

# 다중 구조방식을 갖는 분리형 삼동선 로봇의 메커니즘 개발

## Mechanism Development of Separable Trimaran Robot With Multiple Rescue Methods

김 유 겼<sup>1</sup>, 김 현 식<sup>2</sup>(YuGyeom Kim<sup>1</sup> and Hyun-Sik Kim<sup>2\*</sup>)<sup>1</sup>Department of Mechanical System Engineering, Tongmyong University<sup>2</sup>School of Electrical and Control, Tongmyong University

**Abstract:** In recent years, the need for surface life-saving is gradually increasing as a response to accidents such as ship collisions in the marine environment. To solve this problem, there were approaches that launched life-saving rings, approached humans closely using rescue robots, and monitored life-saving status using drones. However, they did not solve the problem simultaneously in terms of rapidity, accuracy, and safety. To resolve this problem, a separable trimaran robot with a life-saving ring launcher and a drone is proposed and its mechanism is developed. Straightness, turning, launching, restoring and recover tests were performed to verify the validity of the proposed robot mechanism. Experimental results show that the proposed robot mechanism enables a rapid, accurate and safe surface life-saving. Therefore, it shows that the mechanism has meaningful components in surface life-saving and has the possibility of real system application.

**Keywords:** mechanism, separable trimaran robot, multiple rescue methods, rapidity, accuracy, safety

### I. 서론

최근에는 해양 환경에서의 선박충돌 등의 사고에 대한 대응으로서 해양 구난 및 구조 장비의 필요성이 점차로 증가하고 있으며 해양 긴급 구조 장비 체계의 구축 및 적용에 대한 연구도 진행되고 있다. 그런데, 국내 해양 구난 산업의 현황과 육성방안에 관한 연구에 의하면 국내 해양 구난 역량이 미흡하고 구난 관련 장비와 기술력 확보에 투자가 부족한 실정이다[1-3]. 소방청의 구조활동 현황 분석[4]에 따르면 2021년 대비 2022년에 하천 및 바다의 활동건수가 증가함을 알 수 있으며 하천 및 바다의 구조인원이 단독주택 다음으로 2위이다. 수상 인명구조의 경우는 익수자 구조를 위한 안전요원 및 구조장비가 현실적으로 매우 부족한 상황이다.

수상 인명구조에 있어서 일반적으로 가장 많이 쓰이는 구조장비에는 구조용 튜브인 구명환(life-saving ring)이 있는데, 이 장비는 사람이 직접 투척하여야 하므로 크기와 무게에 따라서 힘이 많이 들거나 사거리의 차이도 발생한다. 그리고 원거리 익수자의 경우에는 구명보트 등을 타고 이동해서 구명환을 투척하거나 안전요원이 직접 구조를 수행하여야 한다[3].

이러한 구조방식의 문제를 해결하기 위해 다양한 방법들이 존재하였다. 육상에서 조준하여 구명환을 발사하는 방법[5]은 구조 신속성(rapidity)의 장점이 존재하지만 발사 범위

(range)의 한계가 존재하는 단점이 존재하였다. 구조로봇을 이용하여 사람에게 가까이 접근하는 방법[6,7]은 구조 정확성(accuracy)의 장점이 존재하지만 선체 안정성(stability)이 낮은 단점이 존재하였다. 구명환 발사기를 갖는 쌍동형 구조로봇을 이용하는 방법[3]은 원거리에서는 구명환을 발사하고 근거리에서는 사람에게 가까이 접근함으로써 앞서 언급한 신속성 및 정확성의 장점을 유지하면서, 발사 범위 및 선체 안정성의 단점을 모두 극복하였다.

본 논문에서는 앞서 언급한 구명환 발사기를 갖는 쌍동형 구조로봇을 기반으로 하여, 수상 임무를 수행하면서 드론(drone)을 활용하여 모니터링하는 드론보트[8,9] 메커니즘을 접목하여 구조 안전성(safety)을 확보하는 방안과 사람에게 가까이 접근할 수 있는 구조로봇의 수를 늘려 구조 신속성을 제고하는 방안을 추가적으로 고려하였다. 즉, 수상 인명구조 방법에 있어서 신속성, 정확성, 범위, 안정성, 안전성의 문제를 동시에 해결 및 개선하기 위해 다중 구조방식을 갖는 분리형 삼동선 로봇이 제안되었고 그 메커니즘이 개발되었다.

제안된 구조로봇의 메커니즘 개발과 관련된 내용은 2장에서 기술하고 있으며, 구조로봇 제어시스템 구성은 3장에서 다루고 있다. 4장에서는 제안된 구조로봇 메커니즘의 유효성을 검증하기 위한 실험 및 고찰을 다루고 있으며, 5장에서 결론을 요약하고 있다.

\*Corresponding Author

Manuscript received November 11, 2024; revised December 4, 2024; accepted December 10, 2024

김유겼: 동명대학교 기계시스템공학과 대학원생(kim-yugyeom@naver.com, ORCID<sup>®</sup> 0000-0001-7406-3635)

김현식: 동명대학교 전기제어학부 교수(hyunskim@tu.ac.kr, ORCID<sup>®</sup> 0000-0003-4821-9784)

II. 메커니즘개발

제안된 구조로봇의 메커니즘 개발을 위해서 그림 1과 같이 운용개념(operation concept)을 우선적으로 정립하였다.

