

## 수중청소로봇의 운항 제어용 시뮬레이터 연구

최형식† · 강진일\* · 홍성율\*\* · 박한일\*\*\* · 서주노\*\*\*\* · 김문환\*\*\*\*\* · 권경엽\*\*\*\*\*

† 한국해양대학교 기계정보공학부 · \*\* 한국해양대학교 기계공학과,  
\*\*\* 한국해양대학교 해양공학과, \*\*\*\*,\*\*\*\*\* 해군사관학교, \*\*\*\*\* 대원기전

### Study on a Navigated Simulator of the Underwater Cleaning Robot

† Hyeung-Sik Choi · Jin-il Kang\* · Sung-Yul Hong\*\* · Han-il Park\*\*\* ·  
Joo-No Seo\*\*\*\* · Moon-Hwan Kim\*\*\*\*\* · Kyeong-Yeop Gwon\*\*\*\*\*

† Division of Mechanical and information Eng. Korea Maritime University  
\*\* Mechanical Eng. Dept. Korea Maritime University  
\*\*\* Marine Eng. Dept. Korea Maritime University,  
\*\*\*\*, \*\*\*\*\* Korea Naval Academy, \*\*\*\*\* Daewon Mechatronics

**요 약 :** 본 연구에서는 수중청소로봇의 추종 성능과 통합 제어시스템 성능을 가시적으로 예측할 수 있는 3차원 시뮬레이터를 개발하였다. 수중청소로봇의 동역학적 해석을 기반으로, 시뮬레이터에는 실제 개발 중인 3차원형상의 수중청소로봇을 적용하고 로봇의 위치와 속도 등을 나타내는 창을 표시하였다. 또한, 조이스틱을 사용하는 입력 및 제어 장치를 직접 제작하여 시리얼 통신을 통하여 시뮬레이터의 입력 및 제어에 사용하였다. 그리고 통합 항법 제어시스템을 설계하고, PI 기반의 퍼지 제어를 포함하는 way-point tracking 시뮬레이션을 통하여 성능을 검증하였다.

**핵심용어 :** 시뮬레이터, 수중청소로봇, PID제어기

**Abstract :** In this paper, a 3-D simulator was developed to estimate visually the performance of propelling and integrated control system of the underwater cleaning robot. Based on the dynamics analysis of the UCR, the 3-D model of the UCR was used in the simulator in which position and velocity are included. Also, an input and control system using a joystick was developed, and the simulator was applied to the input and control of the simulator. Moreover, an integrated navigation control system was designed, and its performance was validated by a way-point simulator including a PI-based fuzzy control law.

**Key words :** Simulator, Underwater Cleaning Robot, PID Controller

## 1. 서 론

최근 활발하게 추진되고 있는 해양자원개발, 해양공간이용, 해양환경보존 등과 관련하여 해양의 상태를 조사, 관찰하고 해지를 탐사하며 각종 해양시설의 검사, 보수 및 유지에 사용하는 수중로봇의 개발이 세계적으로 이루어지고 있다(Gwon, 2005; Choi, 2006; 최 등, 2009; 유, 2009). 이러한 수중로봇개발에 요구되는 시간과 비용을 절감하기 위한 방법으로 수중로봇 시뮬레이터 연구가 대두되고 있다. 이미 자동차 운전자의 훈련용 운전석 모형, 비행기 조종사 훈련용의 콕핏 모형, 우주비행사 훈련용 캡슐 모형 등의 시뮬레이터가 많이 개발되어 안전운행을 위해 중요한 구실을 하고 있다. 또한, 단시간에 시각적으로

결과를 예측 할 수 있으며, 복잡한 것을 근사화 시킬 수 있는 장점이 있다(김 등, 2008; 서 등, 2008).

본 연구에서는 선박 선저의 안전검사와 청소를 위해 개발 중인 수중청소로봇을 모델링하여 시뮬레이터를 제작하였다. 실제 작업환경에 적용하기 위해 개발한 수중청소로봇 모델과 선박의 하부청소에 필요한 수중환경을 구현하기 위해 OpenGL의 그래픽 툴을 이용하여 3차원으로 표현하였다. 시뮬레이터에는 수중로봇을 선박에 접근시키기 위한 Fuzzy-PID 제어알고리즘기반의 자율 항법 알고리즘을 포함하고 있어서 이에 대한 알고리즘과 시뮬레이션 결과를 설명하였다. 또한, 실제 수중청소로봇의 조종훈련에 시뮬레이터를 운용하기 위해 윈칩(OneTouch ip) 마이크로프로세서 기반의 전자장치를 이용한 조이스틱 기반의 조종

† 교신저자 : 최형식(정회원), hchoi@hhu.ac.kr 051)410-4297

\* ohrugen@naver.com 010-9991-1398

\*\* ddongggogjib@naver.com 010-9440-2513

\*\*\* hipark@hhu.ac.kr 051)410-4326

\*\*\*\* sjoono@hanmail.net 010-5073-6485

\*\*\*\*\* moonani.kim@gmail.com 010-3221-4071

\*\*\*\*\* kwonky@gmail.com 019-9475-0308

장치를 개발하였다.

