

CPMC의 이미지 추적장치를 이용한 수중운동체의 위치 추적

김영식* · 전봉환* · 최종수* · 김진하* · 홍석원*

*한국해양연구원 해양시스템안전연구소

A Position Tracking of Underwater Moving Target using Image Tracking System of CPMC

YOUNG-SHIK KIM*, BONG-HUAN JUN*, JONG-SU CHOI*, JIN-HA KIM* AND SEOK-WON HONG*

*Maritime and Ocean Engineering Research Institute, KORDI, Daejeon, Korea

KEY WORDS: Position Tracking 위치 추적, Underwater moving target 수중 운동체, AUV(Autonomous Underwater Vehicle) 자동 무인 잠수정, Image tracking system 이미지 추적장치, Tank-test 수조시험

ABSTRACT: An underwater moving target position tracking system using image tracking system of CPMC is developed to use in a test basin. Generally the performance tests of Autonomous Underwater Vehicles(AUVs) are conducted in the sea. Some efforts to perform the test in a test basin are exist, because the real sea tests need much time and manpower. And also the real sea tests are high cost. There is a restriction to acquire the position of AUVs using sonar sensor system in the test tank, because many sound reflecters are exist in a test basin. In this paper a position tracking system for underwater moving target developed to break though this restriction. A Tank-test is conducted to examine the performance of the position tracking system.

1. 서 론

최근 인류가 직면한 자원고갈 문제의 실마리를 심해에서 찾고자 하는 노력이 계속되어지면서 심해 연구를 위한 다양한 첨단 탐사 장비의 필요성이 증대되고 있다. 일반적으로 심해 탐사는 모선이 케이블에 연결된 탐사 장비를 수중에서 견인하며 탐사하는 수중 견인 탐사 방식과 유/무인 잠수정을 이용해 탐사하는 직접 탐사 방식으로 이루어진다. 초기 심해 탐사에서는 넓은 탐사 범위와 저렴한 탐사 비용 등의 장점이 있는 수중 견인 탐사 방식을 취한다. 그러나 수중 견인 탐사 방식이 정밀도가 떨어지기 때문에 본격적인 심해 탐사에서는 직접 탐사 방식을 취한다. 직접 탐사 방식 중에서도 깊은 심해의 제약 조건 때문에 유인 잠수정 보다는 무인 잠수정의 활용 빈도가 더 높다. 심해 탐사에 활용되는 무인 잠수정은 일반적으로 전원 공급 및 제어를 위한 테더케이블(Tether cable)의 유무에 따라 ROV(Remotely Operated Vehicle)와 AUV (Autonomous Underwater Vehicle)로 구분된다(F. Busby and J.R. Vadus, 1990).

AUV는 외부와의 물리적 연결 없이 항시 변화하며 때로는 고려되지 않은 미지의 상황이 발생할 수 있는 해저에서 임무를 수행하고 귀환하는 능력을 가져야한다. 따라서 장치의 하드웨어와 소프트웨어가 고성능, 고신뢰도를 확보해야 하며, 변화하는 환

경에서 적응하며 제어하는 기법과 시스템이 필요하다.(이판목 등, 1997) 이러한 성능을 만족시키기 위해 막대한 비용과 시간을 투자하여 AUV를 제작하며 그 성능의 검증은 주로 실험역 시험을 통해 이루어진다. 그러나 실험역 시험은 많은 비용, 시간, 인력을 필요로 하므로 이는 연구 개발 비용 상승, 연구 개발 기간 장기화 등의 부담으로 연구 개발자에게 작용한다. 이러한 실험역 시험의 부담을 줄이기 위하여 한국해양연구원 해양시스템안전연구소는 파랑, 바람, 조류 등의 해양환경을 모사할 수 있는 해양공학수조에서 소수의 인원으로 시험을 수행 할 수 있는 수조 시험용 AUV인 '이십이'(ISIMI : Integrated Submergible for Intelligent Mission Implementation)를 개발하였다(이판목 등, 2006). 그러나 수조 시험에서는 그 내부에 존재하는 다수의 근접한 음향 반사체를 때문에 수중 음향 센서를 이용한 AUV의 절대 위치 파악이 어려웠다. 이는 다양한 항법 및 제어 알고리즘 적용 시험을 수조에서 실행하는데 제약조건이 되었다.

