

수상 인명구조 장비의 기술 동향

해양환경에서의 선박 충돌과 같은 사고에 대한 대응으로서 수상 인명구조의 필요성이 점차 높아지고 있다. 이 문제를 해결하기 위해서 구명환을 투하 또는 발사하거나 구조로봇을 이용해 인간에게 가까이 접근하는 접근법들이 있었다. 그런데, 그들은 안정성, 안전성, 신속성 측면에서 한계를 가지고 있었다. 본 논문에서는 이 문제를 해결하기 위해 제안된 구명환 발사형 인명구조 로봇의 시제작 및 성능검증 사례를 소개하고자 한다.

김유경¹, 김현식² (¹동명대학교 일반대학원 기계시스템공학과, ²동명대학교 기계·로봇공학부)

I. 서 론

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 연구[1]도 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[2]. 특히 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. 이 문제를 해결하기 위해 드론을 이용하여 구명환을 투하(drop)하는 방법, 육상에서 조준하여 구명환을 발사하는 방법, 구조로봇을 이용하여 사람에게 가까이 접근하여 직접 구조하는 방법 등이 존재하였다.

구명환 투하기인 드론[3]은 익수자 구조 위치에 정확하게 구명환을 투하할 수 있는 장점이 존재한다. 그런데, 원거리 다수 익



그림 1. 구명환 투하기.

수자의 경우에는 이동을 위한 별도의 플랫폼이 필요하며, 개별 구조 방식이므로 신속성(rapidity) 측면에서 단점이 존재한다.

구명환 발사기(launcher)인 Life Guard-100[4]은 사용자가 구명환을 장전한 이후에 익수자를 향해 조준 후 구명환을 발사하는 방식인데, 기계의 힘을 이용하여 사거리를 증가시키거나 일정하게 유지할 수 있는 장점이 존재한다. 그런데, 육상에 고정되어 있는 이유로 이동이 불가능하며 구조 범위에 한계가 있으며, 별도의 발사용 구명환이 필요하여 기존의 구명환을 사용하지 못하는 단점이 존재한다.

인명구조 로봇인 EMILY(Emergency Integrated Lifesaving Lanyard)[5,6]는 진수 후 카메라(camera) 기반의 원격조종을 통해 신속하게 이동 및 접근하여 익수자를 구조하는 방식인데, 익수자가 로프(rope) 및 선체에 매달릴 수 있는 장점이 존재한

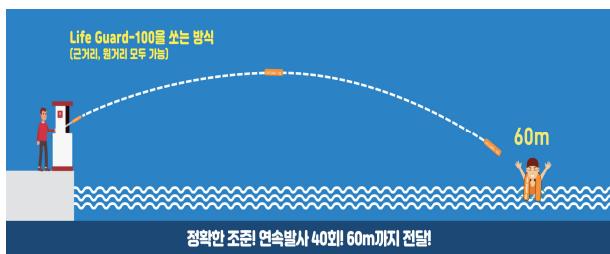


그림 2. 구명환 발사기.



그림 3. 인명구조 로봇.

다. 그런데, 단동선(monohull)의 형상을 가지고 있으므로 조류 및 파도 등의 외란에 취약하며, 익수자를 구조한 상태에서는 이동에 제한이 존재하는 단점이 존재한다.

앞서 언급한 구명환 투하기/발사기 및 인명구조 로봇은 안정성(stability), 안전성(safety) 및 신속성의 측면에서 한계를 가지고 있었다. 본 논문에서는 이 문제를 해결하기 위해 제안된 구명환 발사형 인명구조 로봇의 시제작 및 성능검증 사례를 소개하고자 한다.

II. 구명환 발사형 인명구조 로봇의 시제작

인명구조 로봇의 메커니즘을 개발하기 위해서 그림 4와 같이 운용개념(operation concept)을 우선적으로 정립하였다.

운용개념을 기반으로 3D 모델링 CATIA (Computer Aided Three dimensional Interactive Application)를 이용하여 설계를

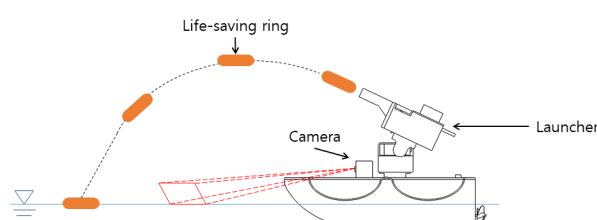


그림 4. 구명환 발사형 인명구조 로봇의 운용개념도.

진행하였다[7,8]. 로봇의 선체는 이동시에 안정성을 확보하기 위한 쌍동선(catamaran)의 형상을 가지고 있으며 구조가 필요한 사람의 존재 및 위치를 확인하기 위한 카메라를 로봇의 앞 부분에 장착하고 있다. 구조가 필요한 사람이 존재 시 신속하게 구명환을 전달하기 위해서 구명환 발사기를 보유하고 있다.

