

## 수중 로봇의 추력에 관한 연구

윤동원\*, 경진호\*, 박찬훈\*, 유이준\*, 김명혁\*\*  
한국기계연구원\*, 충남대\*\*

### Study on the thrust of underwater robot

Dongwon Yun\*, Jinho Kyung\*, Chahun Park\*, Yijun Yu\*, Myeonghyeok Kim\*\*  
Korea Institute of Machinery & Materials\*, Chungnam National University\*\*

**Abstract** - 본 논문에서는 수중 로봇의 추진에 대한 연구를 수행하였다. 특히, 물고기 꼬리 형태의 추진기에 대한 연구를 수행하였으며, 지느러미의 형태에 따라 발생하는 추진력의 특성에 대해서 실험을 통하여 살펴보았다. 실험 결과, 같은 동력이 가해지더라도, 추진체의 형상이 달라지면 발생하는 추력에도 차이가 남을 알 수 있었다.

#### 1. 서 론

최근 들어 수중 로봇에 대한 관심이 날로 증가하고 있다. 수중 로봇은 수중 환경관리, 관상용, 어장 관리, 군사용 관측 및 첩보 등 여러 목적으로 개발 중이며, 특히, 최근들어 물고기 로봇의 형태를 본 딴 물고기 로봇에 대한 관심이 나날이 증가하고 있다. 물고기 로봇은 자연모사 로봇의 일종으로 수백만년 동안 진화되어 온 물고기의 형상과 영법을 모사하므로써, 보다 성능이 좋은 수중 로봇 및 추진체를 제작하고자 하는 바람과 함께 연구가 진행되고 있다. 여러 가지 센서와 액추에이터를 이용하여 실제의 물고기와 유사한 행동을 할 수 있으며, 여러 센서들을 통하여 수중 환경의 다양한 정보들을 측정 할 수 있다. 이와 같이 수집된 정보를 바탕으로, 주어진 임무를 완수하기 위하여, 다양한 방식의 액추에이터를 이용하여 수중에서 운동을 하게 된다. 물고기 로봇에 대한 연구는 2000년도에 들어서면서 많이 이루어지고 있으며, 주로 물고기의 운동 모사, 수중 자세제어, 위치인식 등이 주를 이루고 있다 [1],[2].

물고기 로봇을 설계하는데 있어서 가장 중요한 연구분야 중의 하나는 물고기 로봇의 추진력을 발생시키는 물고기 지느러미를 분석하는 연구이다. 물고기는 움직임을 만들기 위해서 지느러미와 몸통을 이용하여 물속에서 추진력을 발생시킨다. 물고기의 운동을 생물학적으로 분석해보면, 그 유영의 형태에 따라 Anguilliform, Subcarangiform, Carangiform, Thunniform, Ostraciiform 등의 형태로 나눌 수 있다. 이러한 다양한 형태의 물고기 유영방식이 존재하지만, 공통적으로 추진력 생성을 위해서 지느러미를 사용한다[3].

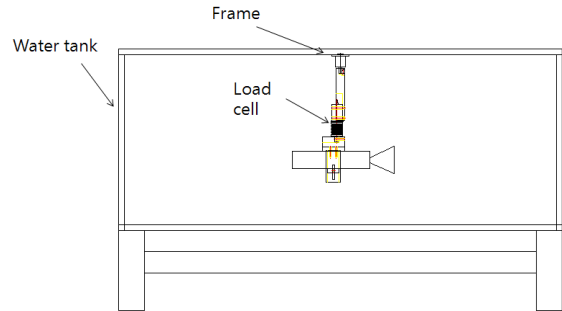
물고기 운동을 모사 및 해석하기 위하여 여러 연구들이 수행되어져 왔으나, 가장 널리 인용되고, 대표적인 물고기 추진 해석 방법은 "Simplified method"이다. 이는 물고기의 지느러미 또는 몸통의 움직임에 의해서 물이 움직이고, 이때 운동량 보존 법칙에 의해 밀려나는 물에 의해 물고기에 추력이 발생한다는 이론으로써, 현재까지 대부분의 물고기 로봇 연구에서 사용되고 있는 방법이다. "Simplified method"를 이용하면 물고기의 추력을 효과적이고 빠르게 구할 수 있으므로, 물고기 로봇을 설계 및 해석시에 유용하다.

본 연구에서는 지느러미의 형상에 따른 추진특성을 알아보고자 몇 가지 형태의 지느러미에 대한 유영실험을 수행하기로 하였다.

