

# TCP/IP 기반의 지능형 조타제어시스템에 관한 연구

서기열\* · 오세웅\* · 조득재\* · 박상현\* · 서상현\*

\*한국해양연구원 해양시스템안전연구소

## Intelligent Control System for Ship Steering Gear Using TCP/IP

Ki-yeol Seo\* · Se-woong Oh\* · Deuk-jae Cho\* · Sang-hyun Park\* · Sang-hyun Suh\*

\*Korea Ocean Research & Development Institute

E-mail : vito@moeri.re.kr

### 요 약

본 논문에서는 네트워크 기반의 스마트 선박을 구현하기 위한 연구의 일환으로서, TCP/IP 기반의 지능형 선박 조타제어시스템을 구축하여, 시스템의 효용성을 살펴보고, 그 실용화 방안을 모색한다. 구체적인 연구방법으로, 먼저, 선박의 조타시스템을 PC 상에서 원격으로 제어하기 위한 TCP/IP 소켓 기반의 프로그래밍 및 네트워크 시스템을 구현하고, 다음으로 퍼지 추론에 의하여 타각을 제어하기 위한 퍼지 조타 조작 모델을 구축하여 적용한다. 마지막으로 실제 선박의 조타시스템을 축소한 모형조타제어시스템에 적용하여 그 유효성을 확인하였다.

### ABSTRACT

The important field of research on ship operation is related to the high efficiency of transportation, the convenience of maneuvering ships and the safety of navigation. For these purposes, many intelligent technologies for ship automation have been required and studied. As a way of practical application for a smart ship based on network system, this paper proposes the intelligent control system for ship steering gear based on TCP/IP and desires to testify the validity of the proposal by applying the fuzzy control model to the steering gear system. As study method, the fuzzy inference was adopted to build the maneuvering models of steersman and then the network system was implemented using the TCP/IP Socket programming. Lastly, the miniature steering control system was designed to testify for its effectiveness.

### 키워드

지능형 조타제어시스템, 네트워크, TCP/IP, 퍼지 조타 조작 모델, 스마트 선박, 퍼지 추론

### 1. 서 론

현재의 선박운항에 있어서, 위험 수역이나 통항 선박이 근접하여 충돌의 위험이 있는 비상상황이 발생하면 항해사의 업무는 급격히 증가하게 되고, 자선 및 타선의 상태 변화에 대하여 끊임없이 주시하면서 자선의 조선 방법에 대한 판단과 결정을 신속히 수행해야 한다. 외부의 상황을 눈으로 관찰하면서 수많은 항해 장비의 정보들을 읽어야 하는 상황에서 네트워크 기반의 원격제어에 의한 선박조종 및 작업제어를 수행할 수 있다면 업무의 부담을 크게 줄일 수 있을 것이다[1]. 따라서 선박운항의 안전과 효율성을 보다 증대시키기 위

한 노력의 일환으로서, 지능형 선박이나 네트워크 기반의 통합형 제어시스템에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 또한 디지털 선박은 선박 내의 각종 센서로부터 계속된 데이터가 통합 관리되어 선박제어 및 자율운항이 가능하고, 선박 운항시 발생할 수 있는 상황에 대해 보다 효율적이고 정확한 정보 제공이 가능하다[2-3].

따라서 본 논문에서는 차세대 지능형 선박을 구현하기 위한 기반 연구로서, 선박의 조타시스템을 네트워크에 기반한 원격 모니터링 및 제어가 가능한 지능형 조타제어시스템을 구축하여 실용화를 위한 방안을 모색하고자 한다. 구체적인 연구방법으로, 먼저, 선박의 조타시스템을 PC 상에

서 원격으로 제어하기 위한 TCP/IP 소켓 기반의 프로그래밍 및 네트워크 시스템을 구현하고, 다음으로 퍼지 추론에 의하여 타각을 제어하기 위한 퍼지 조타 조작 모델을 구축하여 적용한다. 마지막으로 실제 선박의 조타시스템을 축소한 모형조타제어시스템에 적용하여 그 유효성을 확인하고자 한다.