본 논문에서는 이러한 해양공학수조 AUV 시험의 한계를 극복하기 위한 방안으로 개발된 이미지 추적 장치를 이용한 수중운동체의 위치 추적 장치 개발에 관하여 논하고자 한다. 수중운동체 위치 추적 장치는 해양공학수조에 설치되어 운용되고 있는 CPMC(Computerized Planar Motion Carriage)를 활용하여 구축하였다. 또한 구축된 수중운동체 위치 추적 시스템을 활용하여 이십이의 항행 중 위치 추적을 실시하고 그 정보를 실시간으로 이십이에 전달하는 실험을 통해 해양공학수조 수중운동체 위치 추적 시스템의 유용성을 검증하도록 한다.

김영식: 대전광역시 유성구 신성로 104

042-868-7585 yskim@moeri.re.kr

2. 수중운동체 위치추적 시스템

2.1 CPMC(Computerized Planar Motion Carriage)

한국해양연구원 해양시스템안전연구소(MOERI)는 2005년 해양공학수조에 대형 제어형 예인전차 CPMC를 설치하였다. CPMC는 주전차(X-carriage)와 부전차(Y-carriage)로 구성되어있고, 부전차에는 회전대(Turn-table)가 설치되어 있다. 따라서 CPMC는 수평면상에서 임의의 선운동 및 회전운동을 정밀하게 제어할 수 있다.

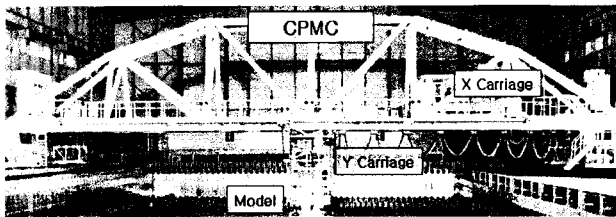


Fig. 1 Photo of CPMC(Computerized Planar Motion Carriage)

CPMC는 구축된 모형이 수평면 상에서 요구되는 속도와 가속도를 가지고 전후, 좌우 및 회전 방향의 운동을 동시에 할 수 있도록 견인 할 수 있다. 또한 구속되지 않고 자유 항주 하는 모형을 바로 위에서 추종(Tracking)할 수 있다. 이러한 복잡하고 정교한 움직임을 갖도록 설계된 CPMC는 Fig. 2 에 보이는 바와 같이 여러 제어기가 직렬로 연결되어 있는 Cascade Control을 사용하고 있다.

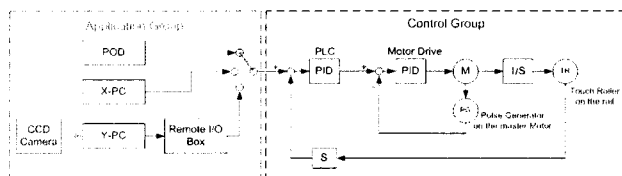


Fig. 2 Block Diagram of the CPMC Control: Cascade Control

2.2 CPMC의 이미지 추적 시스템

해양공학수조의 CPMC는 이미지 처리를 이용해 자유 항주 하는 모형 선박을 추종하는 기능이 있다. 이는 CPMC의 이미지 추적 시스템을 통하여 이루진다.

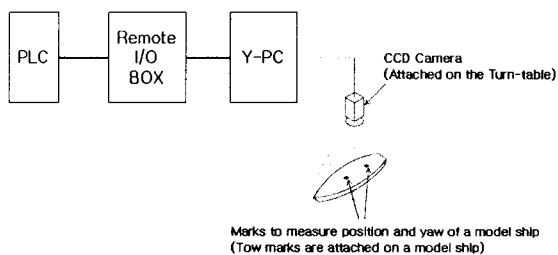


Fig. 3 CPMC Image Tracking System for Model Ship

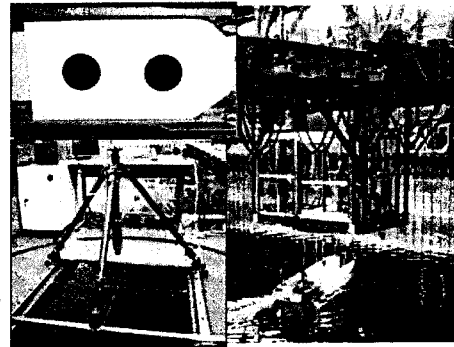


Fig. 4 Model Ship Tracking System

회전대 위에 고정된 CCD 카메라의 입력을 받아 Y-PC가 이미지 처리 알고리즘을 통해 모형 선박 추종을 위한 속도 프로파일을 실시간으로 생성한다. PLC는 속도 프로파일을 제어입력으로 CPMC를 구동한다. Fig. 4는 CPMC의 선박 모형 위치 추적 실험 사진과 이때 모델에 붙여진 표적들, 그리고 회전대 위에 설치된 CCD 카메라를 보이고 있다.

