

# 원격 조타기 시뮬레이션 시스템 구축

서기열\* · 홍태호\*\* · 김화영\*\* · 박계각\*

Building of Remote Simulation System for Steering Gear

Ki-Yeol Seo\*, Tae-Ho Hong\*\*, Hwa-Young Kim\*\* and Gyei-Kark Park\*

## 〈 目 次 〉

### 요 약

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 1. 서 론             | 3.3 조타수 조작모델과 평가규칙 |
| 2. 원격 조타 제어 시스템 구성 | 4. 실험 및 결과고찰       |
| 2.1 자동 조타 장치       | 4.1 모형선박 시스템 구성    |
| 2.2 시스템 제어 장치      | 4.2 시뮬레이터 인터페이스    |
| 2.3 유압-기계 시스템      | 4.3 결과고찰           |
| 3. 시뮬레이터 구성        | 5. 결 론             |
| 3.1 서버 및 클라이언트     | 참고문헌               |
| 3.2 타각 제어 알고리즘     |                    |

## 요 약

현대의 선박운항에 있어서 선내 노동의 경감과 운항의 안정성 및 경제성 확보를 위하여 선박 자동화 및 원격 조종화가 이루어지고 있다. 또한, 선박조종 및 작업제어를 위하여 컴퓨터를 이용한 통합제어 시스템에 관한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 그러나 소형선박 및 어선과 같은 환경에서의 지능형 시스템에 관한 연구는 많이 부족한 실정이다. 본 논문에서는 지능형 선박을 구현하기 위한 기반 연구로서 선박 운항자의 원격지시로 선박의 조타기를 제어하는 지능형 조타제어시스템을 구축하여 실용화를 위한 방안을 모색하였다. 구체적인 연구결과로는 지능형 학습 기법을 바탕으로 하는 퍼지 조타수 조작 모델을 구축하여 조타제어 시스템을 구현하였고, 모형선박(Miniature Ship)의 조타 시스템을 PC 상에서 원격으로 제어하기 위한 시뮬레이션 시스템을 구축하여 그 유효성을 확인하였다.

## 제1장 서 론

현대의 선박운항에 있어서 인적요인에 따른 운항 과실이 전체 해양사고의 큰 비중을 차지하고 있으

며, 더욱이 상선 및 어선의 지속적인 인력 감소로 인하여 해운 및 수산업 경쟁력의 중요한 걸림돌이 되고 있다. 이러한 인적요인에 의한 운항과실과 인력감소 문제를 해결하기 위한 노력으로 디지털 선박

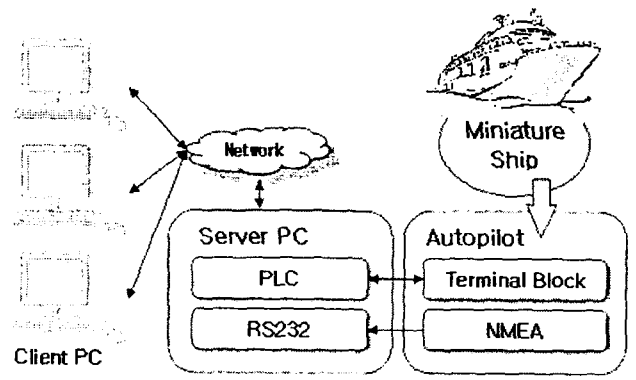
\*목포해양대학교 해상운송시스템학부

\*\*목포해양대학교 대학원 해사정보계측 전공

에 관한 연구와 컴퓨터를 이용한 통합제어 시스템에 관한 연구를 활발하게 진행하고 있다[1]. 그러나 소형선박 및 어선과 같은 환경에서의 지능형 시스템에 관한 연구는 아직도 많이 부족한 실정이다.

또한, 마이크로프로세서(Microprocessor) 기술과 센서(Sensor) 기술의 발달로 인하여 센서로 계측된 신호를 마이크로프로세서가 처리하여 선박 운항자에게 처리 결과를 알려주어 선박 운항에 도움을 주는 자동화 선박이 건조되고 있다. 그러나 자동화 선박 역시 운항자의 경험과 지식을 기반으로 선박이 운항되고 각 세부 시스템의 처리결과를 사람이 판단하여 운항하므로 인적 오류를 크게 배제 할 수 없는 실정이다 [2]. 따라서, 본 논문에서는 지능형 선박을 구현하기 위한 기반 연구로서 선박 운항자의 원격지시로 선박의 조타기를 제어하는 지능형 조타제어시스템을 구축하여 실용화를 위한 방안을 모색하고자 한다.

