

회전하는 추진기 모델을 위한 실험 설계

Design of Experimental Analysis for Rotating Thruster Model

*김지훈¹, 이석우¹, 진상록¹, 김종원¹, #서태원²

*J.H. Kim¹, S.W. Lee¹, S.R. Jin¹, J. Kim, #T. Seo(taewon_seo@yu.ac.kr)²

¹서울대학교 기계항공공학부, ²영남대학교 기계공학부

Key words : ROV, Underwater Robot, Rotating Thruster, Experimental Analysis

1. 서론

수중 프로펠러 추진기는 입력에 대해 비선형성을 갖는 성질 때문에 다양한 기법을 통해 모델링을 한다. Healey et al.[1]은 모터의 역학 모델과 프로펠러의 유체력을 이용하여 축류 속도와 프로펠러 회전 속도로 이루어진 비선형 모델을 제시하였고, Bachmayer et al.[2]는 추진기의 축류와 회류를 동시에 고려하여 해석을 수행하였다. Kim et al.[3]은 추진기 주위 유동을 측정하여 보다 실험값에 가까운 추진기 모델을 도출했다.

아래 Fig. 1 과 같이 회전하는 추진기를 갖는 로봇을 제어하기 위해서는, 이러한 회전의 영향을 고려한 모델링이 필요한데 이러한 선행연구는 진행된 바가 없다. 서보모터가 추진기를 회전시키고, 동시에 추진기가 작동하고 있을 때, 로봇에 미치게 될 영향은 비선형적이고 복잡하여 예측하기 쉽지 않다. 따라서 이렇게 회전하는 추진기가 로봇 본체에 미치게 될 영향을 실험적으로 추론하여 구하려 한다.

2. 수중 운항 플랫폼

Figure 1 과 같은 크기 755 X 350 X 280 mm³, 질량 57.1kg 의 수중 운항 플랫폼을 개발하였다. 옆면의 각 모서리에 추진기가 하나씩 배치되어 있고, 이는 회전축에 고정되어 서보모터에 의해 최대 ±90°의 회전이 가능하다. 네 개의 추진기의 추력을 각각 제어할 수 있고, 축을 중심으로 회전할 수 있지만, 앞의 두 추진기와 뒤의 두 추진기가 각각 하나의 모터에 의해 구동되므로 총 6의 자유도를 갖는다.

그러나 로봇의 질량 57.1kg 에 비해 추진기의



Fig. 1 Hovering underwater robot platform.

최대추력 21.6N 이 적지 않으므로, 로봇 운항 중 추진기의 회전에 의한 영향을 무시할 수 없고, 이에 추진기의 회전이 로봇에 미치는 영향을 분석하는 실험을 아래와 같이 설계하였다.

3. 실험장치 설계

먼저 로봇에서 추진기가 회전하는 상황을 재현하기 위하여 프로펠러를 원하는 속도로 작동시킬 수 있는 제어장치와 추진기를 원하는 각속도, 각가속도로 회전시킬 수 있는 액추에이터를 구성해야 한다. 또한 실험의 결과값이 되는, 추진기의 추력과 회전에 의한

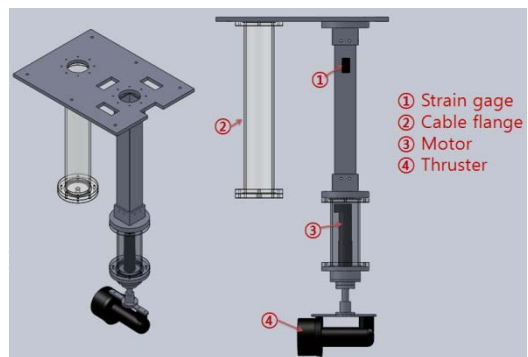


Fig. 2 Schematics of experimental apparatus

반작용으로 나타나는 힘과 모멘트를 측정할 수 있어야 한다. 이에 최종적으로 설계한 실험장치의 모습은 위의 Fig. 2와 같다.