CPMC 이미지 추적 시스템은 추적하고 있는 모형선박의 위치를 실시간으로 계산하여 저장하고, Remote I/O Box를 통해 부전차의 위치(X, Y), 회전대의 위치(θ), 이미지 공간에서의 모형 선박의 위치(x, y, θ) 값을 전압 신호로 제공한다.

2.3 수중운동체 위치추적 시스템

CPMC를 이용한 수중운동체 위치 추적 시스템 구현 시 다음을 고려하였다.

- 카메라의 수중운동체 인식(광원, 수면에서의 이미지 교란)
- 수중운동체에 붙는 표적 모양
- 예측된 위치 값의 전달 방법

수중에 위치하는 목표물의 영상을 카메라에 잘 담기 위해서는 충분한 광원이 필요하다. 따라서, 4개의 백색광을 부전차 하면에 설치하여 수중운동체와 그 주변에 충분한 광량을 공급하였다. 그러나 이러한 경우 수면으로부터 반사되는 영상들이 이미지 처리에서 노이즈로 작용한다. 영상 노이즈의 감소를 위해 편광 필터(Polarizing Filter)를 사용하였다.

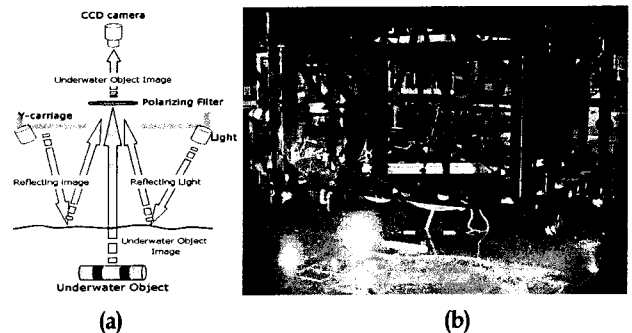


Fig. 5 (a) A Schematic View of Lighting and Camera Filter system (b) A Photo of Lighting and Camera Filter system

편광이란 특정한 방향으로만 진동하며 진행되는 광파를 말한다. 일반적으로 임의의 광원에서 나오는 빛은 편광 되어 있지 않고 모든 방향으로 진동하며 진행한다. 그러나 빛이 공기와 물 같은 두 개의 투명 물질의 경계면에서 반사되면 반사된 빛은 부분적으로 편광 된다. 이렇게 편광된 빛은 하나의 평면상에서 진동하면서 진행하므로, Fig. 6과 같이 등방위로 배치된 크리스탈을 통과할 때 크리스탈의 방위와 편광의 진동평면이 평행하면 빛이 통과하고, 직교하면 차단된다. 따라서 편광 필터를 사용하여 수면에서 반사되는 영상을 어느 정도 차단할 수 있다.

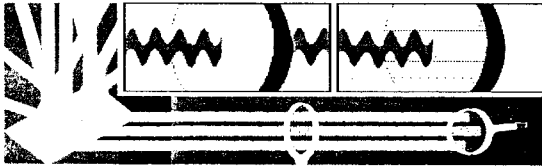


Fig. 6 Illustration of Polarizing Filter Working

수중운동체는 여러 모양을 가질 수 있지만 본 논문에서는 실린더 형상을 한 수중운동체를 적용 대상으로 하였다. 수중운동체의 폭이 좁기 때문에 원형의 표적을 사용할 경우 표적의 크기가 작다. 따라서 본 시스템에서는 사용하는 표적을 사각형으로 변경하였다. 또한 흰색 바탕의 검은색 표적 구현을 위해 표적을 검은색으로 하고 취득된 영상을 흑백 반전시켜 사용 하였다. Fig. 7은 이러한 표적 변경사항을 보이고 있다.

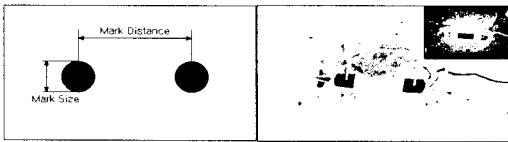


Fig. 7 Marks for Model Ship and Underwater Marks

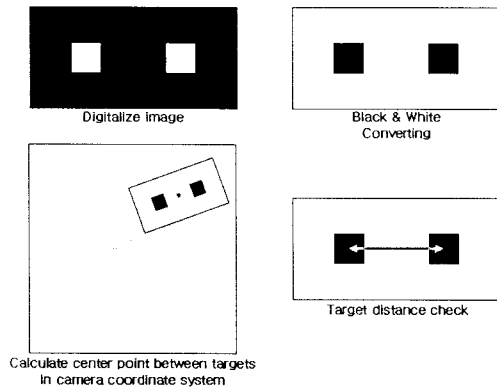


Fig. 8 Image Processing Algorithm of the Position Tracking System for Underwater Targets

사각의 표적 추종을 위해 CPMC의 이미지 추적 시스템의 이미지처리 알고리즘을 수정하였다.