구체적인 연구방법으로는 지능형 학습 기법을 구현하기 위하여 언어지시기반학습(LIBL)법을 이용하고, 퍼지 조타수 조작 모델을 구축하여 조타시스템을 제어한다. 그리고 모형선박(Miniature Ship)의 조타 시스템을 PC 상에서 원격으로 제어하기 위한 시뮬레이션 시스템을 구축하여 그 유효성을 확인하고자 한다.



〈그림 1〉 원격 조타제어 시스템 구성

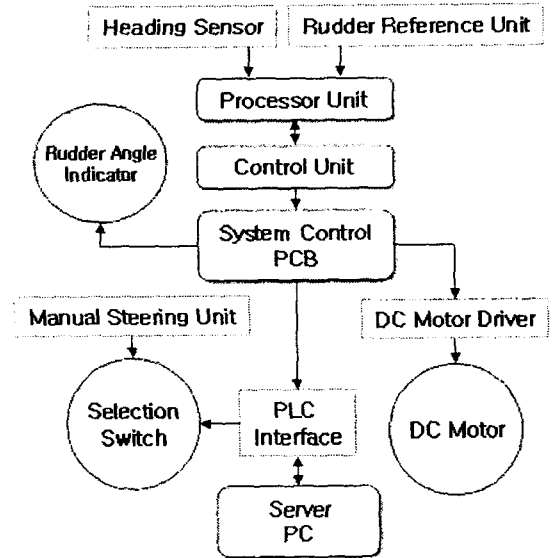
## 2. 원격 조타제어 시스템 구성

원격으로 모형선박의 조타 시스템을 제어하기 위한 전체 시스템 구성은 그림 1과 같다. 사용자가 선박의 방위와 타각 정보를 모니터링하고, 해당 지시명령을 해석하여 서버에 전달하는 클라이언트(Client) PC와 모형선박의 조타 시스템을 제어하고, 선박의 방위 데이터와 타각 데이터를 클라이언트에 보내주는 서버(Server) PC, 그리고 자동조타장치(Autopilot Unit), 모형선박(Miniature Ship)으로 구성된다.

사용자가 클라이언트 PC를 통해 해당 지시명령을 내리면 클라이언트 PC는 지시명령을 해석하여 그 결과를 서버 PC에 전달한다. 서버 PC는 클라이언트 PC로부터 전달받은 데이터를 기반으로 모형선박의 타(Rudder)를 이동시켜 선체를 움직인다. 여기에서, 선박의 방위와 타각 데이터는 방위센서(Heading Sensor)와 러더 레퍼런스 장치(Rudder Reference Unit)에 의해 각각 검출된다. RS232 인터페이스를 통해 모형선박의 타각과 방위 데이터를 입력받고 PLC를 통해 모형선박의 타각을 제어한다. 또한, 타각과 방위 데이터를 클라이언트 PC에 제공해 주는 역할을 한다.

### 2.1 자동 조타 장치

그림 2는 원격 조타제어시스템의 자동조타장치와 시스템 제어 장치 구성을 각각 나타낸다. 자동조타장치의 구성을 살펴보면, 현재 선박의 방위 데이터를 프로세서 유닛에 전달하는 방위센서(Heading Sensor)와 타각(Rudder Angle) 데이터를 프로세서 유닛에 전달하는 러더 레퍼런스 유닛(Rudder Reference Unit), 그리고 방위센서, 러더 레퍼런스 유닛, 제어 유닛에서 입력되는 각각의 데이터를 연산하여 최종 출력인 솔레노이드 밸브 블록(Solenoid Valve Block)



〈그림 2〉 자동조타 및 시스템 제어 장치 구성

에 신호를 전달하는 역할을 하는 프로세서 유닛(Processor Unit)이 있다. 제어 유닛(Control Unit)은 선수 방위와 타각 데이터 등의 표시부가 포함되어 있으며 자동 조타기 항해시 방위 데이터 등을 설정할 수 있는 기능이 있는 자동 조타기의 조작부이다.