운용개념을 기반으로 3D 모델링 CATIA (Computer Aided Three dimensional Interactive Application)를 이용하여 설계를 진행하였다[10,11]. 로봇의 선체는 이동시에 안정성을 확보하기 위한 삼동선(trimaran)의 형상을 가지고 있으며, 구조가 필요한 사람의 존재 및 위치를 확인하기 위한 카메라를 로봇의 앞부분에 장착하고 있다. 구조가 필요한 사람이 존재 시 신속하게 구명환을 전달하기 위한 구명환 발사기도 보유하고 있으며, 로봇의 뒷부분에는 구조 모니터링용 드론을 수납할 수 있는 공간도 마련되어 있다.

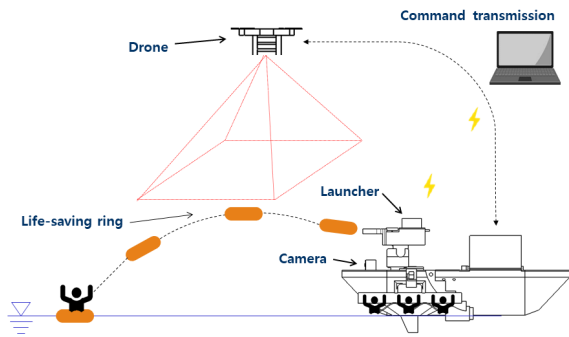


그림 1. 운용개념도.

Fig. 1. Diagram of operation concept.

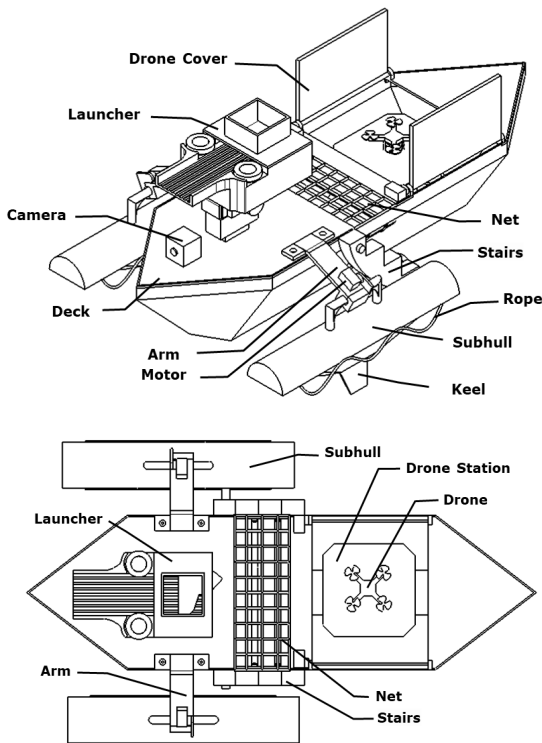


그림 2. 구조로봇 메커니즘.

Fig. 2. Mechanism of rescue robot.

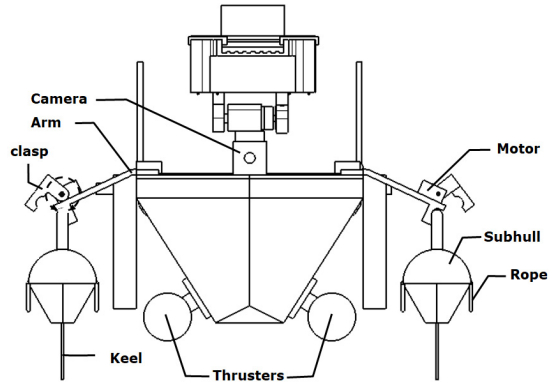


그림 3. 추진기 및 서브헬 메커니즘.

Fig. 3. Mechanism of thrusters and subhulls.

구조로봇의 메커니즘 개발에 있어서는 드론을 안정적으로 수납하고 구명환을 발사하거나 다수의 구조로봇을 이용하여 사람에게 가까이 접근하는 방법들을 결합하는데 목표를 두었다. 특징적인 것은, 구조로봇 위치를 기준으로 근거리 익수자의 경우에는 구조로봇의 양쪽 서브헬(subhull)에 부착된 로프를 이용할 수 있게 하였고, 구조로봇 위치를 기준으로 원거리 익수자 또는 다수 익수자인 경우에는 구조로봇의 상단에 부착된 발사기의 방위각(azimuth) 및 고도각(elevation angle) 제어를 통해서 구명환을 발사할 수 있게 하였다. 추가적으로 활용성을 높이기 위해 기존의 구명환을 사용하였다. 원거리 익수자 구조의 경우에 로봇 자체가 이동하는 방식이 아닌 발사기를 제어하는 방식을 도입하여 신속성을 높일 수 있도록 하였다.

그림 2 및 그림 3을 살펴보면 삼동선 형상을 갖는 로봇의 선체에는 이동을 위한 2개의 추진기(thrusters)가 있으며, 전방부를 관찰하기 위한 1개의 카메라가 있으며, 구명환을 발사할 1개의 발사기(launcher)가 있으며, 다수 익수자가 매달릴 2개의 서브헬 및 다수 익수자가 탑승 가능한 1개의 그물(net)이 있다. 그물에는 계단(stair)을 통해 구조자가 접근할 수 있다.

그림 3을 살펴보면 서브헬은 구조로봇 본체에 연결되어 있는 암(arm)을 통해 장착되어있는 형태이며 모터의 회전을 통해 필요시 분리가 가능하다. 서브헬이 분리되면 2개의 서브헬 양쪽에 로프가 장착되어 있어 다수 익수자가 매달릴 수 있다.

다음의 그림 4는 드론이 이착륙할 수 있는 스테이션의 메커니즘이다.

그림 4를 살펴보면 드론 스테이션은 드론이 이착륙 가능한 이착륙장과 자체복구를 위한 4개의 다리를 가지는 구조로 되어있다. 각각의 다리는 나사조인트를 활용하여 모터의 회전을 통해 수직으로 가변되어 착륙장이 수평을 유지할 수 있도록 움직인다.