모형 선박을 위한 CPMC 이미지 추적 시스템의 이미지 처리 알고리즘은 다음과 같다.

- ① 두 표적 형태가 원형인지 확인.

- ② 원형 표적의 지름을 확인.

- ③ 표적간 거리 확인.

- ④ 카메라 이미지 센터로부터 표적 사이 중심 위치(x, y, θ) 계산

수정된 이미지 처리 알고리즘에서는 ①, ② 과정을 제거하고 영상을 흑백 반전시키는 과정을 삽입하였다. 영상의 흑백 반전은 기존 시스템의 변경을 최소화하기 위함이다. 표적 모양 확인 과정을 제거하여 다양한 표적 사용이 가능해 졌다.

계측된 위치 정보 전달은 R/F 모뎀을 통해 실시간으로 수중운동체에 전달하였다. R/F는 수중에서 심하게 감쇠되나 수심 3.5m의 해양공학수조 환경에서는 양방향 통신이 가능하였다.

3. 수중운동체 위치추적 시험

해양시스템안전연구소가 개발한 수조 시험용 AUV, 이십이를 대상으로 수중운동체 위치 추적 시험을 수행하였다. Fig. 9는 수조 시험 모습과 시스템 구성을 보이고 있다.

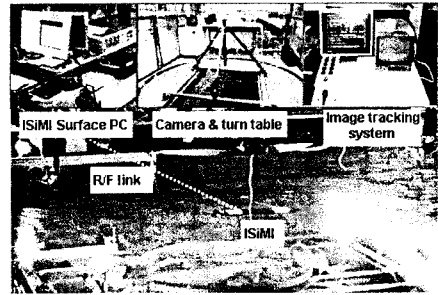


Fig. 9 View of Experimental Setup

여러 수심 조건에서의 AUV의 pitch와 속도에 따른 이미지 추적 장치의 작동한계를 확인하여 Table 1에 명시하였다.

Table 1 Allowable Pitch and Speed of Target

depth[m]	Allowable Pitch		Allowable Speed
1	56	-57	1.2m/s ~
2	55	-62	-
2.5	50	-60	1.2m/s ~

Fig. 10은 이미지 추적 시스템을 이용한 이십이의 위치 추적 시험 결과이다. 이십이의 수심을 0.5m로 유지하면서 그림과 같은 경로를 지나도록 운행하였다. CPMC의 이미지 추적 제어 컴퓨터, AUV의 선상제어 컴퓨터 그리고 AUV 내부의 컴퓨터에서 계속한 결과를 도시하였다. AUV 내부 컴퓨터 결과에서 나타나는 계단모양의 DATA는 R/F 통신이 이루어 지지 않은 상황을 나타낸다.

Fig. 11은 CPMC의 이미지 추적제어 컴퓨터의 계속결과를 기준으로 각 계속결과들의 오차를 나타내고 있다. X와 Y의 경우 $\pm 0.1 m$, θ 는 $\pm 10^\circ$ 정도의 오차를 가지고 있다. 이런 오차

는 아날로그로 제공되는 각각의 위치 정보들을 디지털로 변환하는 과정에서 발생한 것으로 생각된다.