인명구조 로봇의 메커니즘 개발에 있어서는 구명환을 투하 또는 발사하거나 인명구조 로봇을 이용하여 사람에게 가까이 접근하는 방법들을 결합하는데 목표를 두었다. 특징적인 것은, 로봇 위치를 기준으로 근거리 익수자의 경우에는 로봇의 양쪽 선체에 부착된 로프를 이용할 수 있게 하였고, 로봇 위치를 기준으로 원거리 익수자 또는 다수 익수자인 경우에는 로봇의 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. 쌍동선 형상을 갖는 로봇의 선체에는 이동을 위한 2개의 추진기(thrusters)가 있으며, 전방부를 관찰하기 위한 1개의 카메라가 있으며, 다수 익수자가 매달릴 4개의 로프 및 2명의 익수자가 탑승 가능한 1개의 갑판(deck)이 있다. 갑판 상부의 발사는 구명환의 발사력을 생성하기 위한 2개의 발사기 훨(launcher wheels), 구명환을 발사기 바퀴에 접촉할 수 있도록 도와주는 구명환 장전기(ring loader), 발사기의 방위각 및 고도 제어를 위한 2개의 서보 모터(servo motors)로 구성되어 있다.

인명구조 로봇의 메커니즘 개발의 방법론으로서 체계적인 접근을 위해서 요구사항(requirement) 분석, 기능(function) 분석, 설계.design), 제작(manufacturing) 과정을 추적성 있게 적용하였다. 요구사항 분석 과정에서는 5개의 요구사항인 안정성(stability), 안전성(safety), 이동성(mobility), 관측성(observability), 신속성(rapidity)을 도출하였고, 기능 분석 과정에서는 8개의 기능인 복원(restoring) 기능, 눕기(lying) 기능, 매달리기(hanging) 기능, 서지(surge) 기능, 요(yaw) 기능, 관찰(monitoring) 기능, 발사(launching) 기능, 자세 제어(attitude control) 기능을 도출하였다. 그리고, 설계 과정에서는 9개의 하드웨어 구성품인 쌍동선, 갑판, 로프, 추진기, 카메라, 발사기, 발사기 바퀴, 구명환 장전기, 서보 모터를 도출하였다.

마지막으로, 제작 과정에서는 제작 및 실험의 편의를 위하여 축소 모델로 제작하였다. 3D 모델링을 기반으로 3D 프린터를 이용하여 제작하였으며, 선체 덮개부는 아크릴을 이용하여 제작하였다. 선체 덮개의 색상은 EMILY와 유사하게 하여 수상에서 식별력을 높일 수 있도록 하였다.



그림 5. 구명환 발사형 인명구조 로봇의 시험평가 수행.

III. 구명환 발사형 인명구조 로봇의 성능검증

인명구조 로봇의 제어시스템 구성과 관련하여, 제어기는 Arduino Mega를 사용하였고 블루투스 통신기는 HC-06을 사용하였으며, DC모터 드라이브는 L9110s를 사용하였다. 그리고, 추진기는 모터/프로펠러 제품[9]을 사용하였다. 신호의 형태는 아날로그 및 디지털의 2종류가 존재한다.

인명구조 로봇의 메커니즘 검증을 위해서 시험평가를 실시하였는데, 수상선 기반의 로봇인 점을 감안하여 가장 필수적인 시험평가 항목으로서 직진성(straightness)[10,11] 및 발사(launching) 항목을 선정하였다. 직진성 항목은 선체의 최적화된 설계로 직진성 유지가 가능함을 확인하기 위한 항목이고, 발사 항목은 발사기 각도 조절을 통한 구명환의 위치 조절 능력을 확인하기 위한 항목이다.

그림 5는 발사 항목의 수행 모습을 나타낸 것인데, 실내 실험수조를 포함하는 실험환경이므로 객체 좌표정보를 획득하는 방법[12,13] 중에서 영상 정보만을 활용하는 방법을 적용하여 GPS 대용으로 Host-PC에 연결된 카메라를 이용하여 영상좌표값을 받아 위치를 확보하도록 하였다. 로봇의 정면에 장착된 카메라를 활용한 원격구조 시에 필요한 부채꼴 형상의 구조 영역(rescue area)을 구현하기 위한 별도의 치구도 제작하였다. 이 치구는 구조 위치(rescue position) P1, P2, P3, P4, P5, P6에 구명환을 차례로 발사해야 함을 나타낸다. 구조로봇 시제품은 축소 모델이므로 실험에 사용된 구명환도 3D 모델링을 기반으로 3D 프린터를 이용하여 축소 모델로 제작하였다.