## 2. 운항 시뮬레이터 개발

### 2.1 수중청소로봇의 동역학 해석

수중 청소 로봇의 좌표해석은 지구상의 특정지점에 고정되어 있는 월드(World) 좌표 {E}와 수중로봇의 몸체에 고정되어 있는 {G} 좌표로 표현된다. 수중로봇의 자세와 위치는 월드(World) 좌표를 기준으로 Fig. 1과 같이 나타낼 수 있다(권등, 2008).

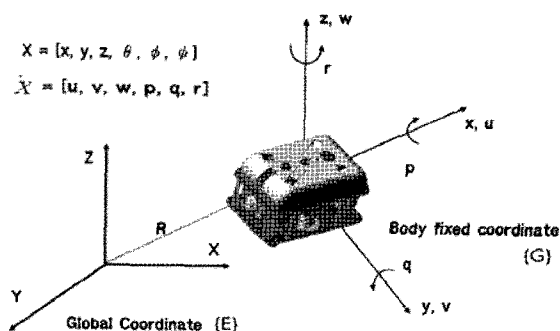


Fig. 1 Earth-fixed and Body-fixed coordinate system

기준좌표 {G}에서 임의의 지점 Q를 나타내는 벡터를 좌표 {E}를 기준으로 나타내기 위해서는 식 (1)과 같은 과정을 거친다. 기준좌표 {G}의 원점까지의 벡터와 좌표 {G}에서 Q점까지의 벡터를 합하면 좌표 {E}에서 Q점까지의 벡터를 구할 수 있다. 이 때 기준좌표 {G}와 {E}는 자세가 다르므로 회전행렬을 이용하여 {G}좌표를 {E}좌표에 맞춰 회전시키는 과정이 필요하다.

$${}^E P_Q = {}^E P_G + {}^E R_G {}^G P_Q \quad (1)$$

여기서  ${}^E R_G$ 는 월드(World) 좌표에 대한 로봇의 회전행렬을 나타낸다. 점 Q의 속도는 Q의 위치벡터를 미분하여 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}({}^E P_Q) &= {}^E \dot{P}_G + \frac{d}{dt}({}^E R_G {}^G P_Q) \\ &= {}^E \dot{P}_G + w \times {}^E R_G {}^G P_Q + {}^E R_G {}^G \dot{P}_Q \end{aligned} \quad (2)$$

또한 점 Q의 가속도는 Q의 속도 벡터를 미분하여 구할 수 있다. 여기서  $w$ 는 각속도,  $\alpha$ 는 각가속도이다.

$$\begin{aligned} {}^E \ddot{P}_Q &= {}^E \ddot{P}_G + \alpha \times {}^E R_G {}^G P_Q \\ &+ w \times (w \times {}^E R_G {}^G P_Q) + 2w \times {}^E R_G {}^G \dot{P}_Q + {}^E R_G {}^G \ddot{P}_Q \end{aligned} \quad (3)$$

상대 좌표를 사용하여 수중로봇의 몸체의 동역학을 해석하면 식 (4), (5)와 같다.

$$\begin{aligned} {}^G F &= m {}^G a_{EC} \\ &= m ({}^G a_{EG} + \alpha \times {}^G r_{GC} + w \times {}^G v_{EG} + w \times (w \times {}^G r_{GC})) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} {}^G M_G &= m {}^G r_{GC} \times ({}^G a_{EG} + w \times {}^G v_{EG}) + {}^G I_G \alpha + w \times {}^G I_G w \end{aligned} \quad (5)$$

여기서  ${}^G F$ 는 외부에서 가해지는 힘이고,  ${}^G M_G$ 는 모멘트이다. 이와 같이 동역학식을 구하면 6자유도의 식이 되나 본 연구의 수중로봇과 같은 open-frame 항체는 본질적으로 피치와 롤에 대해서 안정적이며 피치와 롤에 대한 움직임을 무시할 수 있어서 수중로봇에 대한 운동방정식을 다음의 4차식으로 표현하였다.