요약하면, 서보모터에 의해서 자세제어가 가능한 발사기에 포함된 구명환 장전기에 구명환이 투입되면 발사기 휠이 회전하여 구명환을 원하는 위치에 신속하게 발사할 수 있다[3]. 익수자가 매달릴 수 있는 분리가능 서브헬, 익수자

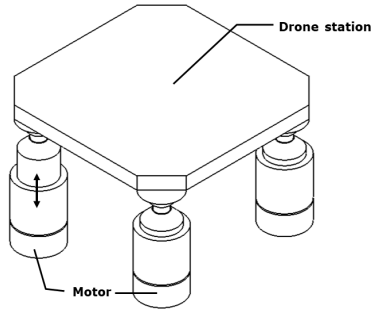


그림 4. 드론 스테이션 메커니즘.  
Fig. 4. Mechanism of drone station.

표 1. 구조로봇 기능.

Table 1. Functions of rescue robot.

Requirement	Function	H/W Component	
Rapidity(R1)	Launching(F1)	Launcher(H1)	Launcher wheels(H11)
			Ring Loader(H12)
	Attitude control(F2)		Servo motors(H13)
Accuracy(R2)	Restoring(F3)	Trimaran(H2)	-
	Lying(F4)	Net(H3)	-
	Hanging(F5)	Subhull(H4)	Rope(H41)
			Arm(H42)
Safety(R3)	Flying(F7)	Drone(H5)	-
	Docking(F8)	Cover(H6)	-
	Recover(F9)	Station(H7)	-
Mobility(R4)	Surge(F10)	Thrusters(H8)	-
	Yaw(F11)		-
Observability(R5)	Monitoring(F12)	Camera(H9)	-

가 계단을 통해 탑승이 가능한 그물, 자세복구가 가능한 스테이션, 개폐가 가능한 커버를 포함하는 분리형 삼동선은 선체 안정성을 가진 상태에서 다양하게 분포된 익수자를 신속하고 정확하게 구조할 수 있으며, 드론을 활용한 전역적 모니터링을 통해 안전하게 구조를 수행할 수 있다. 추가적으로, 선체 하단 양쪽에 설치된 2개 추진기의 속도/방향 제어를 통하여 삼동선의 서지/요 운동이 가능하며, 전방에 설치된 카메라를 통해서도 국부적 모니터링이 가능하다.

표 1은 구조로봇 메커니즘 개발의 방법론으로서 체계적인 접근을 위하여 요구사항(requirement), 기능(function), 하드웨어 구성품(H/W component)의 관계를 정리한 표이다.

표 1을 살펴보면, 요구사항 분석을 통해 신속성(rapidity), 정확성(accuracy), 안전성(safety), 이동성(mobility), 관측성(observability)에 대해서는 차례로 식별자(identifier) R1~R5를 부여하였고, 기능 분석을 통해 발사(launching) 기능, 자세 제어(attitude control) 기능, 복원(restoring) 기능, 눕기(lying) 기능, 매달리기(hanging) 기능, 분리(Separation) 기능, 비행(flying) 기능, 도킹(docking) 기능, 복구(recover) 기능, 서지(surge) 기능, 요(yaw) 기능, 모니터링(monitored) 기능에 대해서는 차례로 식별자 F1~F12를 부여하였다. 그리고 설계를 통해 발사기,

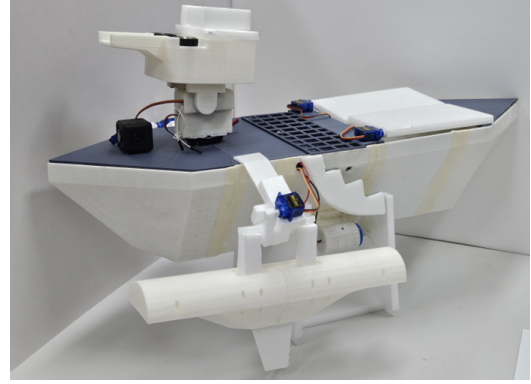


그림 5. 구조로봇 시제품.  
Fig. 5. Prototype of rescue robot.

표 2. 시제품 사양.

Table 2. Specification of prototype.

	Item	Unit	Value (default)
Size	Width	[cm]	40
	Length	[cm]	66
	Height	[cm]	28
Weight	(on air)	[g]	1900
Speed	(maximum)	[cm/s]	38.2
D.O.F	Translation	-	Surge
	Rotation	-	Yaw
Launcher	Speed	[rpm]	0~6600 (2070)
	Azimuth	[deg]	30~150 (90)
	Elevation	[deg]	0~40 (10)
Thrusters	Speed	[rpm]	0~16800
Operating time	(maximum)	[min]	300

발사기 휠, 구멍환 장전기, 서보 모터, 삼동선, 그물, 서브 휠, 로프, 압, 드론, 커버, 스테이션, 추진기, 카메라에 대해서는 차례로 식별자 H1~H9를 부여하였다.

그림 5는 완성된 구조로봇의 시제품 형상이며, 시제품은 제작 및 실험의 편의를 위하여 축소 모델로 제작되었다. 3D 모델링을 기반으로 3D 프린터를 이용하여 제작하였다.

표 2는 완성된 로봇의 제원인데, 크기(size), 무게(weight), 속도(speed), 자유도(DOF, Degree Of Freedom), 발사기[3], 운용시간(operating time) 등의 관점에서 정리하였다.

### III. 구조로봇 제어시스템 구성

구조로봇의 제어시스템을 구성하기 위해 우선적으로 다음의 그림 6과 같은 내부연동도를 고려하였다.