## 2.2 시스템 제어 장치

시스템 조작 및 선체 회전장치의 구성을 각각 설명하면 다음과 같다.

### 1) System Control PCB

자동조타기의 제어 유닛에서 RS422 통신으로 타각과 방위 데이터를 받아서 PC에 RS232통신으로 그 데이터를 전달한다. 또한, 타각 데이터를 PC의 PLC에 -10 ~ +10V로 전달한다. 솔레노이드 밸브의 개폐 신호는 실제로 밸브에 전달되는 전압 신호를 PC의 PLC에 전달해준다. 타각 데이터에 따라 DC Driver(선체 회전을 위한 DC Motor 구동용)에 Open Collector Signal로 Port/Starboard 회전방향을 결정시켜주고, 타각 데이터에 따라 DC 0 ~ 5V의 출력으로 DC Driver에서 선체 회전속도의 조절이 가능하도록 하였으며 선체 회전 속도가 디스플레이 된다. 타각 지시기(Rudder Angle Indicator)에 ±10V 출력을 주어 타각 데이터를 지시한다.

### 2) Hydraulic Pump Starter

유압 펌프 모터를 기동과 정지 및 현재 상태 표시 기능이 있다.

### 3) Selection Switch

조타기 작동위치를 선택하는 기능을 하는 스위치이다. Manual, Autopilot, PC의 세 가지 선택이 있다.

### 4) Manual Steering Unit

전기적 신호를 솔레노이드 밸브 블록에 주어 Port, Starboard로 타기의 조작을 가능하게 한다.

### 5) Rudder Angle Indicator

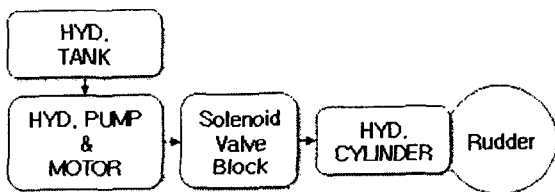
Control PCB에서 ±10V의 출력을 받아서 Rudder의 현재 데이터를 표시하는 기능을 한다.

### 6) DC Driver(with DC Motor)

Control PCB에서 회전방향 및 회전속도 신호를 받아서 DC Motor(선체회전장치)를 구동하여 선체 회전이 가능하게 하는 장치이다.

## 2.3 유압-기계 시스템

그림 3은 모형선박(Miniature Ship)의 타(Rudder)를 제어하기 위한 유압-기계 시스템의 구성을 나타낸다.