## II. 선박 조타용 네트워크 시스템

### 2.1 네트워크 기반 조타제어시스템 구성

원격으로 선박의 조타 시스템을 제어하기 위한 전체 시스템 구성은 그림 1과 같다. 사용자가 선박의 방위와 타각 정보를 모니터링하고, 해당 지시명령을 해석하여 서버에 전달하는 클라이언트(Client)와 모형선박의 조타 시스템을 제어하고, 선박의 방위 데이터와 타각 데이터를 클라이언트에 보내주는 서버(Server), 그리고 자동조타장치(Autopilot Unit), 실제 선박의 조타시스템을 축소한 모형조타제어시스템으로 각각 구성된다.

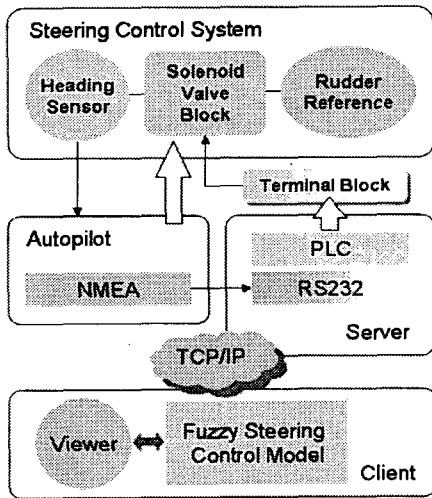


그림 1. 원격 조타제어 시스템 구성

이용자가 클라이언트 시스템을 통하여 해당 지시명령을 내리면 클라이언트는 지시명령을 해석하여 그 결과를 서버 시스템에 전달한다. 서버는 클라이언트로부터 전달받은 데이터를 기반으로 조타기 제어시스템의 타기(Rudder)를 이동시켜 선체를 움직인다. 여기에서, 선박의 방위와 타각 데이터는 방위 센서(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 시스템에 제공해 주는 역할을 담당한다.

### 2.2 서버와 클라이언트 구성

그림 2는 선박 조타용 네트워크 시스템의 서버와 클라이언트 구성을 각각 나타낸다. 조타제어시스템의 방위와 타각 데이터를 PLC와 RS232 인터페이스를 통해 입력받고, 그 결과를 출력하여 모형선박의 조타시스템을 제어하는 역할을 한다. 또한 클라이언트에 TCP/IP 연결되어 모형선박의 상태를 모니터링 할 수 있도록 한다. 클라이언트에서는 서버에서 주는 방위와 타각 데이터를 화면에 디스플레이하고, 선박의 조타시스템을 원격 제어하기 위한 타각과 방위 신호를 서버에 전달하는 역할을 수행한다.

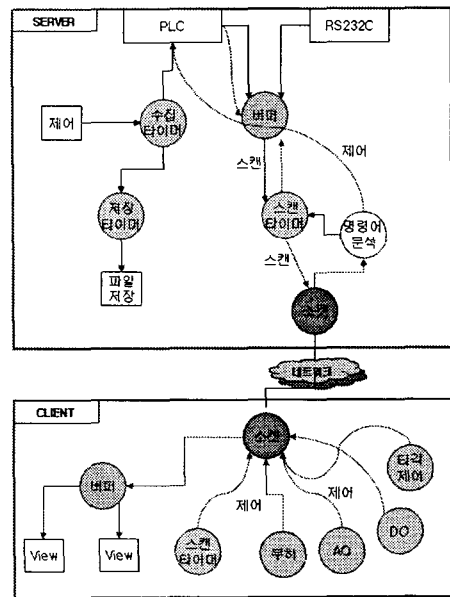


그림 2. 서버와 클라이언트 구성

### 2.3 NMEA 인터페이스

NMEA(National Marine Electronics Association)는 해양관련 장비의 인터페이스 프로토콜의 표준으로 사용되고 있다. GPS 장치에 있어서도 이 NMEA 0183 프로토콜이 국제표준으로 되어있어, 대다수의 GPS 장치들이 NMEA 0183 인터페이스를 지원하고 있다.

본 연구에서는 일본 FURUNO사의 FAP-330 자동조타기 모델에서 출력되는 NMEA 신호의 방위와 타각을 선택하여 제어하도록 구성하였다. 본 연구에서 사용한 FURUNO FAP-330 자동조타기의 NMEA Sentence의 구조 예를 들면 다음과 같다.

\$PFEC,AGFPA,B,324,S05.0,324,N,OT0

여기에서, "324"는 방위각, "S05"는 조타각을 각각 의미한다.