이 내부연동도는 표 1의 F1, F2 기능을 수행하기 위해서는 H11, H12, H13 하드웨어 구성품이 사용되고, F8, F9 기능을 수행하기 위해서는 H6, H7 하드웨어 구성품이 사용되고, F10, F11 기능을 수행하기 위해서는 H8 하드웨어 구성품이 사용됨을 보여준다. 범용 부품인 블루투스(Bluetooth) 통신기를 포함하는 제어기(controller), DC모터 드라이브(drive)도 명시하고 있다.

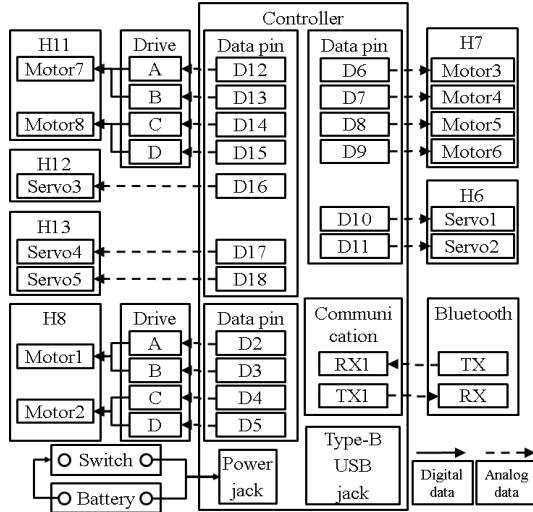


그림 6. 내부 연동도.  
Fig. 6. Internal interface diagram.

구조로봇에 장착된 제어기는 무선 원격제어 명령값들 (commands)을 기반으로 개루프 시스템(open loop system) 형태의 제어를 수행한다.

그림 6에서 제어기는 Arduino Mega를 사용하였고 블루투스 통신기는 HC-06을 사용하였으며, DC모터 드라이브는 L9110s를 사용하였다. 그리고, 추진기는 모터/프로펠러 제품 [12]을 사용하였다. 신호의 형태는 아날로그 및 디지털의 2 종류가 존재한다.

IV. 실험 및 고찰

개발된 구조로봇의 메커니즘 검증을 위해서 실험을 실시하였는데, 제안된 수상로봇에 필수적인 시험평가 항목으로서 직진성(straightness) [13,14], 회전(turning), 서브헬 안정성(stability), 스테이션 복구 시험을 선정하였고, 이들 항목에 대해서 차례로 식별자 T1, T2, T3, T4를 부여하였다. 필수적인 시험평가 항목으로 선정되지 않은 F3, F8, F12 기능에 대한 검증은 육안으로 실시하였고, F4, F7 기능에 대한 검증은 실선으로 실시하여야 하므로 생략하였다.

이와 관련된 시험평가 항목별 개요는 표 3과 같다. 참고로, 원형수조(circular water tank)의 크기는 지름 3m, 높이 0.8m이고, 사각수조(square water tank)는 2.4m × 1.2m × 0.6m이다.

표 3. 시험평가 항목별 개요.

Table 3. Summary by item for test and evaluation.

Identifier	Item	Target	Tool	Platform
T1	Straightness	Trimaran	Camera (Instead of GPS)	Circular water tank
T2	Turning			
T3	Subhull stability	Subhull	Fan/Watch	Square water tank
T4	Station recover	Station	Gyroscope	Table

표 4. 추적성.

Table 4. Traceability.

Requirement	Function	H/W Component		Test & Evaluation
		H1	H11 H12 H13	
R1	F1	H1	H11 H12 H13	참고문헌[3]
	F2			
R2	F3	H2	-	-
	F4	H3	-	-
	F5	H4	H41	T3
	F6		H42	
R3	F7	H5	-	-
	F8	H6	-	-
	F9	H7	-	T4
R4	F10	H8	-	T1, T2
	F11		-	
R5	F12	H9	-	-

T1, T2는 개발된 수상선 형상을 갖는 구조로봇에 필수적인 시험평가 항목에 해당하는 것으로 직진 및 회전이 불가능하면 직진 및 회전을 포함하는 다양한 제어가 어려워지므로 이를 확인하기 위한 항목이다.

T3는 개발된 서브헬 분리 메커니즘을 갖는 구조로봇에 필수적인 시험평가 항목에 해당하는 것으로 구조 시에 바람, 파도 등의 외란이 존재하여 서브헬의 자세가 변하여도 스스로 자세를 복구하여 안정적으로 구조가 가능함을 확인하기 위한 항목이다.

T4는 개발된 드론 스테이션 자세 복구 메커니즘을 갖는 구조로봇에 필수적인 시험평가 항목에 해당하는 것으로 구조 시에 파도 등의 외란이 존재하여 구조로봇의 자세가 변하여도 스테이션은 자세를 복구하여 드론을 정상적으로 이착륙할 수 있음을 확인하기 위한 항목이다.

표 4는 표 1에서 도출된 요구사항, 기능, 하드웨어 구성품에 시험평가 항목을 추가하여 추적성을 유지하도록 함으로써 구조로봇 메커니즘의 개발 및 검증의 체계성을 보여주기 위한 표이다. 여기서 빈칸들은 실선 적용시 또는 보조적인 시험평가 항목들로서 생략되었음을 의미한다.

그림 7은 실내에 설치된 원형수조를 포함하는 실험 환경인데, 객체좌표정보를 획득하는 방법[15,16] 중에서 영상 정보만을 활용하는 방법을 적용하여 GPS 대용의 카메라를 사용하였다. 카메라의 경우에는 상단에 설치되는 것이 바람직하나, 실내공간의 높이제약 및 카메라의 촬영영역을 고려하여 측면상단에 배치한 결과이다. 영상추적을 위해서는 발사기 위부분에 적색종이를 부착하여 구조로봇의 위치 확인이 가능하도록 하였다.