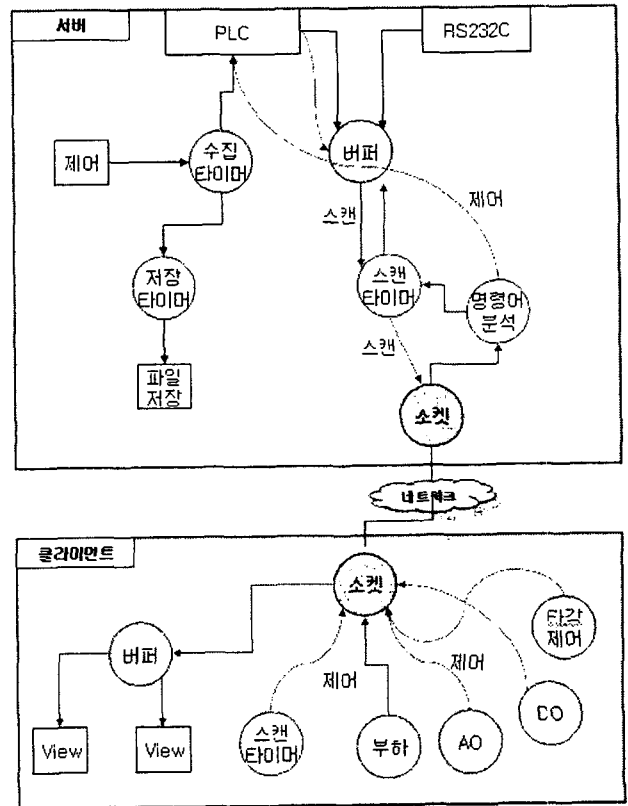
<그림 3> 유압-기계 시스템 구성

유압탱크(Hydraulic Tank)는 유압오일 보관 및 리턴되는 유압오일이 되돌아오는 부분이며, 유압펌프(Hydraulic Pump)는 유압을 형성하는 부분이다. 그리고 솔레노이드 밸브 블록(Solenoid Valve Block)은 자동조타장치, 수동조타장치, 제어용 PC에서 전기적 신호를 전달받아서 유압 실린더(Hydraulic Cylinder)를 작동하는 유압오일을 보내주는 역할을 담당한다. 실린더를 작동하는 유압오일의 유압 및 유량조절 밸브가 포함되어 있다. 마지막으로 유압 실린더와 타는 솔레노이드 밸브에서 유압을 받아서 타를 움직이는 부분이고, 타는 선체의 회전을 유도하는 부분이다.

## 3. 시뮬레이터 구성

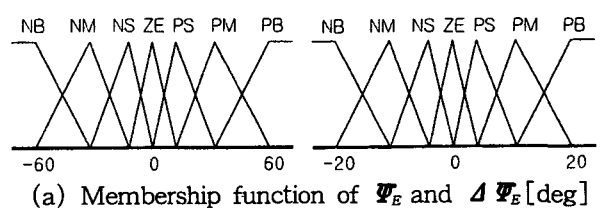
### 3.1 서버 및 클라이언트

그림 4는 원격 조타제어 시뮬레이터의 서버와 클라이언트 구성을 각각 나타낸다. 모형선박의 방위와 타각 데이터를 PLC와 RS232 인터페이스를 통해 입력받고 결과를 출력하여 실질적으로 모형선박의 조타시스템을 제어하는 역할을 한다. 또한, 클라이언트에 TCP/IP 연결되어 모형선박의 상태를 모니터링할 수 있도록 한다.



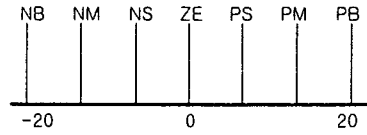
<그림 4> 서버 및 클라이언트 구성

클라이언트(Client)에서는 서버에서 주는 방위와 타각 데이터를 화면에 디스플레이하고, 원격으로 모형선박의 조타시스템을 제어하기 위한 타각과 방위 신호를 서버에 전달하는 역할을 수행한다.



### 3.2 타각 제어 알고리즘

본 논문에서는 타각을 제어하기 위한 기법으로 언어지시기반학습법(LIBL)을 이용하였다. 자연언어를 이용하는 인간의 학습방법에 기초한 퍼지 학습방법인 LIBL은 G. K. Park 및 M. Sugeno가 제안한 시스템으로서 부여된 언어지시를 지금까지 가지고 있는 지식과 결부시켜서 지식을 새롭게 획득하는 것이다. LIBL을 기반으로 하는 조타 제어 시스템의 기본 구성은 그림 5와 같다[3-7].



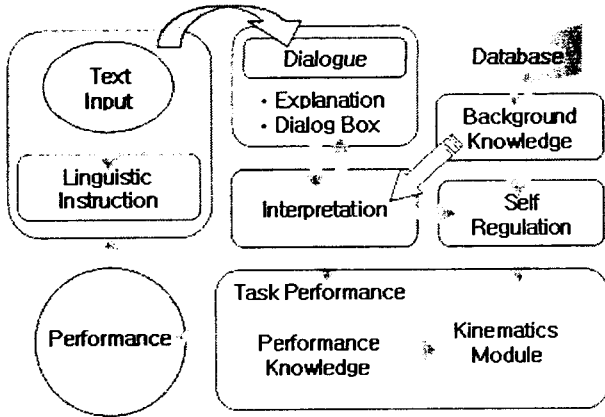
(b) Membership function of  $\delta$  [deg]

<그림 6>  $\Psi_E$ ,  $\Delta\Psi_E$  그리고 타각  $\delta$ 의 멤버십 함수

조타수의 경험을 바탕으로한 조타수 조작모델은 다음과 같은 형태의 13개 제어규칙을 이용하였다.