그림 6은 발사 항목의 수행 결과로서 발사 성능을 나타내는데, 이 결과들은 영상처리 오차를 포함하고 있으며, 구조로봇

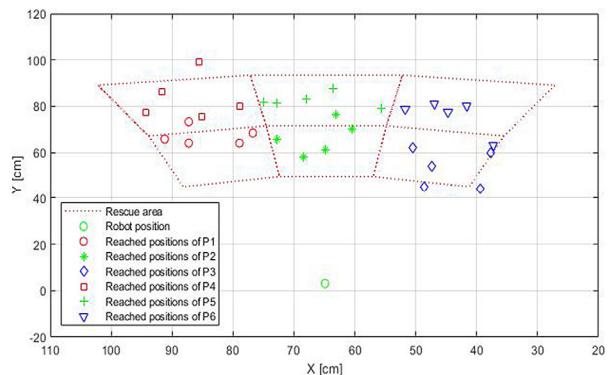


그림 6. 구명환 발사형 인명구조 로봇의 발사 성능.

의 정면 시점을 기준으로 도시하였다. 이 결과는 개발된 로봇에 의한 구명환의 도달위치는 발사기 휠의 회전속도, 발사기의 방위각, 발사기의 고도각에 의해 제어가 가능함을 보여 준다. 해당 실험을 위해서 구조 위치 P1, P2, P3의 경우에는 방위각은 각각 80 deg, 90 deg, 100 deg를 유지하였고, 고도각은 10 deg를 유지하였다. 그리고, 구조 위치 P4, P5, P6의 경우에는 방위각은 각각 80 deg, 90 deg, 100 deg를 유지하였고, 고도각은 30 deg를 유지하였다. 그림의 점선은 구조 영역으로서 구조 영역의 경계면을 나타내며, 기호들은 인명구조 로봇의 위치 및 구조 위치별 구명환의 도달위치들을 나타낸다. 동일한 구조 위치에 대해서 발사 횟수를 늘리는 것이 바람직하지만 현실적으로 발사기가 한 번에 장전할 수 있는 구명환 수량을 고려하여 각각 5번씩 발사를 수행하였다. 평균적으로 0.8의 구명환 발사 성공 확률을 가짐을 확인할 수 있다.

직진성 항목의 수행 결과는 개발된 로봇이 선체의 최적화된 설계로 인하여 직진성 유지가 가능함을 보여주었는데, 이로 인하여 개발된 로봇은 별도의 폐루프(closed loop) 제어를 고려하지 않아도 직진성을 유지할 수 있으므로 다양한 제어 성능을 기대할 수 있다.

앞서 언급한 결과들을 통해서 개발된 로봇은 안정적이면서도 신속한 수상 인명구조를 위해 쌍동선, 추진기, 발사기(구명환 장전기, 서보 모터, 발사기 휠) 등의 의미있는 메커니즘 구성요소들을 가지고 있음을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 수상 인명구조에 있어서 기존의 구조장비가 갖는 안정성, 안전성 및 신속성 문제를 모두 해결하기 위해 제안된 구명환 발사형 인명구조 로봇의 시제작 및 성능검증 사례를 소개하였다.

소개된 인명구조 로봇의 메커니즘[14]은 안정성 및 안전성 문제를 해결하기 위해 구명 보조기구를 갖는 쌍동선 형태의 선체 및 신속성 문제를 해결하기 위한 구명환 발사기를 포함한다. 쌍동선 형태의 선체는 복원, 눕기, 매달리기, 서지, 요, 관찰 기능들을 보유하고 있으며, 쌍동선, 갑판, 로프, 카메라 등의 구성요소들을 가지며, 구명환 발사기는 발사, 자세 제어 기능들을 보유하고 있으며, 발사기 휠, 구명환 장전기, 서보 모터 등의 구성요소들을 가진다. 해당 메커니즘이 유효성을 검증하기 위해 직진 및 발사 시험이 수행되었다. 실험 결과들은 소개된 인명구조 로봇의 메커니즘이 안정적이면서도 신속한 수상 인명구조에 가능함을 보여준다. 따라서, 해당 메커니즘은 수상 인명구조에 있어서 의미있는 구성요소들을 가지고 있으며, 실제 시스템 적용의 가능성을 가지고 있음을 보여준다.

추후에는 자율제어 기능을 확보하기 위해서 추가적인 메커니즘 구성요소의 도출이 필요하며, 관련 제어기법에 대한 연구도 함께 진행되어야 한다.

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.
- [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.
- [3] 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.
- [4] Gahm Design, <http://lifeguard100.com/>
- [5] R. T. Schofield, "Potential fields navigation of lifeguard assistant robot for mass marine casualty response," PhD Thesis. Texas A&M University, 2018.
- [6] Hydornalix, <https://www.emilyrobot.com/>.
- [7] H.-G. Park and 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.
- [8] 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, Oct. 2021.
- [9] AliExpress, <https://ko.aliexpress.com/>
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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. 991-999, Dec. 2021.
- [14] Y.G. 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.

저자약력

김 유 겸



- 2021년 동명대학교 로봇시스템공학과 졸업.
- 2021년~현재 동 대학원 석사과정.
- 관심분야는 지능제어, 로보틱스, 해양로봇교육.

김 현 식



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