Host-PC에 연결된 카메라를 이용하여 1.0sec의 샘플링 주기(sampling period)를 가지고 영상좌표 값을 받아 위치를 확보하도록 하였는데, 획득된 영상을 거리로 환산하는데 있어서는 실제 측정된 값과의 비고를 통하여 X축의 경우에는 1픽셀(pixel)에 0.9를 곱하여 cm로 환산하였고, Y축의 경우에는 1픽셀에 2.1을 곱하여 cm로 환산하였다. 여기에는 영상처리 오차를 포함하고 있다.

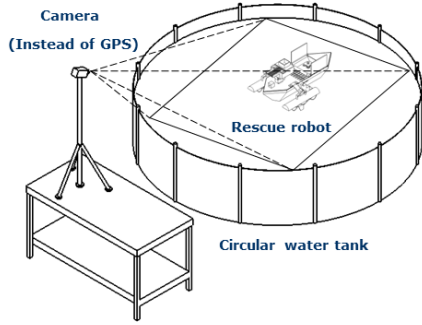


그림 7. 실험환경.  
Fig. 7. Experimental environment.



그림 8. 시험평가 수행(직진성).  
Fig. 8. Execution of test and evaluation (straightness).

그림 8은 시험평가 항목 T1을 수행하는 모습을 나타낸 것이다. 여기에는 삼동선, GPS 대응의 카메라 및 원형수조가 사용되었다.

그림 9~11은 각각 시험평가 항목 T1의 속도별 수행결과들로서 직진성 성능을 나타내는데, 그림 8에 표시된 좌표계를 기준으로 도시하였다. 이 결과는 개발된 구조로봇은 선체의 최적화된 설계로 인한 직진성 유지가 가능함을 보여준다. 해당 실험을 위해서 2개의 추진기로 구조로봇의 속도를 저속(21.8cm/s), 중속(30.6cm/s), 고속(38.2cm/s)으로 구분하였다. 이때 속도별 추진기 명령값은 각각 140, 190, 250을 사용하였다. 그림의 실선은 기준 궤적을 나타내며, 점선은 실제 궤적을 나타낸다. 표 5를 살펴보면, 속도가 증가함에

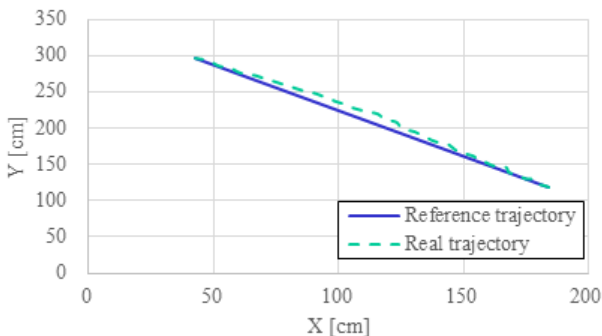


그림 9. 직진성 성능(저속).  
Fig. 9. Performance of straightness (low speed).

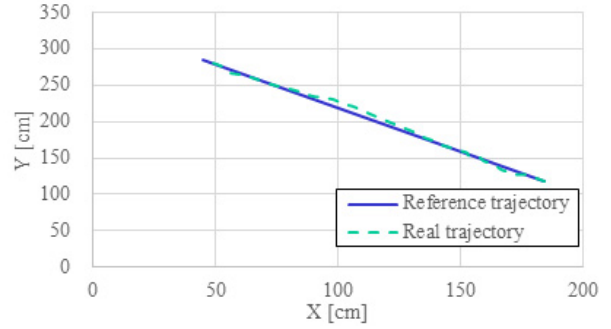


그림 10. 직진성 성능(중속).  
Fig. 10. Performance of straightness (medium speed).

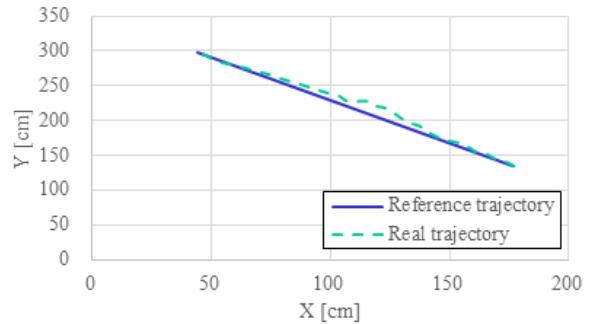


그림 11. 직진성 성능(고속).  
Fig. 11. Performance of straightness (high speed).

표 5. 직진성 성능 요약.

Table 5. Performance summary of straightness.

	Error range [cm]	Error mean [cm]
Low speed	0.5 ~ 13.8	3
Medium speed	5 ~ 9.6	6.4
High speed	2.3 ~ 18.5	6.2



그림 12. 시험평가 수행(회전).  
Fig. 12. Execution of test and evaluation (turning).

따라 오차의 평균이 증가하고 있음을 보여주고 있다. 이를 통하여, 개발된 구조로봇은 별도의 페루프(closed loop) 제어를 고려하지 않아도 직진성을 유지할 수 있으므로 다양한 제어가 가능함을 확인하였다.

그림 12는 시험평가 항목 T2을 수행하는 모습을 나타낸 것이다. 여기에도 삼동선, GPS 대응의 카메라 및 원형수조가 사용되었다.