$$m_u \dot{u} = m_v v r - k_u u - k_{u|u}|u| + F_u \quad (6)$$

$$m_v \dot{v} = -m_u u r - k_v v - k_{v|v}|v| + F_v \quad (7)$$

$$m_w \dot{w} = -k_w w - k_{w|w}|w| + F_w + w \quad (8)$$

$$I_r \dot{r} = -(m_v - m_u) u w - k_r r - k_{r|r}|r| + T_r \quad (9)$$

여기서  $u, v, w, r$ 은 수중로봇이 유체내에서 이동시 발생하는 surge, sway, heave, yaw를 나타내며,  $m_u, m_v, m_w, I_r$ 은 수중로봇의 각 방향으로 나타나는 질량과 관성 모멘트(추가 질량과 관성모멘트도 포함)를 나타낸다. 유체동역학적 댐핑(damping)은 선형으로 2차 방정식으로 모델링하였다.  $F_u, F_v, F_w$ 은 surge, sway, heave 방향을 따라 추진기에 의해 발생된 힘을 나타낸다.  $T_r$ 은 heave 동작에 의한 토크를 의미한다.  $k_u, k_v, k_w, k_r$ 은 각각  $u, v, w, r$  방향으로의 항력계수를 나타낸다.

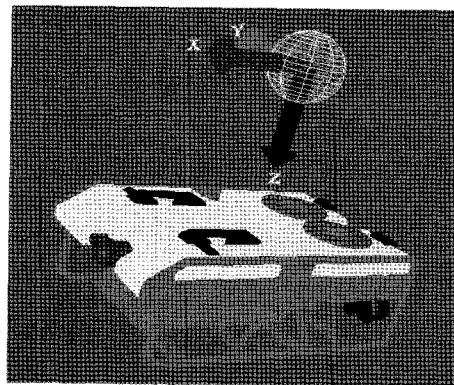


Fig. 2 3D modeling of the underwater cleaning robot

### 2.2 시뮬레이터 구성

#### 1) 수중로봇 모델 및 배경

시각적으로 확인가능하고 실제적인 시뮬레이터를 구현하기 위하여 OpenGL을 사용하여 아래 Fig. 2와 같이 실제 개발 중

인 모델을 시뮬레이터에 적용하고, 수중 청소로봇의 상대적인 위치를 파악하기 위하여 청소 작업 대상인 배의 모형을 청소로봇과 비례하여 실물 크기로 구현하였다(권 등, 2008).

2) 시뮬레이터 화면 구성

시뮬레이터 화면은 Fig. 3처럼 좌측의 3차원 그래픽 화면과 우측의 데이터 입·출력 창으로 나뉜다. 3차원 그래픽 화면은 청소로봇의 움직임과 상대적인 위치를 시각적으로 표현하며, 데이터 입·출력 창은 청소로봇의 목표지점 좌표 값을 입력 받고 현재 위치 값을 실시간으로 출력하며 이동속도를 나타낸다. 또한 조이스틱과 PC와의 통신설정을 변경할 수 있다. Fig. 4는 목표지점에 데이터를 입력하여 목표지점을 세팅하는 화면이고 Fig. 5는 입력한 목표지점에 도달한 청소로봇의 모습이다.