### III. 퍼지 조타 조작 모델

#### 3.1 타각 제어 알고리즘

본 논문에서는 타각을 제어하기 위한 기법으로 언어지시기반학습법(Linguistic Instruction Based Learning, LIBL)을 이용한다. 자연언어를 이용하는 인간의 학습방법에 기초한 퍼지 학습방법인 언어지시기반학습(LIBL)은 G. K. Park 및 M. Sugeno가 제안한 시스템으로서, 부여된 언어지시를 기존 지식과 결부시켜서 지식을 새롭게 획득하는 것이다. LIBL을 기반으로 하는 조타 제어 시스템의 기본 구성은 그림 3과 같다[4-5].

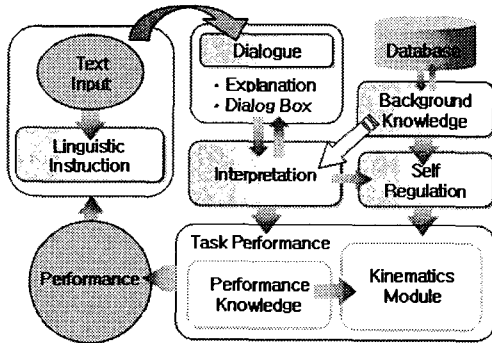


그림 3. 언어지시기반 시스템의 구성

#### 3.2 조타수 조작 모델과 평가 규칙

일반적인 조타수의 조작 모델은 승선 경력이 많은 조타수의 경험을 조사 분석한 결과를 바탕으로 퍼지추론을 이용하여, 타각 제어를 위한 제어 모델을 구성하였다. 설정방위( $\Psi$ )와 현재방위( $\psi$ ) 사이의 오차( $\Psi_E$ )를 전건부의 입력값으로 하고, 후건부의 타각( $\delta$ )을 추론하는 방식이다[5]. 시뮬레이션을 위해 사용된 전건부와 후건부의 멤버십 함수는 그림 4와 같다.

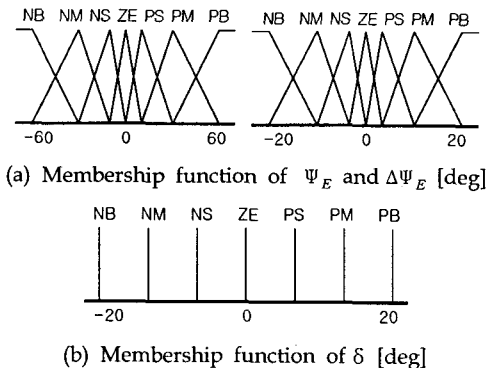


그림 4.  $\Psi_E$ ,  $\Delta\Psi_E$  그리고 타각  $\delta$ 의 멤버십 함수

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 조정 타각  $\delta_u$ 는 그림 5와 같은 멤버십 함수를 이용하여 구한다. 언어지시에서 언어해지에 의한 평가규칙 후건부의 이동량이 반영된 평가규칙의 후건부 변수인 조정타각( $\delta_u$ )은  $PS_h$ ,  $PM_h$ ,  $PB_h$ 가 된다.

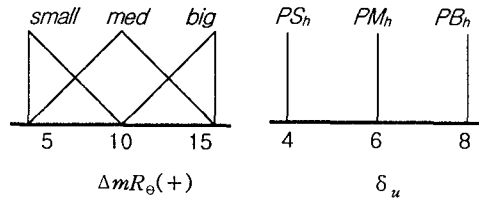


그림 5.  $\Delta mR_e(+)$  과  $\delta_u$ 의 멤버십 함수

의미소의 평가규칙은 단일 입력력 퍼지 추론 기관으로 구성되고,  $\Delta mR_e(+)$ 의 경우에는 다음과 같은 제어규칙을 갖는다. 제어규칙 및 평가규칙의 후건부는 퍼지 싱글톤(Fuzzy Singleton)을 채택하고, 추론법으로는 Mamdani의 추론법을 이용하고, 비퍼지화방법으로는 무게중심법(COG)을 이용하였다.