그림 13~15는 각각 시험평가 항목 T2의 속도별 수행결과들로서 회전 성능을 나타내는데, 그림 12에 표시된 좌표계를 기준으로 도시하였다. 이 결과는 개발된 구조로봇은 선체의 회전이 가능함을 보여준다. 해당 실험에서는 제자리 회전 보다 직진 후 회전이 일반적인 상황임을 감안하여, 1개의 추진기는 T1의 경우와 동일한 추진기 명령값들을 사용하였고 나머지 1개의 추진기는 최소한의 추진기 명령값들을 사용하였다. 이때 속도별 추진기 명령값은 각각 70, 100, 160을 사용하였다. 그림의 실선은 실제 궤적을 나타낸다. 표 6을 살펴보면, 속도가 증가함에 따라 지름의 평균이 증가하고 있음을 보여주고 있다. 이를 통하여, 개발된 구조로봇은 별도의 폐루프(closed loop) 제어를 고려하지 않아도 회전을 완전히 수행할 수 있으므로 다양한 제어가 가능함을 확인하였다.

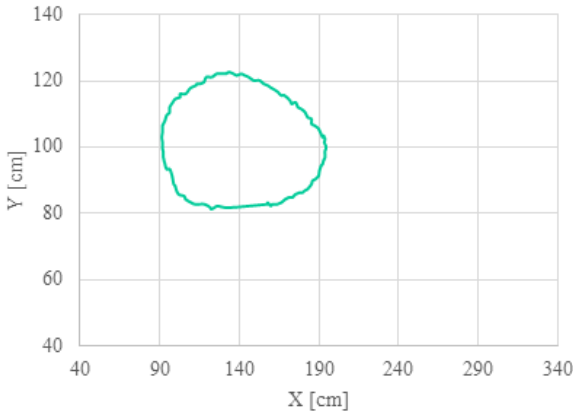


그림 13. 회전 성능(저속).  
Fig. 13. Performance of turning (low speed).

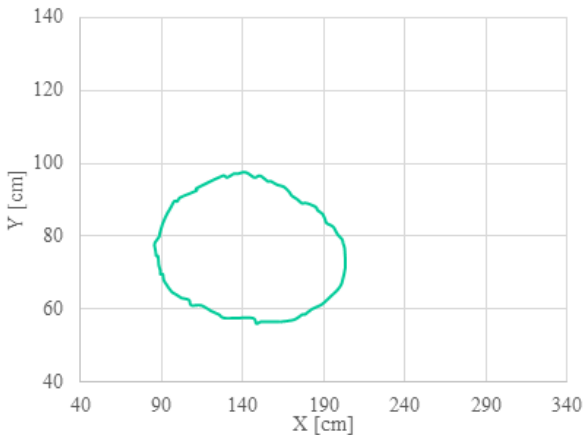


그림 14. 회전 성능(중속).  
Fig. 14. Performance of turning (medium speed).

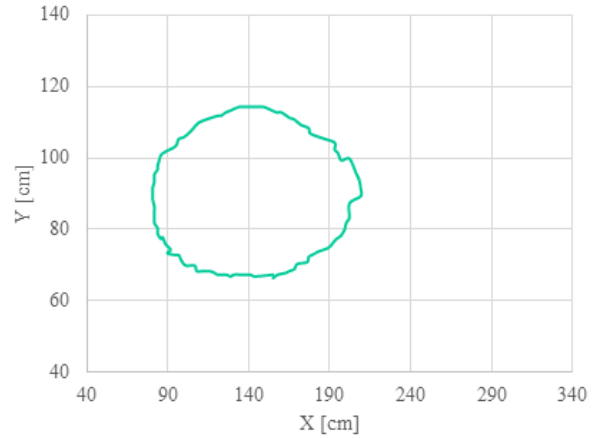


그림 15. 회전 성능(고속).  
Fig. 15. Performance of turning (high speed).

표 6. 회전 성능 요약.

Table 6. Performance summary of turning.

	Dia X [cm]	Dia Y [cm]	Mean [cm]
Low speed	97.9	84.5	91.2
Medium speed	111.6	88.8	100.2
High speed	119.7	102.7	111.2



그림 16. 시험평가 수행(서브헬 안정성).  
Fig. 16. Execution of test and evaluation (subhull stability).

그림 16은 시험평가 항목 T3를 수행하는 모습을 나타낸 것이다. 여기에는 서브헬, 송풍기, 시계 및 사각수조가 사용되었다.

표 7은 시험평가 항목 T3의 풍속별/킬높이별 수행결과들로서 서브헬 안정성 성능을 나타내는데, 이 결과는 개발된 구조로봇은 서브헬의 복원이 가능함을 보여준다. 해당 실험을 위해서 송풍기로 풍속을 저속(4m/s), 중속(4.5m/s), 고속(5m/s)으로 구분하였다. 표 7을 살펴보면, 풍속이 증가하고 킬높이가 작아짐에 따라 서브헬의 전복시간(overtum time)이 감소하고 있음을 보여주고 있다. 이를 통하여, 구조 시에 바람, 파도 등의 외란이 존재하여 서브헬의 자세가 변하여도 스스로 자세를 복구하여 안정적으로 구조가 가능함을 확인하였다.

표 7. 서브헬 안정성 요약.

Table 7. Performance summary of subhull stability.