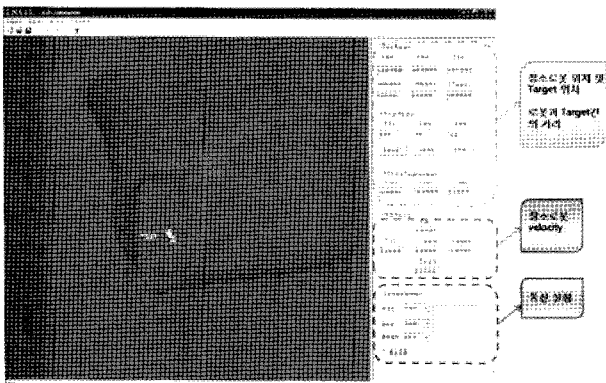


Fig. 3 Composition of the screen with user interfaces

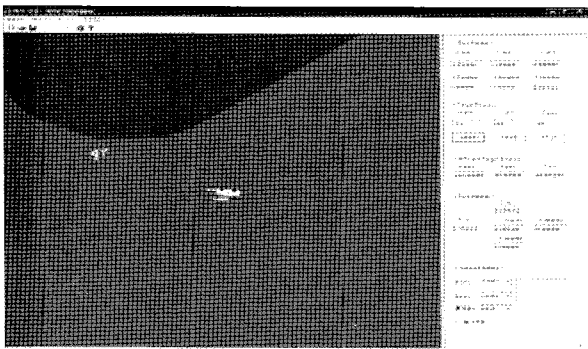


Fig. 4 Input data of the target position

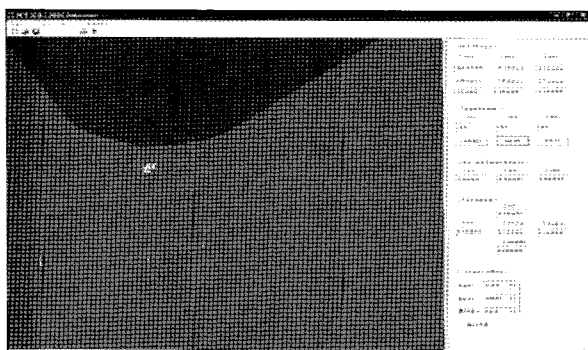


Fig. 5 Arrival of the robot to the target point

2.3 시뮬레이터 프로그램 구조

조이스틱을 이용한 프로그램의 구조는 아래 Fig. 6과 같다. 사용자가 조이스틱을 조작하게 되면 시리얼 통신을 이용하여 조이스틱의 조작량 데이터가 시뮬레이터에 전달 및 저장된다. 전달된 데이터는 동역학 해석과정을 거쳐 GDI(Graphic Device Interface)와 OpenGL에 각각 전달되며, 이는 모니터 화면상에 출력된다. 영상 출력물은 사용자에게 피드백으로 전달되어지고 폐루프(Closed Loop)를 구성하게 된다.

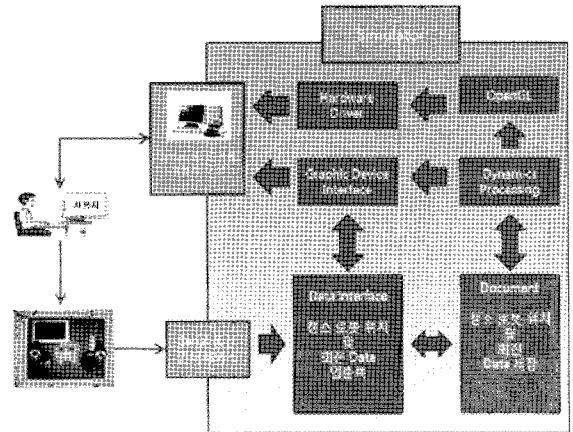


Fig. 6 Structure of the simulator

아래 Fig. 7은 자체 제작하여 시뮬레이션에 적용한 조이스틱이며 각 자유도에 따른 수중청소로봇의 움직임을 나타내었다. 그리고 Fig. 8은 조이스틱을 이용하여 모의실험을 수행하는 모습이다.

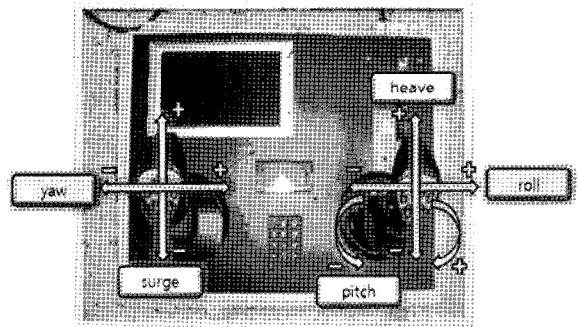


Fig. 7 Map of the joystick

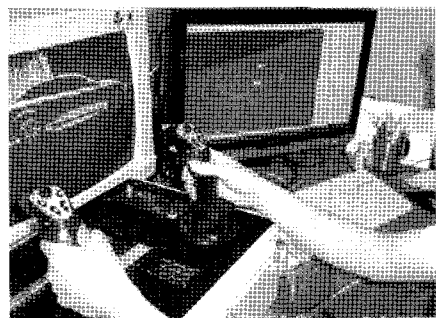


Fig. 8 Simulation with the joystick

조이스틱을 이용하여 시뮬레이션을 구현하는 시뮬레이터 내부의 전자적 구성은 다음과 같다.