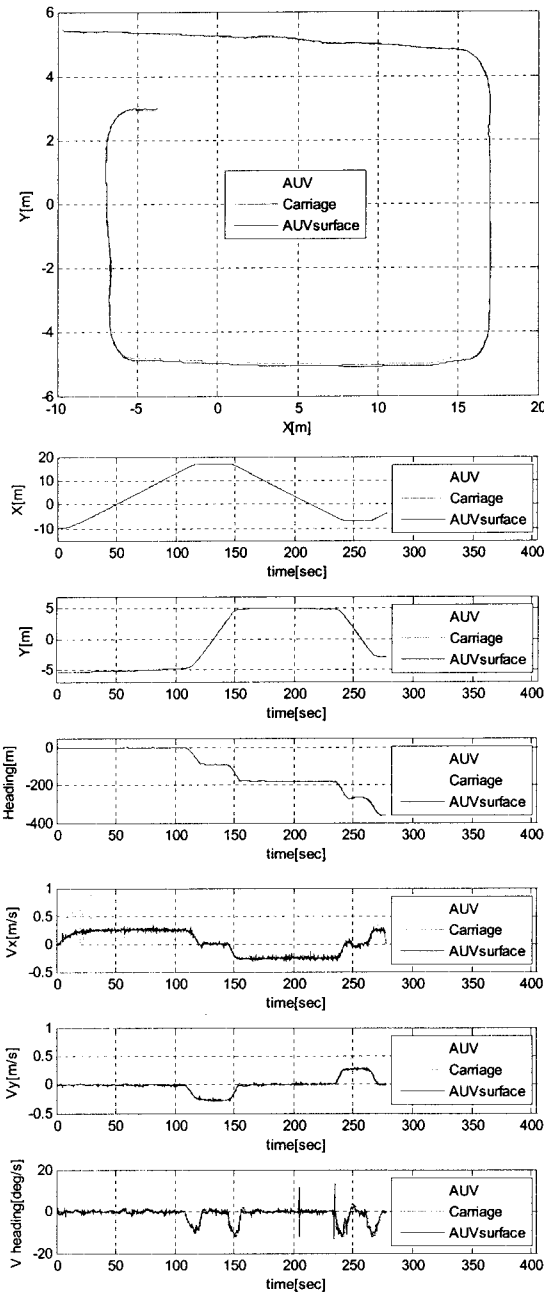


Fig. 10 Result of Image Tacking Test in a Test Tank

4. 결론

해양공학수조에서의 무인잠수정 제어알고리즘 개발과 성능 평가 등에 사용 가능한 수중운동체의 위치 추적 장치를 CPMC의 이미지 추적장치를 이용하여 구축하였다. 수조 시험용 AUV, 이심이를 목표물로 하여 위치추적 시험을 하였다. 수조 전 영역에서 AUV가 취득한 DATA와 CPMC 추적 결과가 $\pm 0.1m$,

$\pm 10^\circ$ 미만의 오차를 보이고 있음을 시험을 통해 확인하였다. 시험으로부터 AUV의 다양한 제어알고리즘 적용에 필요한 자기 위치 정보 제공을 위해 개발된 수중운동체 위치 추적 장치가 활용 가능함을 확인하였다.

향후 수중운동체 위치 정보의 정밀도를 확인할 것이며, 또한 수중운동체의 수심을 추정하는 알고리즘을 추가하여 수중운동체의 3차원 위치 정보를 실시간으로 제공하도록 시스템을 개량할 예정이다.

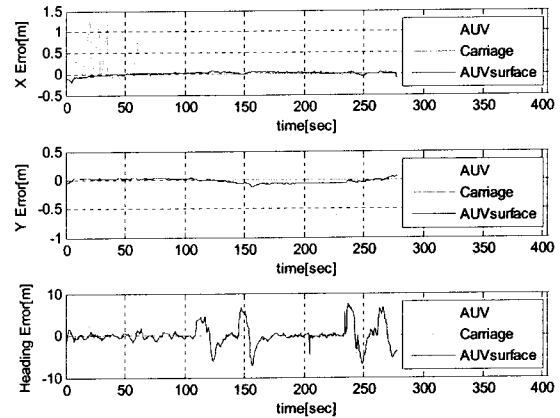


Fig. 11 Position Error of Acquired DATA

후 기

본 연구는 한국해양연구원 신진연구원 연구능력 확충사업인 “해양공학수조 CPMC의 이미지 추적장치를 활용한 수중운동체의 위치추적기법 연구”과제와 중점연구사업인 “U-기반 탐사선단의 스마트 운용기술개발”과제의 연구결과 중 일부를 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

김선영 등 (2006). CPMC 구축모형 시험장비 검증 및 운용기술 정립, 한국해양연구원 해양시스템안전연구소 보고서, UCK00270-06046.

이판목, 전봉환, 정성욱 (1997). “자율 무인 잠수정(AUV)의 모의 실험을 위한 테스트베드의 개발-하드웨어와 소프트웨어”, 한국해양공학회지, 제 11권, 제 1호, pp 106-112.

이판목 등 (2006). 차세대 심해용 무인잠수정 개발(5), 한국해양연구원 해양시스템안전연구소 보고서, UCM01030-06030.

전봉환, 박진영, 이판목, 이필엽, 이종무, 오준호(2006), “소형무인잠수정(AUV) 이심이 개발 및 시험”, 2006년 한국해양공학회 추계 학술대회.

F. Busby and J.R. Vadus "Autonomous underwater vehicle R&D trends", Sea Technology, pp. 65-73, May, 1990.

K. B. Atkinson. (2001). Close Range Photogrammetry and Machine Vision, Whittles Publishing