Wind speed		Low	Medium	High
Time [s]	Keel height [0cm]	2.1~3.7	1.5~2	0.5~1
	Keel height [6cm]	4.5~5	3.1~3.7	1.3~2
	Keel height [13cm]	6.6~7	4.3~5.2	2.2~3

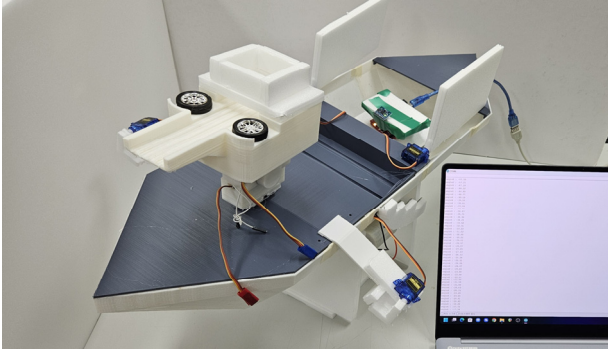


그림 17. 시험평가 수행(스테이션 복구).

Fig. 17. Execution of test and evaluation (station recover).

그림 17은 시험평가 항목 T4를 수행하는 모습을 나타낸 것이다. 여기에는 스테이션, Gyrosope, Table이 사용되었다.

표 8은 시험평가 항목 T4의 명령별 수행결과들로서 스테이션의 롤링(rolling) 복구 성능을 나타내는데, 이 결과는 개발된 구조로봇은 스테이션의 자세 복구가 가능함을 보여 준다. 여기서, 실제의 경우에서는 롤링 및 피칭(pitching)이 동시에 존재할 수 있으나 논문에서는 메커니즘 검증 측면에서 문제를 단순화하여 롤링만을 고려하였다. 해당 실험을 위해서 2개의 모터 명령값을 최소, 중간, 최대로 구분하였다. 그림의 선들은 삼동선 및 스테이션(최대/중간/최소 명령)의 자세각을 나타낸다. 표 8을 살펴보면, 명령값이 증가함에 따라 스테이션의 자세복구시간(recover time)이 감소하고 있음을 보여주고 있다. 명령값의 경우는 0~255가 가능하나 제어력이 적절하게 작용하는 범위인 35~100을 사용하였다. 이를 통하여, 구조 시에 파도 등의 외란이 존재하여 구조로봇의 자세가 변하여도 스테이션은 자세를 복구하여 드론을 정상적으로 이착륙할 수 있음을 확인하였다.

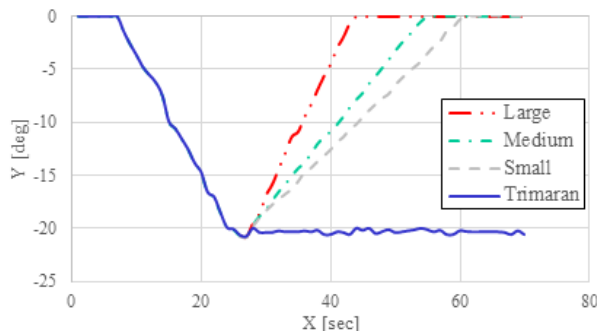


그림 18. 스테이션 복구 성능(명령별).

Fig. 18. Performance of station recover (by command).

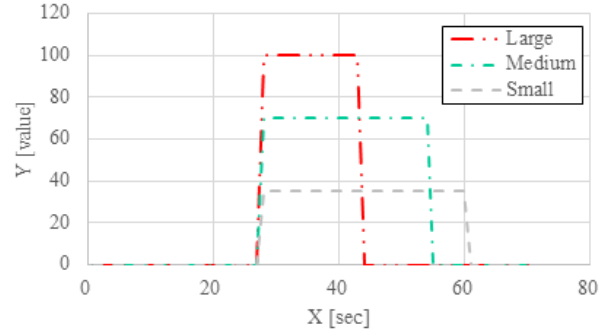


그림 19. 스테이션 복구 명령값.

Fig. 19. Command values for station recover.

표 8. 스테이션 복구 성능 요약.

Table 8. Performance summary of station recover.

	Value	Recover time [sec]
Small command	35	33
Medium command	70	27
Large command	100	16

앞서 언급한 결과들을 통해서 개발된 구조로봇은 신속성, 정확성 및 안전성을 갖는 수상 인명구조를 위해 발사기 [3], 삼동선, 드론 수납공간 등의 의미있는 메커니즘 구성요소들을 가지고 있음을 알 수 있다.

## V. 결론

본 논문에서는 수상 인명구조에 있어서 기존의 구조 방법들이 갖는 신속성, 정확성 및 안전성 문제를 동시에 해결하기 위해 다중 구조방식을 갖는 분리형 삼동선 로봇이 제안되었고 그 메커니즘이 개발되었다.

개발된 구조로봇 메커니즘은 신속성 문제를 해결하기 위한 구명환 발사기, 정확성 문제를 해결하기 위한 삼동선 형태의 선체, 안전성 문제를 해결하기 위한 드론 수납공간을 포함한다.

구명환 발사기는 발사, 자세 제어 기능들을 보유하고 있으며, 발사기 휠, 구명환 장전기, 서보 모터 등의 구성요소들을 가진다[3]. 삼동선 형태의 선체는 복원, 놓기, 매달리기, 분리, 서지, 요, 모니터링 기능들을 보유하고 있으며, 삼동선, 그물, 서브헬, 서브헬, 로프, 압, 추진기, 카메라 등의 구성요소들을 가진다. 그리고, 드론 수납공간은 비행, 도킹, 복구 기능들을 보유하고 있으며, 드론, 커버, 스테이션 등의 구성요소들을 가진다.

해당 메커니즘의 유효성을 검증하기 위해 직진성, 회전, 서브헬 안정성 및 스테이션 복구 시험이 수행되었다. 실험 결과들은 개발된 구조로봇 메커니즘이 안정적이면서도 신속한 수상 인명구조가 가능함을 보여준다. 따라서, 해당 메커니즘은 수상 인명구조에 있어서 의미있는 구성요소들을 가지고 있으며, 실제 시스템 적용의 가능성을 가지고 있음을 보여준다.