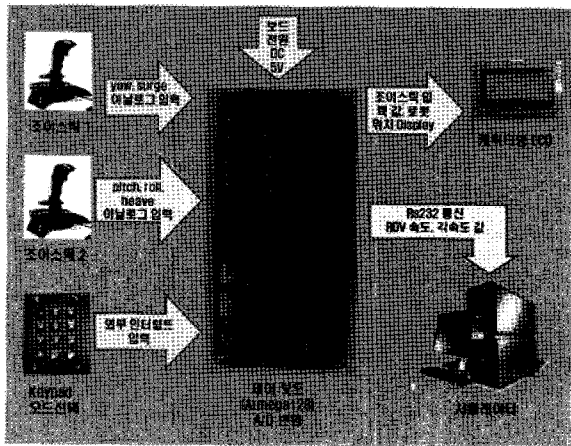


Fig. 9 Electronic composition of the joystick

### 3. 수중청소로봇 항법을 포함한 시뮬레이터 구성

#### 3.1 Fuzzy PI+PD 제어알고리즘을 포함하는 통합 항법 제어 시스템 설계

수중로봇 제어기 개발은 크게 속도제어와 위치제어로 구성된다. Fig. 10은 전체적인 수중 로봇 제어 시스템의 구조를 나타낸다. 속도제어는 동역학 방정식이 대부분 속도 방정식으로 구성되어 있기 때문에 요 속도를 낼 수 있도록 속도를 제어하는 것이다. 본 연구에서는 위치제어는 PI제어기를 사용하고 속도 제어기는 Fuzzy PID 제어기를 사용하였다.

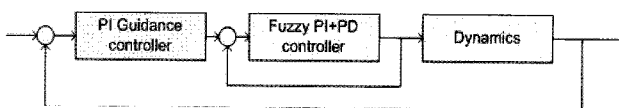


Fig. 10 Block diagram of the underwater cleaning robot controller

PI+PD 제어기는 비례·적분 + 비례·미분 제어기로서, 실제 산업현장에서 가장 많이 사용되는 제어기법으로 다음과 같다.

$$u = K_P e + K_I \int e + K_D \frac{de}{dt} \quad (10)$$

여기서  $K_{P1}$ ,  $K_{P2}$ 는 오차신호에 곱해지는 비례이득들이다. PI+PD 제어기의 성능을 향상시키는 것은 이득들의 값을 어떻게 정하느냐에 따라 달려있으며, 식(11)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{U(s)}{E(s)} &= K_P + K_I \frac{1}{s} + K_D s \\ &= \frac{K_D s^2 + K_P s + K_I}{s} \end{aligned} \quad (11)$$

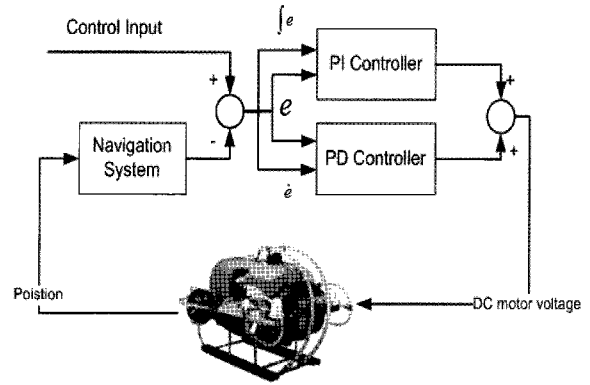


Fig. 11 PI + PD control system of the underwater cleaning robot

PI+PD 형태의 PID 제어는 오차의 특성에 따라서 PI 제어기와 PD 제어기를 교대로 사용하여 시스템의 빠른 응답 속도와 정상상태 오차를 줄일 수 있다는 장점을 가진다. 이를 위해서 본 연구에서는 Fig. 11과 같이 퍼지 시스템 기반 PI+PD 제어기를 제안한다. Fuzzy PI + PD 제어시스템은 PI 제어 출력과 PD 제어출력의 융합에 있어서 퍼지 시스템(김 등,1999)을 이용하여 PI와 PD 제어 출력 특성을 최대로 발휘할 수 있도록 만든 시스템이다. PD 제어 시스템의 출력을  $u_D$ , PI 제어 시스템의 출력을  $u_I$  라고 하면 다음과 같이 시스템 출력을 구할 수 있다.

$$u_I = K_{PI} e + K_I \int e \quad (12)$$

$$u_D = K_{PD} e + K_D \frac{de}{dt} \quad (13)$$

여기서  $K_{PI}$ 는 PI 제어기의 비례 이득이며,  $K_{PD}$ 는 PD 제어기의 비례이득이다. 퍼지 시스템의 제어규칙은 다음과 같이 생성할 수 있다(김,2007).