- If  $\Delta mR_e(+)$  is small, then  $\delta_u$  is  $PS_h$
- If  $\Delta mR_e(+)$  is med, then  $\delta_u$  is  $PM_h$
- If  $\Delta mR_e(+)$  is big, then  $\delta_u$  is  $PB_h$

### IV. 조타제어시스템 구성

#### 4.1 조타 시스템의 기본 구성

조타제어시스템은 항해사의 언어지시 명령이 입력되면 언어지시기반시스템에서 항해사의 언어지시 의미를 파악해 타각을 적절하게 제어하는 방식이다. 일반적으로 조타수가 타각을 제어하는 경험을 바탕으로 퍼지추론을 이용하여 조타수의 타각제어 모델을 구성한다. LIBL 기반 조타 시스템의 기본 블록다이어그램은 그림 6과 같다[5].

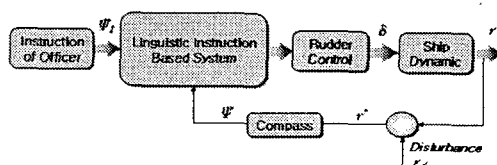


그림 6. 조타 시스템의 블록다이어그램

본 논문에서 적용한 선박의 방위 계산식은 다음과 같다[6]. 타각(Rudder angle)  $\delta$ 에 언어지시에 의한 퍼지추론 결과를 더하여 선회율( $r$ )을 구해 방위를 구하는 형식이다.

$$r = R \sqrt{v_t} \cdot \delta^* \quad (1)$$

$$\Psi = \int_0^t r^* dt, \quad r^* = r + r_d \quad (2)$$

$$\delta^* = \delta + \delta_u \quad (3)$$

여기에서,  $r$ 은 타각절에 의한 선회율,  $R$ 은 보정 상수(0.01),  $v_t$ 는 선속,  $\delta$ 는 조타수 모델에 의한 추론 조타각,  $\delta_u$ 는 언어지시에 의한 타각,  $\delta^*$ 는  $\delta$ 와  $\delta_u$ 의 타각 합계,  $r_d$ 는 바람/파도 방해로 인한 편요율, 그리고  $\Psi$ 는 선수 방위를 나타낸다.

#### 4.2 자동 조타 및 시스템 제어 장치

조타제어시스템의 자동조타장치와 시스템 제어 장치의 구성은 그림 7과 같다. 현재 선박의 방위 데이터를 프로세서 유닛에 전달하는 방위 센서(Heading Sensor)와 타각(Rudder Angle) 데이터를 프로세서 유닛에 전달하는 러더 레퍼런스 유닛(Rudder Reference Unit), 그리고 방위 센서, 러더 레퍼런스 유닛, 제어 유닛에서 입력되는 각각의 데이터를 연산하여 최종 출력인 솔레노이드 밸브(Solenoid Valve Block)에 신호를 전달하는 역할을 수행하는 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.

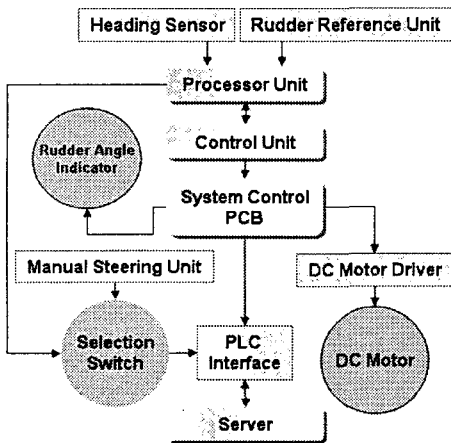


그림 7. 자동조타 및 시스템 제어 장치 구성

## V. 시뮬레이션 결과

네트워크 기반의 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.