#### 2. 본 론

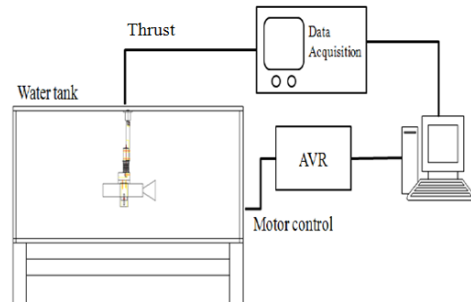
본 절에서는 수중 로봇 추진성능 실험을 위한 실험장치에 대해서 기술하고자 한다. 수중 로봇에서 가장 중요한 측정치는 수중에서 유영시 발생하는 추력에 관한 것이다. 따라서, 수중 로봇이 발생하는 추진력(thrust)을 측정하기 위해서 수조 내에 로드셀을 설치하고 추력에 대한 실험을 하기로 하였다. 그림.1에 수중 로봇 측정실험장치의 도면을 보여주고 있다.

수조의 크기는 가로 \*세로 = 1.5m\*1.5m이며, 로드셀 등 센서를 거치하기 위한 프레임이 수조의 상부에 가로질러 설치되었다. 그리고, 센서 부착구를 사용하여 로드셀 등 수중로봇의 성능을 측정할 수 있는 센서를 부착하였으며, 그 끝에 수중로봇을 장착할 수 있도록 하였다.



〈그림 1〉 수중 로봇 추진 실험장치

수중로봇에서 발생하는 추진력을 측정하기 위하여 로드셀을 사용하기로 하였다. 실험의 전체적인 구성이 그림. 2에 나타나 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 측정 지그에 부착된 수중 로봇 또는 수중 로봇용 구동기는 AVR과 같은 마이크로 컨트롤러에 의해 구동 및 제어 되게 되고, 이때 발생하는 추진력은 로드셀을 통하여 측정하게 된다. 그리고, 로드셀의 측정값을 DAQ 보드를 통해 PC로 수집한 후 저장 및 후처리를 할 수 있도록 하였다. 여기서 마이크로 컨트롤러는 Atmega 128을 사용하였으며, 데이터 수집은 Natioanl Instrument사의 CompacDAQ를 사용하였다.

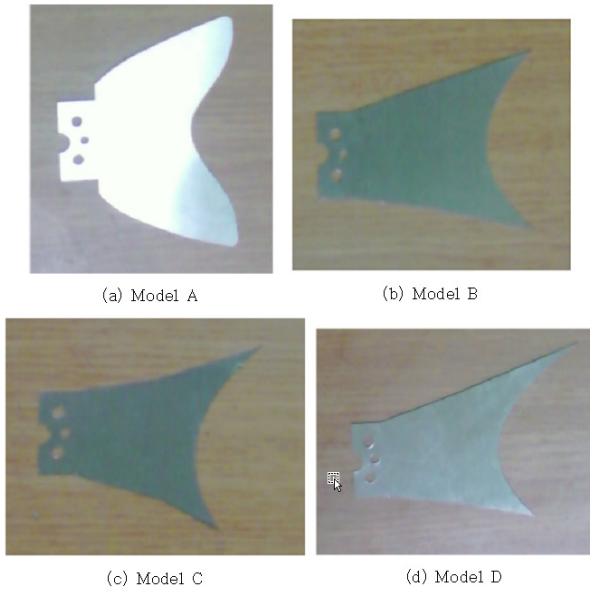


〈그림 2〉 실험 장치의 구성

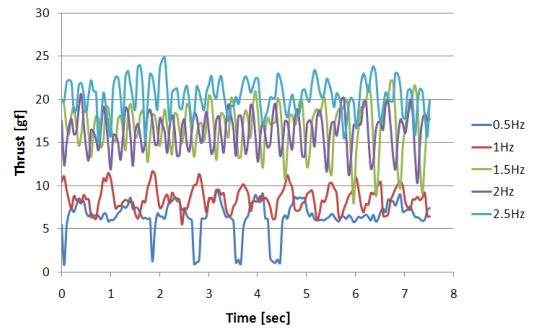
다음으로 준비된 수중 로봇 실험장치를 사용하여 수중 추진에 대한 기초 실험을 수행해 보기로 하였다. 이를 위하여 4 가지 형상의 꼬리지느러미에 대해서 각각 수중에서 동작시 발생하는 추진력을 측정 및 분석해보기로 하였다. 두께 0.5mm 인 steel 판을 이용하여 각각의 꼬리지느러미를 제작하였다. 그림. 3에 실제로 제작된 꼬리지느러미의 형상을 보여주고 있다.