Rule 1 : IF  $e$  is A1 and  $\dot{e}$  is A2 THEN  $y_1 = 0$  (14)

Rule 2 : IF  $e$  is B1 and  $\int e$  is B2 THEN  $y_2 = 1$  (15)

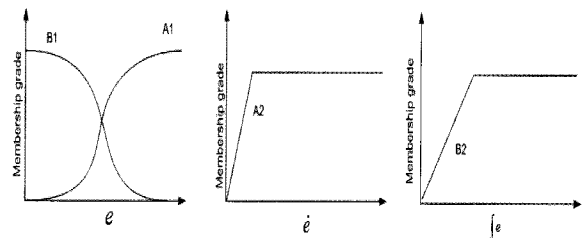


Fig. 12 Membership function of Fuzzy PI+PD controller

여기서 A1, A2, B1, B2는 멤버십 함수로 Fig. 12에 나타난 것과 같다. 퍼지 시스템의 최종 출력  $K_F$ 은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$K_F = \frac{\sum_{i=1}^2 w_i y_i}{\sum_{i=1}^2 w_i} = h_1 y_1 + h_2 y_2 \quad (16)$$

여기서  $w_i$ 는 규칙  $i$  번째의 점화식 값이며 멤버십 함수를 통해서 계산된다. 최종적인 제어 이득은 다음과 같이 계산된다.

$$u = K_F(K_{II} e + K_I \int e) + (1 - K_F)(K_{PD} e + K_D \frac{de}{dt}) \quad (17)$$

### 3.2 수중청소로봇 자세제어를 위한 Fuzzy PID 제어기 시뮬레이션

시뮬레이션에 사용된 시스템 모델은 앞에서 구하였던 운동방정식 식(6), (7), (8), (9)에 수중청소로봇의 파라미터를 대입하여 다음과 같이 수식으로 표현하였다.

$$0.52 \dot{u} = 1.01vr - 0.64u - 0.18u|u| + F_u \quad (18)$$

$$1.01 \dot{v} = 0.52ur - 0.35v - 0.15v|v| + F_v \quad (19)$$

$$0.26 \dot{w} = -0.04w - 0.01w|w| - F_w + 0.1 \quad (20)$$

$$0.25 \dot{r} = -0.49uv - 0.4r - 0.02r|r| + T_r \quad (21)$$

보다 정확한 수중 환경에서의 성능 평가를 위해 way-point tracking 시뮬레이션을 수행하였다. 총 15개의 way-point가 30초 안에 주어졌다. 시뮬레이션에 사용된 시스템 제어 변수들은 여러 번의 개인 튜닝을 통해 좋은 성능을 보이는 이득으로 선정하였고 그 값들은 다음과 같다.

$$K_{II} = 11, K_{PD} = 20, K_I = 10, K_D = 10, \lambda_I = -0.1, \lambda_P = -1$$

시뮬레이션 결과 전반적으로 안정적인 제어를 수행하고 있음을 확인하였다. 다만, 급격히 변하는 부분에서 시스템의 응답 속도의 차이로 인해 어느 정도의 오차가 발생하고 있음을 볼 수 있었다. 이러한 현상은 위치제어와 속도제어의 이중적인 제어 구조로 인한 전반적인 응답 속도가 느려지는 문제 때문이라 판단된다. 특히 위치 제어 시스템이 PI 타입의 제어기이므로 위치 가이던스 신호의 느린 변화가 전반적인 응답 시스템의 저하와 연관 된다고 보여 진다. 본 시뮬레이션은 선체와의 근접하지 않은 거리에서의 항법에 관한 내용이므로, 선체에 근접했을 때에는 USBL과 같은 센서를 활용한 선체접근 항법이 차후에 필요할 것으로 예상된다.

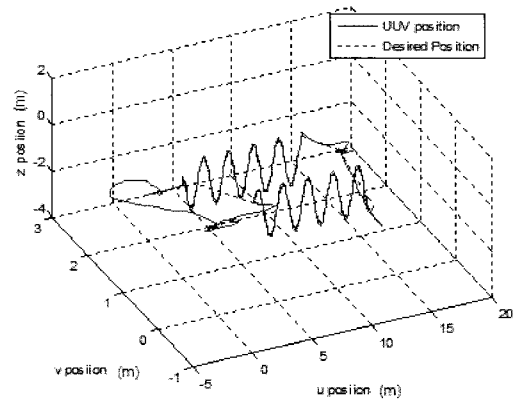


Fig. 13 Result of the way-point position control using the Fuzzy PI+PD controller