### 5.1 네트워크 기반 조타제어시스템

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

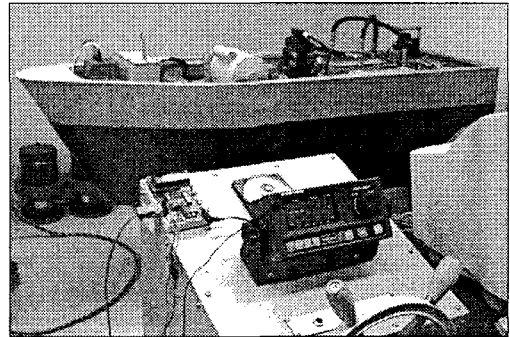


그림 8. 모형선박 시스템 구성

### 5.2 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.

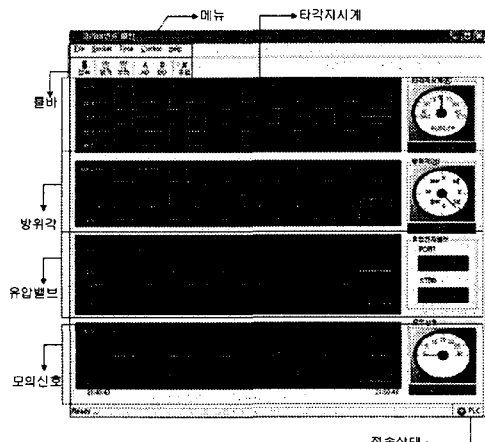
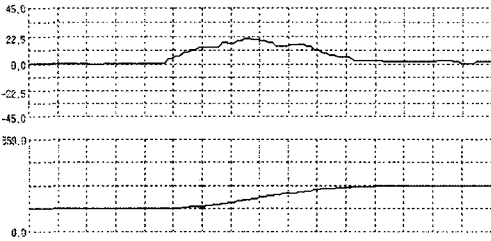


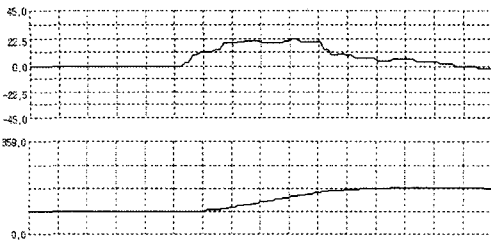
그림 9. 시뮬레이터 메인 화면

5.3 결과 고찰

네트워크 기반의 선박 조타제어시스템은 구축된 클라이언트 시스템에 해당 음성지시 명령을 내리면, 시스템은 설정 방위를 추종하기 위하여 적절하게 타각을 조절하는 형태이다. 그림 10은 본 실험에서 이용한 FURUNO FAP-330 자동조타기의 방위 추종 결과와 선박 운항자가 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 10의 (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.



(a) 자동조타기(FURUNO FAP-330)



(b) 원격 조타 제어 시스템

그림 10. 자동조타기와 원격 조타시스템 결과

VI. 결 론

본 논문에서는 지능형 선박을 구현하기 위한 연구의 일환으로, 실제 선박의 조타시스템을 축소된 모형 조타제어시스템을 이용하여, TCP/IP 기반의 지능형 조타제어시스템을 구축하였다. 지능형 조타제어시스템을 구현하기 위해 자연언어를 사용한 인간의 학습방법에 기초한 언어지시기반 학습(LIBL) 시스템을 적용하여 그 효용성을 살펴 보았다. 구체적인 연구 결과로는 조타기를 원격제어하기 위한 네트워크 구성과 언어지시방법을 제시하였고, 퍼지 추론을 이용하여 일반적인 조타수

의 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 모형 조타제어시스템을 네트워크를 통하여 원격으로 타(Rudder)를 제어하도록 설정하였고, 자동조타기(FURUNO FAP-330)와 비교 분석하여, 시스템의 적용 가능성을 확인하였다.

그러나 네트워크 지연에 대한 충분한 고려가 필요하고, 보다 효율적인 언어지시의 형태에 대한 분석이 필요하다. 또한 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, 모형 조타제어시스템이 아닌 실제 선박에서 테스트를 하는 연구가 필요하다.

후 기

본 논문은 한국해양연구원의 기본연구사업인 “네트워크 기반의 항만관제 및 항법체계기술 개발” 과제에 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [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] 임용곤, 박종원, 최병철, “디지털 선박의 구현 방안 연구”, 선박해양기술, vol. 33, pp. 15-20, 2002.
- [3] 김제양, 정선태 외 4인, 디지털 선박을 위한 선박 통합형 네트워크 설계 및 구현, 한국해양정보통신학회, vol. 9, no. 6, pp. 1202-1209, 2005.
- [4] 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.
- [5] 박계각, 서기열, “언어지시에 의한 지능형 조타기 제어 시스템”, 퍼지 및 지능시스템학회, vol. 12, no. 5, pp. 417-423, 2002.
- [6] K.H.Sohn, G.W.Lee, G.Lim, J.C. Bae, “A Study on the Prediction of Propulsive Energy Loss Related to Automatic Steering of Ships”, International Symposium on VTS & IBS '95, November 2-3, 1995.