추후에는 수상 인명구조 시나리오를 기반으로 메커니즘

의 최적화가 진행될 예정이며, 상태 추정기법[17]과 더불어 관련 시나리오별로 요구되는 피드백 제어기법에 대한 연구도 함께 진행할 예정이다.

#### REFERENCES

- [1] H. Jin, J. Zhao, J. Chen, Y. Zhang, and J. Wang, "Study on the construction and application of the water emergency rescue equipment system," *2020 2nd International Conference on Robotics Systems and Vehicle Technology*, pp. 32-38, Dec. 2020.  
doi: <https://doi.org/10.1145/3450292.3450299>
- [2] K. An, J.-S. Jeong, I.-C. Kim, and D.-B. Kim, "The current status of domestic marine salvage industry and measures for its promotion," *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety (in Korean)*, vol. 26, no. 2, pp. 149-155, Apr. 2020.  
doi: <https://doi.org/10.7837/kosomes.2020.26.2.149>
- [3] Y. Kim and H.-S. Kim, "Mechanism Development of Catamaran-type Rescue Robot with Life-saving Ring Launcher," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korean)*, vol. 28, no. 5, pp. 414-419, May 2022.  
doi: <https://doi.org/10.5302/J.ICROS.2022.22.0014>
- [4] Analysis of the status of structural activities in 2022.  
[https://nfa.go.kr/nfa/releaseinformation/statisticalinformation/main/?boardId=bbs\\_0000000000000019&mode=view&cntId=54](https://nfa.go.kr/nfa/releaseinformation/statisticalinformation/main/?boardId=bbs_0000000000000019&mode=view&cntId=54)
- [5] Gahm Design, <http://lifeguard100.com/>.
- [6] R. T. Schofield, "Potential fields navigation of lifeguard assistant robot for mass marine casualty response," PhD Thesis. Texas A&M University, 2018.  
<https://hdl.handle.net/1969.1/166462>
- [7] Hydornalix, <https://www.emilyrobot.com/>.
- [8] M. Lawn, A. Morinaga and I. Yamamoto. "Development of an autonomous surface vessel for use as a drone base station," *Sensors and Materials*, vol. 33, no. 3, pp. 873-881, Mar. 2021.  
doi: <https://doi.org/10.18494/SAM.2021.3192>
- [9] G. Xiang, A. Hardy, M. Rajeh and L. Venuthurupalli, "Design of the life-ring drone delivery system for rip current rescue," *2016 IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium*, pp. 181-186, Apr. 2016.  
doi: [10.1109/SIEDS.2016.7489295](https://doi.org/10.1109/SIEDS.2016.7489295)
- [10] H.-G. Park and H.-S. Kim, "Mechanism development and position control of smart buoy robot," *Journal of Ocean Engineering and Technology (in Korean)*, vol. 35, no. 4, pp. 305-312, Aug. 2021.  
doi: <https://doi.org/10.26748/KSOE.2021.043>
- [11] D.-W. Man and H.-S. Kim, "Mechanism development and heading control of catamaran-type sail drone," *Journal of Ocean Engineering and Technology (in Korean)*, vol. 35, no. 5, pp. 360-368, Oct. 2021.  
doi: <https://doi.org/10.26748/KSOE.2021.062>
- [12] AliExpress, <https://ko.aliexpress.com/>.
- [13] Y. Sa, G. Cho, and H.-S. Kim, "Study on autonomous surface robot based on marine energy harvesting," *ICIC Express Letters. Part B: Applications*, vol. 10, no. 3, pp. 243-249, Mar. 2019.  
<http://www.icicelb.org/ellb/contents/2019/3/elb-10-03-08.pdf>
- [14] D.-W. Man, G. Cho, and H.-S. Kim, "Comparative study on keel effects of catamaran-type sail drone," *ICIC Express Letters, Part B: Applications*, vol. 11, no. 3, pp. 261-266, Mar. 2020.  
<http://www.icicelb.org/ellb/contents/2020/3/elb-11-03-07.pdf>
- [15] Y.-M. Kim, S.-T. Kim, S.-J. Park, H.-A. Tran, and J.-W. Song, "Adaptive navigation algorithm based on vision for special mission drone in unusable GNSS area," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korean)*, vol. 27, no. 10, pp. 784-792, Oct. 2021.  
<https://doi.org/10.5302/J.ICROS.2021.21.0130>
- [16] H.-J. Kim and K.-S. Kim, "Lightweight real-time object tracking based on pixel and GPS for mobile surveillance platform," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korean)*, vol. 27, no. 12, pp. 99 1-999, Dec. 2021.  
<https://doi.org/10.5302/J.ICROS.2021.21.0151>
- [17] J.-S. Choi and J.-K. Lee, "Recurrent neural network for nine-axis IMU-based orientation estimation: 3D orientation estimation performance in disturbed conditions," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korea n)*, vol. 28, no. 12, pp. 1216-1223, Dec. 2022.  
doi: <https://doi.org/10.5302/J.ICROS.2022.22.0127>



김 유 경

2021년 동명대학교 로봇시스템공학과 졸업. 2021년 동 대학원 석사. 2023~현재 동 대학원 박사과정. 관심분야는 지능제어, 로보틱스, 로봇교육.



김 현 식

1994년 부산대학교 전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 석사. 2001년 동 대학원 박사. 1998년~2007년 국방과학연구소 연구원. 2007년~현재 동명대학교 전기제어학부 교수. 관심분야는 지능제어, 로보틱스, 표적처리, 로봇교육.