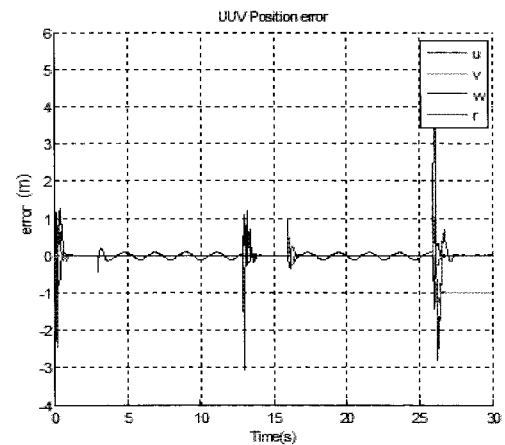


Fig. 14 Error of the way-point position control using the Fuzzy PI+PD controller

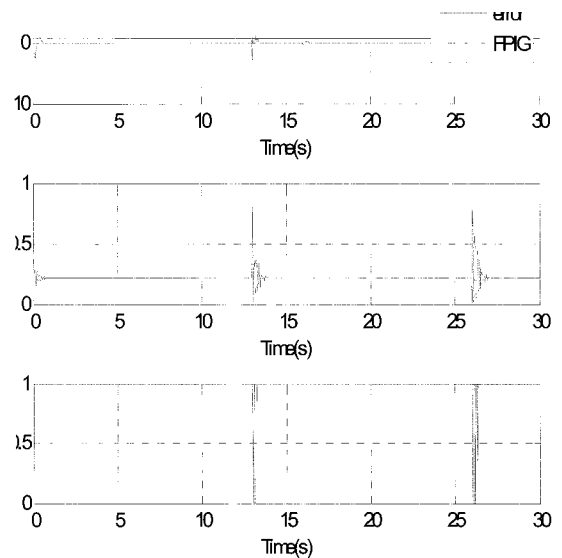


Fig. 15 Fuzzy PI+PD gain variation

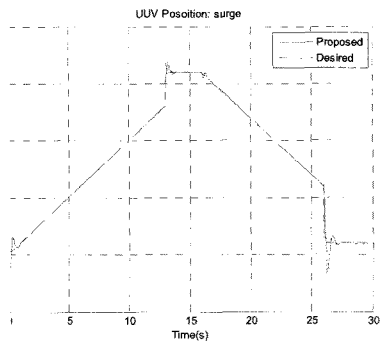


Fig. 16 Result of the way-point surge control using the Fuzzy PI+PD controller

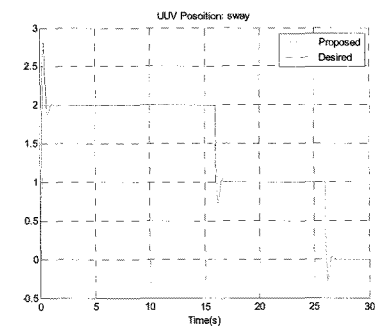


Fig. 17 Result of the way-point sway control using the Fuzzy PI+PD controller

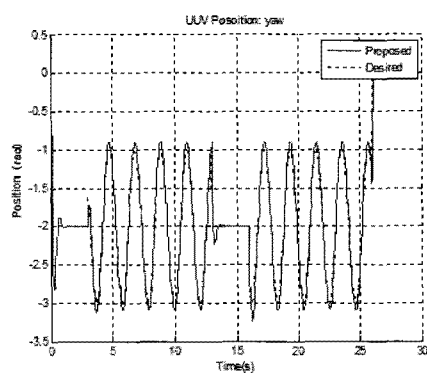


Fig. 18 Result of the way-point yaw control using the Fuzzy PI+PD controller

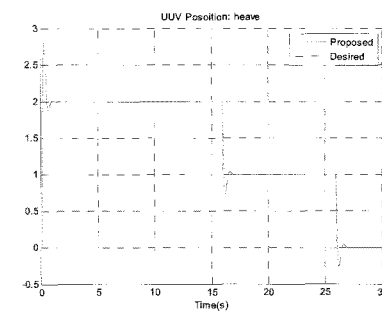


Fig. 19 Result of the way-point heave control using the Fuzzy PI+PD controller

선저 청소용 수중 로봇의 항법 시스템 및 제어 시스템의 통합은 Fig. 20과 같이 구성된다.

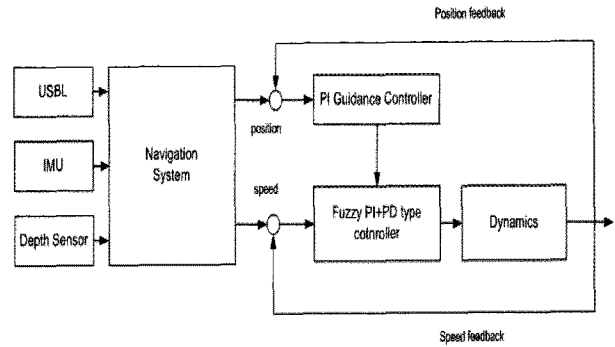


Fig. 20 Composition of the integrated control system

항법 시스템은 3개의 항법 센서를 통해서 입력을 받고 들어 오는 입력을 바탕으로 칼만 필터를 이용해서 데이터를 융합하여 신뢰성이 높은 입력을 얻는다. 제어 시스템으로 입력은 3차 유도의 속도 값과 위치 값이 각각 PI guidance 제어기와 fuzzy PI+PD 제어기의 입력이 된다.