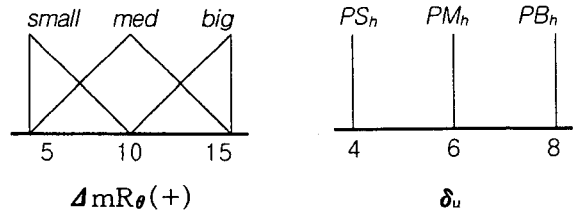
- If  $\Psi_E$  is PB and  $\Delta\Psi_E$  is ZO then  $\delta$  is PB
- If  $\Psi_E$  is ZO and  $\Delta\Psi_E$  is NB then  $\delta$  is NB
- If  $\Psi_E$  is NB and  $\Delta\Psi_E$  is ZO then  $\delta$  is NB

다음으로 평가규칙에 언어해지를 반영한 조정타각  $\delta_u$ 는 그림 7과 같은 멤버십함수를 이용하여 구한다. 언어지시에서 언어해지에 의한 평가규칙 후건부의 이동량이 반영된 평가규칙의 후건부 변수인 조정타각( $\delta_u$ )은  $PS_h$ ,  $PM_h$ ,  $PB_h$ 가 된다.



<그림 5> 언어지시기반 시스템의 구성

지시자의 언어지시에 의해서 컨트롤러를 수정하고, 지시의 의도를 만족해 가는 언어 레벨의 학습으로서, 학습 대상 모델을 의미소로 분류하고, 의미소 간의 인과 네트워크를 이용해서 평가요소의 탐색과 그 경향에 의해 언어지시를 이해한다. 그리고 배경지식에 기초해서 평가 규칙을 생성하고, 제어규칙의 후건부를 수정하여 시스템을 제어한다.



<그림 7>  $\Delta mR_{\theta}(+)$ 과  $\delta_u$ 의 멤버십함수

의미소의 평가규칙은 단일 입출력 퍼지 추론기관으로 구성되고,  $\Delta mR_{\theta}(+)$ 의 경우에는 다음과 같은 제어규칙을 갖는다.

- If  $\Delta mR_{\theta}(+)$  is small, then  $\delta_u$  is  $PS_h$
- If  $\Delta mR_{\theta}(+)$  is medium, then  $\delta_u$  is  $PM_h$
- If  $\Delta mR_{\theta}(+)$  is big, then  $\delta_u$  is  $PB_h$

### 3.3 조타수 조작 모델과 평가 규칙

일반적인 조타수의 조작 모델은 승선 경력이 있는 조타수의 경험을 조사 및 분석하여 그 결과를 바탕으로 퍼지추론에 의해 타각 제어를 위한 제어 모델을 구성하였다. 설정방위( $\Psi_T$ )와 현재방위( $\Psi$ )사이의 오차( $\Psi_E$ )를 전건부의 입력값으로 하고, 후건부의 타각( $\delta$ )을추론하는 방식이다. 시뮬레이션을 위해 사용된 전건부와 후건부의 멤버십 함수는 그림 6과 같다[7].

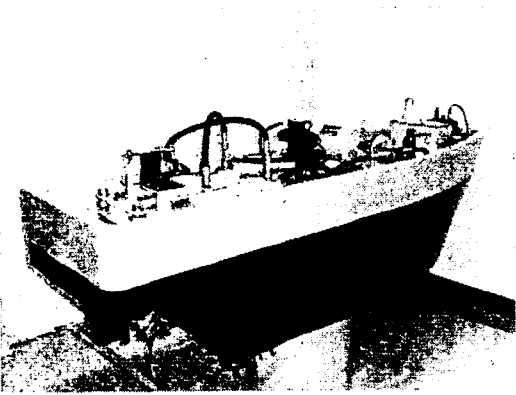
제어규칙 및 평가규칙의 후건부는 퍼지 싱글톤(Fuzzy Singleton)을 채택하고, 추론법으로는 Mamdani의 추론법을 이용하고, 비퍼지화방법으로는 무게중심법(COG)을 이용하였다.

## 4. 실험 및 결과고찰

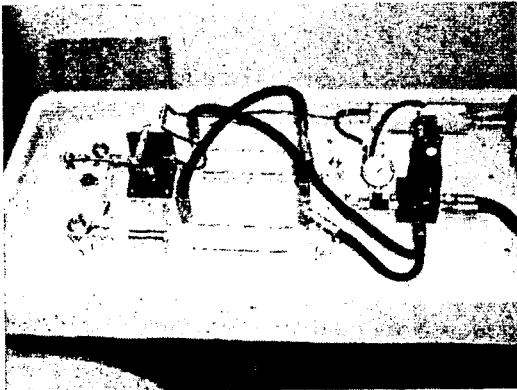
원격 조타제어시스템을 구축하기 위하여 실제 선박을 축소한 모형선박(Miniature Ship)의 조타 시스템을 PC 인터페이스를 통하여 타(Rudder)를 제어하도록 설정하였다. OpenGL/VC++ 6.0(MFC)을 이용하여 시스템 인터페이스를 구현하였고, 모형선박의 조타시스템을 제어하기 위하여 RS232와 PLC 인터페이스를 이용하여 시스템을 구현하였다.

