저서성 해양생물 포획용 수중로봇 플랫폼의 개념설계

Conceptual Design of Underwater Robotic Platform to Capture Benthic Marine Organisms

*이석우 [1], 진상록 [1], 김종원 [1], #서태원 [2]

*S.W. Lee[1], S.R. Jin[1], J. Kim, #T. Seo(taewon_seo@yu.ac.kr)[2]

[1]서울대학교 기계항공공학부, [2]영남대학교 기계공학부

Key words : ROV, Underwater Robot, capture starfish, conceptual design

1. 서론

불가사리는 국제 연합(UN)과 국제 해사 기구(IMO)에서 세계적으로 유해한 10 가지 생물 중에 하나로 선정할 정도로 전세계적으로 불가사리에 의한 피해가 심각하다 [1]. 한국의 남해안의 경우 지형적 특성으로 많은 조개류 양식장이 있기 때문에 불가사리에 의한 피해가 심각하다. 아무르 불가사리는 이 지역의 조개를 매년 3,000 톤 이상을 섭취하며 이는 전체 생산량의 30%에 달한다. 지방자치단체들은 불가사리를 제거하기 위해 배와 저인망을 이용하거나 직접 다이버가 불가사리를 잡는 방법을 사용하는데 저인망을 사용하는 경우 불가사리만을 선별하여 잡는 것이 아니라 해저를 모두 쓸어버리기 때문에 생태계 파괴의 우려가 있다. 다이버가 직접 잡는 경우에는 위험할 뿐만 아니라 잠수 횟수나 잠수 시 포획량의 제한으로 효율성이 떨어진다.

이렇게 인간이 일을 하기 위험하거나 어려운 일의 경우 그 역할을 필드 로봇이 대신 해줄 수 있다. 하지만 기존의 많은 ROV (Remotely Operated Vehicle)의 경우에는 단순히 탐사를 목적으로 한다. 따라서, 본 연구에서는 실용성이 있는 작업이 가능한 소형 로봇을 개발하는 것을 목적으로 한다. 개념설계를 통해 모듈화 형식의 설계안이 제시된다.

2. 문제 정의

2.1 작업 환경

로봇의 주 작업 공간은 어패류 양식장이 많은 한국의 남해안이다. 남해안의 유속은 평균적으로 1 knot(0.5 m/s) 이고 물 속에서의 가시거리는 2.5 m 이다 [2]. 대부분의 불가사리는 수심 30 m 이내에 분포하며 스스로 유영하는 능력이 매우 적어 해류를 이용하여 이동하기 때문에 먹이 근처에서 집단적으로 분포한다. 서해의 경우 대부분의 바닥이 뻘 지형이고 동해는 암초가 많은데 비해 남해안의 경우에는 평지 지형이 많아 양식을 하는데 적합한 환경이다.

2.2 요구 조건

불가사리는 먹이가 많은 양식장 및 그 주변에 많이 분포되어 있기 때문에 로봇은 양식장 안을 자유롭게 드나 들 수 있어야 한다. 따라서, 로봇의 크기는 500 mm X 1000 mm X 500 mm 로 제한된다.

로봇을 별도 장치 없이 사용하기 위해서는 최대 30 kg 의 무게를 넘길 수 없으며, 중성부력을 사용한다. 수중에서는 다이버의 1 회 평균 불가사리 채집량인 10 kg 이상의 하중을 버텨야 하며, 최대 하중에서 1 knot (0.5m/s)를 버티며 최고 3 knot(1.5m/s)의 속도를 내야 한다.

3. 개념 설계 및 분석

Fig. 1 과 Fig. 2 에서 보이는 바와 같이 이 로봇의 특징은 4 개의 추력기로 6 자유도를 구현해 낸다는 것이다. 이는 각각의 추력기 자체가 또 다른 액추에이터를 이용하여 회전을 하기 때문이다. 이때, 회전 방향과 각도(90°)를 고정하여 조종을 쉽게 하도록 하였으며 이는, 추력기가 정방향과 역방향으로 모두 힘을 낼 수 있기 때문에 가능하다.

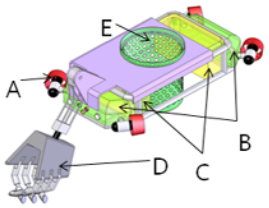

Fig. 1 Conceptual design of underwater robot to capture starfish: A: rotating thruster, B: mechanical box, C: buoyancy box, D: manipulator, E: storage.