또한 Fig. 21과 같이 시뮬레이션을 통한 데이터를 토대로 애니메이션이 가능한 시뮬레이터를 구성하였고, 이의 화면 중 일부를 Fig. 22와 같이 구성하였다.

Time	Position (m)	Velocity (m/s)	Acceleration (m/s <sup>2</sup> )	Yaw (rad)	Roll (rad)	Heave (m)
0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2.10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2.20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2.30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2.40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2.50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2.60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2.70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2.80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2.90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Fig. 21 Data through simulation

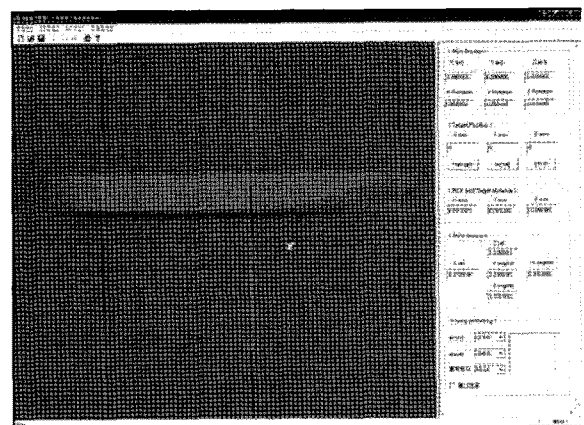


Fig. 22 Composition of the simulator including the controller

#### 4. 결 론

본 연구에서는 수중청소로봇의 추종 성능과 통합 제어시스템 성능을 가시적으로 예측할 수 있는 3차원 시뮬레이터를 개발하였다. 수중청소로봇의 동역학을 해석하였고 이를 시뮬레이터에 적용하여 조이스틱을 이용한 모의실험을 구현하고 추진 성능을 가시적으로 예측하였다. 또한 수중청소로봇의 위치, 속도 및 자세 정보를 제공하는 통합 항법제어시스템을 설계하였고, 검증된 PI+PD 제어 기법을 기반으로 퍼지 시스템을 이용한 PI제어기와 PD 제어기의 지능적 스위칭 기법을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

Underwater Robot Using MVFF", Chang-Won University, pp. 137~145.

원고접수일 : 2009년 5월 27일  
 심사완료일 : 2009년 7월 27일  
 원고채택일 : 2009년 8월 12일

#### 후 기

본 연구는 산업자원부와 경상남도에서 지원하는 지역산업중점기술개발사업의 연구결과임.

본 연구는 국토해양부 지역MT특성화사업의 연구비 지원(해양산업고도화를 위한 핵심 해양장비 개발 - 전기모터 기반의 해중 매니퓰레이터 및 추진시스템 개발)에 의해 수행되었음.

#### 참 고 문 헌

- [1] 권경엽, 정구락, 박원철(2008), 선박 선저 청소용 수중 로봇의 개발 2단계 1차년도 최종보고서.
- [2] 김문환, 서주노(2007), "무인 잠수정의 steering면의 적응 퍼지 슬라이드모드 제어", 한국군사과학기술학회 종합학술대회, p.225.
- [3] 김병만, 강원룡, 박승수, 이현식, 진강규(1999), "이중수조용 퍼지제어기 설계", 해사산업연구소, pp.105~115.
- [4] 김현오, 허지욱, 서동관, 황성호(2008), "Simulator development for performance evaluation of fuel-cell hybrid vehicle with in-wheel electric motor and regenerative".
- [5] 서영일, 정태영, 이경수, 장래혁(2008), "Evaluation Integrated Chassis Control Algorithm using HILS", 한국자동차공학회 추계학술대회, Vol. 08, No.01, pp. 321.
- [6] 유선철(2009), "Introduction to Specific Purpose AUV and Applications", 한국정밀공학회, Vol. 26, No.5, pp. 33~40. brnking control algorithm", 한국자동차공학회 추계학술대회, Vol. 08, No.01, pp. 569.
- [7] 최현택, 김기훈, 이판목, 이종무, 전봉환(2009), "Introduction to ROV and Motion Control & Signal Processing for ROV Hemire", 한국정밀공학회, Vol. 26, No.26, pp. 41~47.
- [8] Choi, Y. S.(2006), "Underwater Robot Technology for Inspection", Underwater Robot a research body Workshop, pp. 23~27.
- [9] Gwon, K. Y. (2005), "A Study on Control of Autonomous