### 4.1 모형선박 시스템 구성

본 논문에서 이용한 모형선박 시스템의 구성은 그림 8과 같다. 실제 선박을 축소한 모형선박과 유압 조타시스템 구성, 자동조타기 그리고 선박의 타를 제어하는 PC로 구성되어 있다.



(a) 모형 선박 구성



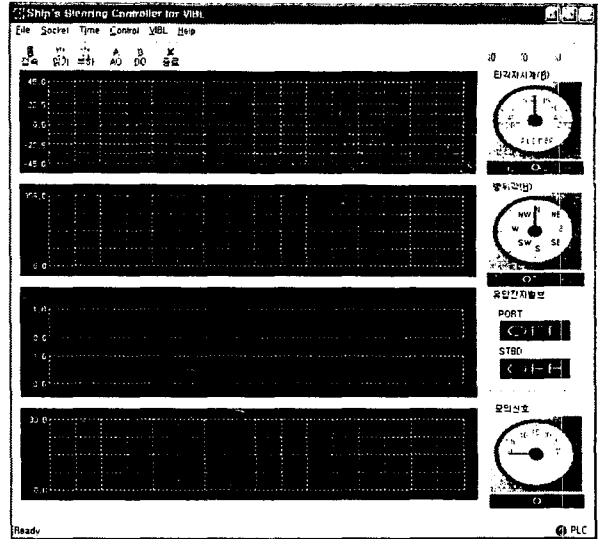
(b) 유압 조타 시스템 구성

<그림 8> 모형선박 시스템 구성

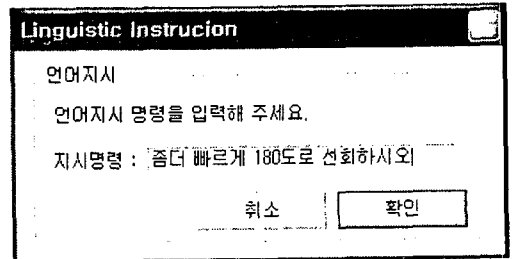
### 4.2 시뮬레이터 인터페이스 구성

원격 조타기 제어 시뮬레이터의 메인 화면은 그림 9와 같다. 모형선박의 조타기를 직접 제어할 수 있도록 하였고, 타각과 방위각, 유압신호 등을 모니터링 할 수

있도록 각각 설정하였다. 그림 10은 사용자가 언어지시 명령을 내리기 위한 인터페이스를 나타낸다.



<그림 9> 시뮬레이터 메인 화면



<그림 10> 언어지시 입력 대화상자

### 4.3 결과고찰

원격 조타제어시스템은 구축된 클라이언트 PC에 해당 음성지시 명령을 내리면 시스템은 설정 방위를 추종하기 위하여 적절하게 타각을 조절하는 형태이다. 그림 11은 본 실험에서 이용한 FURUNO FAP-330 자동조타기의 방위 추종 결과와 선박운항자가 내리는 지시명령을 시스템이 해석하여 타를 제어하고 방위를 추종하는 원격 조타 제어 시스템의 결과를 나타낸다. 선수방위 90도에서 180도로 추종하는 경우의 예를 들어 그 출력결과를 도시한 것이다. 여기에서 원격 조타 제어의 경우 지시는 “좀더 빠르게 180도로 선회하시오”라는 언어지시 형태이다. 그림 9의 (a)에서처럼 자동조타기의 경우 안정적인 180도 추종을 보이고 (b)의 원격 제어의 경우 지시 형태가 “좀더 빠르게”의 의미를 내포하므로 자동조타기의 방위 추종보다 조금 빠른 180도 추종결과를 확인할 수 있다.

하여 모형선박이 아닌 실제 선박에서 테스트를 하는 연구가 필요하다.