그림. 4에 각 꼬리지느러미에 대한 주파수에 따른 추진력의 실험결과를 보여주고 있다. 이때, 실험은 구동 주파수를 0.5~2.5Hz 까지의 범위에서 0.5Hz 간격으로 측정하였으며, 꼬리 지느러미의 각변위는 26도로 고정하였다. 그림에서 알 수 있듯이 4가지 모델 모두 최대 20g 정도의 추진력이 발생함을 알 수 있었다. 각각의 꼬리지느러미에 따른 추진력 차이를 좀더 면밀히분석하고자 주파수에 따른 추진력의 평균값을 구해보았으며, 그림. 5에 도시하였다. 그림. 5에서 알 수 있듯이, 각 꼬리지느러미의 형상에 따라 추진력의 주파수 특성이 다르다는 것을 알 수 있다. 저주파인 1Hz 부근에서는 Model A와 Model B가 큰 추진력을 발생시키는 반면, 2Hz에서는 Model A가 가장 큰 추진력이 발생하고, Model B와

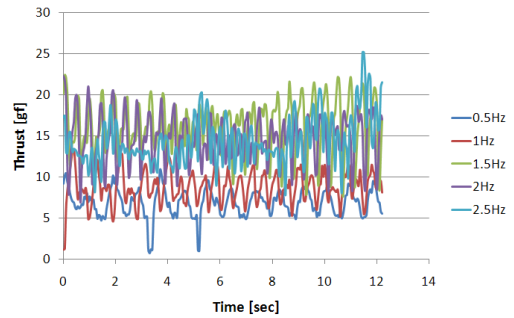
C는 유사한 성능을 보임을 알 수 있었다. 주어진 조건에서는 Model A가 전반적으로 가장 큰 추진력을 발생시키고 있으며, Model D의 성능이 가장 나쁨을 알 수 있다.



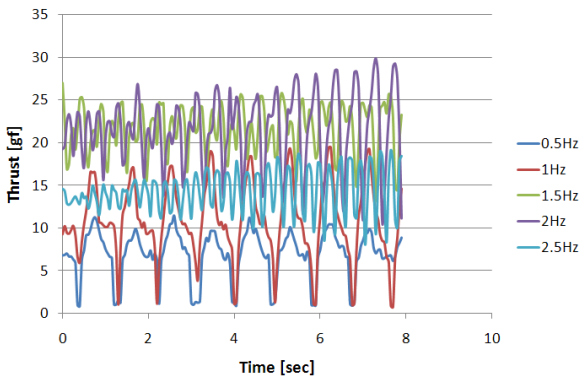
<그림 3> 실험 장치의 구성



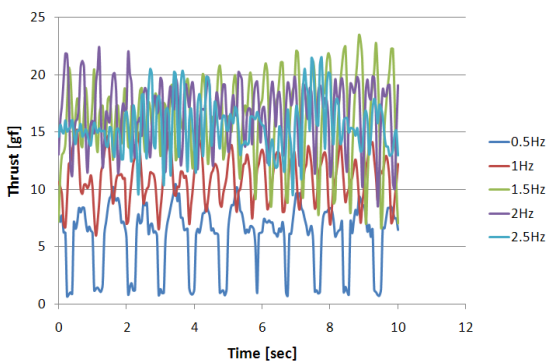
(c) Model C



(d) Model D

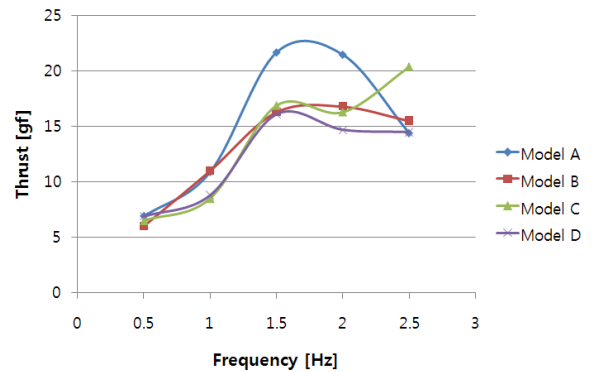


(a) Model A



(b) Model B

<그림 4> 각 꼬리지느러미에 대한 추진력 실험결과



<그림 5> 주파수에 따른 추진력의 평균값

### 3. 결 론

본 논문에서는 물고기 꼬리 형태의 수중 로봇 추진체에 대한 실험을 수행하였다. 4가지 각기 다른 형태의 추진체에 대해서 수중 유영실험을 통하여 추진력을 측정하여 비교해 보았다. 추진력의 특성 면에서는 평판형태인 Model A가 가장 큰 추진력을 나타냄을 알 수 있었으며, 꼬리 지느러미의 형상에 따라 다양한 추진 특성이 있음을 알 수 있었다. 또한, 주파수에 따라서는 추진력 발생 양상이 다양함을 알 수 있었다.

### [참 고 문 헌]

[1] Junzhi Yu, Shuo Wang, and Min Tan, "A simplified propulsive model of bio-mimetic robot fish and its application", Robotica vol. 23, pp. 101-107, 2005  
 [2] Chao Zhou, Min Tan, Nong Gu, Zhiqiang Cao, Shuo Wang, and Long Wang, 2008, "The design and implementation of a Biomimetic robot fish", Int. journal of advanced robotic system, vol. 5, No. 2, pp. 185-192  
 [3] Lindsey, "Form, function, and locomotory habits in fish.", Fish physiology, vol. 7, pp1-100, 1978