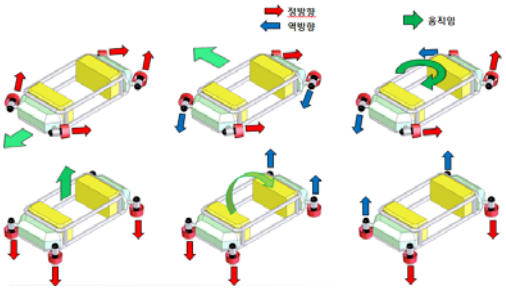

Fig . 2 6-dof motion of design concept.

6 자유도를 구현해 내기 때문에 해류에 대해서 수중정지가 가능하며 작업을 할 때 추력기 제어를 통해 작업 중 생기게 되는 반력 등을 조절할 수 있다.

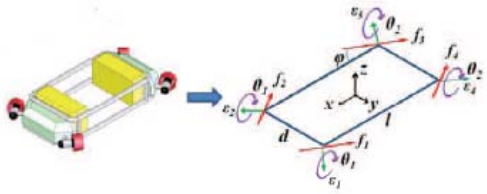

Fig. 3 Dynamic model of conceptual design.

3.1 동역학 모델

동역학 모델은 Fig. 3 의 모습과 같다. 정확한 식은 다음과 같다.

$$F = \begin{bmatrix} ((f_1+f_2)\cos\theta_1 + (f_3+f_4)\cos\theta_2)\cos\varphi \\ ((f_1-f_2)\cos\theta_1 + (f_3+f_4)\cos\theta_2)\sin\varphi \\ (f_1+f_2)\cos\theta_1 + (f_3+f_4)\sin\theta_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\mathrm{M} = \begin{bmatrix} \frac{d}{2}((f_1-f_2)\sin\theta_1 - (f_3-f_4)\sin\theta_2) \\ \frac{l}{2}(-(f_1+f_2)\sin\theta_2 + (f_3+f_4)\sin\theta_2) \\ \left(\frac{l}{2}\sin\varphi + \frac{d}{2}\cos\varphi\right)(((f_1-f_2)\cos\theta_1 - (f_3-f_4)\cos\theta_2) \end{bmatrix} (2)$$

로봇은 x, y, z 세 방향으로 이동이 가능하며 Fig. 3 에서 보여지는 바와 같이 f_i는 각 추력기에서의 힘을 의미하고 θ_i ($0^\circ < \theta_i < 90^\circ$)는 추력기의 회전 각도를 의미한다.

3.2 항력 분석

수중로봇을 설계함에 있어서 항력의 계산은 매우 중요하다. 항력은 로봇을 제어함에 있어 주요한 외력이 되고, 추력기의 힘을 결정하는 데 있어서 중요한 척도가 된다. 항력은 ANSYS 를 이용하여 계산하였으며, 1 knot 의 해류를 3 knot 의 속도로 거슬러 올라갈 때를 가장하였다. 계산 결과 전진 방향의 항력은 116.26 N, 상승방향의 항력은 167.64 N 임을 알아냈고, 이로부터 추력기에 의한 합력이 최소 167.64 N 을 넘어야 함을 알 수 있다.

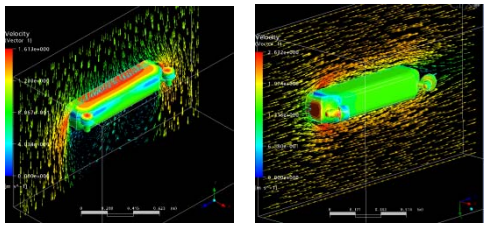

Fig. 4 Drag force analysis.

4. 결론

본 연구에서는 해양생물 포획용 수중 로봇의 개념설계를 제시하였다. 6 자유도 운항부를 기본으로 동역학 모델 및 항력을 계산하였다. 이 운항부에 단시간 내에 가장 효율적으로 불가사리를 잡을 수 있는 작업부를 디자인하여 모듈형식의 로봇을 완성하려 한다.

후기

본 연구는 BK 사업단의 후원을 받아 진행되었다.

참고문헌

[1] Y. Lee. (2009, July). Starfishes of Japan. *News article of Chonnam News, In Korea*. [Online]. Available: http://www.jnilbo.com/

[2] *Monthly report on marine environments of Tongyeong*, Tongyeong city hall, Korea, January-July 2009.