◆ 참고 문헌 ◆

[1] K. KARASUNO, H. ODA, K. IGARASHI and T. NITTA, "Support System Voice Recognition for Maneuvering and Working on Fishing Boat", Journal of Japan Navigation, vol 92, pp. 57-64, 1995.

[2] 임용근, 박종원, 최병철, "디지털 선박의 구현 방안 연구", 선박해양기술, vol. 33, pp. 15-20, 2002.

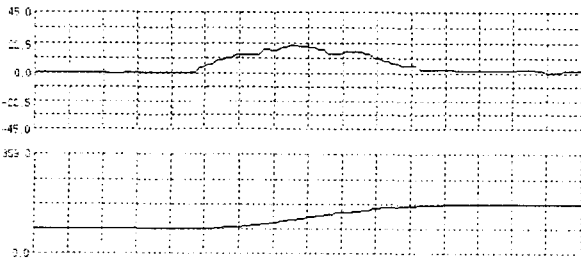
[3] G.K.Park, "Learning Based on Interpretation of Linguistic Instructions Using Fuzzy Theory", Tokyo Institute of Technology, Doctor Thesis, 1993.

[4] 조중선, 박계각, 정경욱, 박래석, "LIBL을 이용한 다이내믹 시스템의 퍼지제어", 퍼지 및 지능시스템학회 추계학술대회 발표논문집, pp.139-144, 1995.

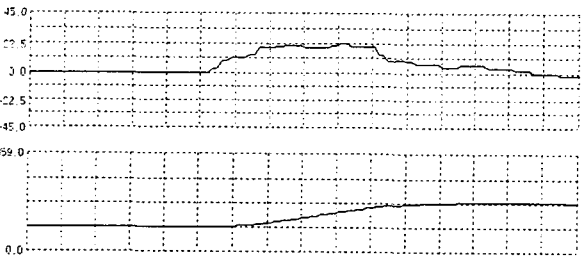
[5] G.K. Park and M. Sugeno, "Learning Based on Linguistic Instruction using Fuzzy Theory", Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Systems, vol. 4, No. 6 pp. 1164-1181, 1992.

[6] G.K. Park and M. Sugeno, "An Approach to Linguistic Instruction Based Learning, International J. of Uncertainty", Fuzziness and Knowledge Based Systems, vol. 1, No. 2, pp. 1956, 1993.

[7] 박계각, 서기열, "언어지시에 의한 지능형 조타기 제어 시스템", 퍼지 및 지능시스템학회, vol. 12, no. 5, pp. 417-423, 2002.



(a) 자동조타기(FURUNO FAP-330)



(b) 원격 조타 제어 시스템

<그림 11> 자동조타기와 원격 조타시스템 결과

## 5. 결론

본 논문에서는 실제 선박을 축소된 모형선박(Miniature Ship)의 조타시스템을 이용하여 원격 조타기 제어 시스템을 구축하였다. 자연언어를 사용한 인간의 학습방법에 기초한 언어지시기반학습(LIBL) 시스템을 적용하여 그 효용성을 살펴보았다. 구체적인 연구 결과로는 조타기를 원격제어하기 위한 언어지시방법을 제시하였고, 퍼지 추론을 이용하여 일반적인 조타수의 경험을 기반으로 조타 조작 모델을 구축하였고, 조타수의 조작 모델 규칙을 수정하기 위한 평가규칙을 제시하였다. 또한, 언어지시에 의한 원격 조타 제어 시스템을 구축하기 위하여 실제 선박을 축소된 모형선박의 조타시스템을 PC 인터페이스를 통하여 원격으로 타(Rudder)를 제어하도록 설정하였고, 자동조타기(FURUNO FAP-330)와 비교 분석하여 시스템의 효율적인 응답결과를 확인하였다.

본 연구에서는 보다 효율적인 언어지시의 형태에 대한 분석이 필요하고, 선박 조타에 영향을 미치는 요인인 바람, 파도, 기상조건 등의 외부 환경적인 영향을 고려하지 않았기 때문에 앞으로 조타에 영향을 미치는 요인까지 고려하여 보다 정확한 지능형 제어 시스템을 구축할 필요가 있으며, 실용화를 위해서는 제안된 알고리즘을 구현할 수 있는 하드웨어를 구성