2012년 2월 : 부산대학교 기계공학부 (공학 석·박사)
- 2012년 6월 ~ 현재 : 한국해양과학기술원 책임연구원

<관심분야>

수중로봇, 센서융합, 소음 진동

권 오 순(O-Soon Kwon)

[정회원]



- 1990년 2월 : 서울대학교 토목공학과 (공학사)
- 1994년 2월 : 서울대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 1998년 2월 : 서울대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 1998년 4월 ~ 현재 : 한국해양과학기술원 책임연구원

<관심분야>

해양지반조사, 해양구조물기초

김 현 식(Hyun-Sik Kim)

[정회원]



- 1994년 2월 : 부산대학교 전기공학과 (공학사)
- 1996년 2월 : 부산대학교 대학원 전기공학과 (공학석사)
- 2001년 8월 : 부산대학교 대학원 전기공학과 (공학박사)
- 1998년 2월 ~ 2007년 2월 : 국방과학연구소 연구원

- 2007년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 교수

<관심분야>

지능제어, 로봇틱스, 표적처리, 해양로봇교육