추진기는 로봇에서와 같은 Seabotix의 BTD150을 사용하고, 그 입력전압은 PWM으로 제어한다. 추진기를 회전시키는 모터는 역시 로봇에서와 같이 MAXON의 EC-max30을 사용한다. 또한 본 실험에서는 한 방향의 힘만을 구하는 것이 아니라, 추진기의 회전에 따른 2차원의 힘과 모멘트를 동시에 구하므로, 이들을 구하기 위해 rosette 스트레인 게이지를 부착한다.

4. 실험의 계획

최종적으로 얻고자 하는 바는 프로펠러의 회전속도와 추진기의 회전이 로봇에 미치는 영향이다. 이를 다음과 같은 세 가지 단계로 나누어서 실험을 수행한다.

4.1. 입력전압에 따른 프로펠러 회전속도

최종적으로 구하고자 하는 2차원 힘과 모멘트는 프로펠러의 회전속도에 큰 영향을 받는다. 프로펠러의 회전속도에 의한 힘과 모멘트의 변화를 구하기에 앞서, 추진기에 가해지는 입력전압에 따른 프로펠러 회전속도의 변화를 구해야 한다. 입력전압을 PWM 제어하여, 일정하게 증가하는 전압을 가해보며 타코미터를 이용하여 프로펠러 회전속도의 변화를 관찰하고, 그 관계를 알아본다.

4.2. 프로펠러 회전속도에 따른 힘

추진기의 회전에 앞서 추진기가 회전하지 않는 상황에서, 프로펠러의 회전속도에 따른 힘의 크기를 먼저 알아본다. Fig. 2에서 ①의 적정한 위치에 스트레인 게이지를 부착하여 한 점에서의 스트레인을 측정한다. 측정된 스트레인 값에서 추진력을 역산하는 방법은, 한 끝이 고정된 외팔보의 다른 끝에 집중하중이 작용하는 경우를 응용한다. 역시 프로펠러의 회전속도를 일정하게 증가시켜가며, 이에 따른 스트레인 값을 이용하여 추진력의 크기를 구한다.

4.3. 프로펠러 회전속도와 추진기의 회전에 따른 2차원 힘과 모멘트

추진기의 회전에 의해 추진력의 방향이 변화

하면서, 로봇에 미치는 영향은 4.2.에서와 같이 한 방향의 힘이 아니라, 2차원의 힘과 모멘트로 나타내어진다. Kim et al.은 프로펠러의 회전에 비스듬한 방향으로 주변의 유동이 존재하는 상황을 모델링하였지만, 본 로봇의 추진기는 주변유동과 추진기의 각이 시간에 따라 계속 변화하고 그 동안 주변 유동은 정상상태에 도달하지 않으므로, Kim et al.의 결과보다 더욱 동적인 모델링이 필요하다.

이에 추진기의 각을 일정한 속도로, 또는 일정한 가속도로 PWM 제어를 통해 변화시키면서, 이에 따라 나타나는 스트레인 게이지 값들을 이용하여 2차원 힘과 모멘트의 변화를 계산하고 해석한다. 그리고 프로펠러의 회전속도를 여러 값으로 변화시키면서, 실험을 반복한다.

5. 결론

본 연구에서는 수중로봇에서 추진기가 회전함에 따라 로봇에 미치는 힘과 모멘트를 해석하기 위하여, 필요한 실험장치를 설계하고, 이를 얻기 위한 실험방법을 설계하였다.

후기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0009596).

참고문헌

1. A. J. Healey, S. M. Rock, S. Cody, D. Miles, and J. P. Brown, "Toward and Improved Understanding of Thruster Dynamics for Underwater Vehicles," *IEEE J. Oceanic Eng.*, Vol. 20, No. 4, pp. 354-361, 1995.
2. R. Bachmayer, L. L. Whitecomb, and M. A. Grosenbaugh, "An Accurate Four-Quadrant Nonlinear Dynamical Model for Marine Thrusters: Theory and Experimental Validation," *IEEE J. Oceanic Eng.*, Vol. 25, No. 1, pp. 354-361, 1995.
3. J. Kim, J. Han, W. K. Chung, and J. Yuh, "Accurate Thruster Modeling with Non-Parallel Ambient Flow for Underwater Vehicles," *Ocean Engineering*, Vol. 33, pp. 566-586, 2006.