
퍼지제어 알고리즘을 이용한 선박의 자율운항 시스템 설계

이민수*, 추연규*, 이광석*, 김현덕*, 박연식**

Design of The Autopilot System of vessel using Fuzzy Algoritim

Min-Soo Lee*, Yeon-Gyu Choo*, Kwang-Seok Lee*, Hyun-Duck Kim*, Yeoun-Sik Park**

요 약

선박 자율운항 시스템은 운항 안전성 확보, 운항능률의 향상, 선내 노동력 감소 및 작업환경 개선에 목 표로 두고 있으며, 궁극적으로는 운항 경제성 확보를 통한 승선 인원의 최소화에 그 목적이 있다. 최근에는 적응제어방법 등을 응용하여 선박의 다양한 비선형성을 보상하고 선박의 회두각 유지제어, 항로 추적제어, 롤-타각제어, 선박 위치제어, 선박 자동접이안 등의 분야에 관한 연구가 수행중이며 실제 선박을 대상으로 한 응용연구가 진행중에 있다. 선박의 Steering Machine에 의해 조정되는 Rudder angle과 선박의 회두각의 관계와 Load Condition은 선박운항 파라미터에 영향을 주는 비선형적인 요소로서 작용한다. 또한 외란요소 인 파도의 유속과 방향, 풍속과 풍량 등은 선박의 운항을 힘들게 하는 주요 요인이 된다. 따라서 선박 자율 운항 시스템에는 다양한 비선형성을 극복할 수 있는 강인한 제어 알고리즘을 필요로 한다. 본 논문에서는 퍼지 알고리즘을 이용하여 선박의 비선형적인 요인 및 외란을 극복할 수 있는 선박 자율운항 시스템을 설 계하고 시뮬레이션을 통해 제안된 알고리즘의 우수성을 확인하였다.

ABSTRACT

The autopilot system of vessel is proposed to take service safety and security, to elevate service efficiency, to decrease labor and to improve working environment. Ultimate purpose of the proposed system is to minimize the number of crew by guaranteeing economical efficiency of shipping service. Recently, the research is being achieved to compensate various nonlinear parameters of vessel and apply it to course keeping control, track keeping control, roll-rudder stabilization, dynamic ship positioning and automatic mooring control etc. using optimizing control technique. Relation between rudder angle controlled by steering machine of vessel and ship-heading angle, and load condition of ship is nonlinear, which affects various parameters of shipping service. The speed and direction of waves, velocity and quantity of wind, which also cause the non-linearity of it. Therefore the autopilot system of ship requires the robust control algorithm can overcome various non-linearity. On this paper, we design the autopilot system of ship, which overcomes nonlinear parameters and disturbance of it using Fuzzy Algorithm, evaluate the proposed algorithm and its excellence through simulation.

키워드

퍼지제어, 운항각, 자율운항, 회두각, 소속함수

*진주산업대학교

**경상대학교 해양산업연구소

접수일자 : 2003. 12. 4

1. 서론

선박 자동화(Ship Automation)는 편의상 선박 운항 자동화와 선내 사무자동화로 대별해 볼 수 있는데 선박 운항 자동화는 선박을 운행하는데 직접적으로 필요한 항법, 의장 및 추진 장치의 자동화를 의미한다.

선박 운항 자동화 시스템 기술은 선박 설계 및 건조 기술과 더불어 조선소의 기술력을 대변하는 핵심 설계 기술의 하나로 수주 경쟁력을 높이는 데 중요한 위치를 차지하고 있다.[1] 이러한 선박 운항 자동화 시스템은 선내 노동의 감소, 작업환경 개선, 운항 안전성 확보 및 운항능률의 향상을 목표로 하며, 궁극적으로는 운항 경제성 확보를 위한 승선 인원의 최소화에 그 목적이 있다고 하겠다.[2]

선박 운항 자동화의 실현 결과는 바로 승선 인원의 감소로 이어진다. 그러므로 승선 인원수는 자동화 기술의 척도라 할 수 있다. 즉 선박 운항에 필요한 작업 기능을 집약화, 단순화 하여 계통화하고 이를 시스템으로 실현시키는 것이 선박 운항 자동화 시스템 기술이기 때문이다.

선박의 운동에 관련된 연구에는 선박 회두각유지제어, 항로추적제어, 롤-타각제어 등의 분야가 있다.[3][4][5]

선박은 Steering Machine에 의해 조정되는 Rudder angle과 선박의 회두각의 관계는 비선형적이며, 선박의 Load Condition은 선박의 Parameter에 영향을 주는 비선형적인 요소로서 작용

한다. 또한 외란요소인 파도의 유속(流速)과 방향, 풍속과 풍량 등이 비선형적인 형태로 작용하므로 선박의 운항을 힘들게 하는 요인이 된다. 따라서 선박의 운항시스템에는 비선형성을 극복할 수 있는 강인한 제어 알고리즘을 요구한다.[6][7]

본 논문에서는 퍼지 알고리즘을 이용하여 선박의 비선형적인 요인 및 외란을 극복할 수 있는 선박의 자율운항 시스템을 설계하고 시뮬레이션을 통해 그 결과를 살펴보았다

II. 시스템 설계

항해란 선박을 한 위치에서 다른 위치로 안전하고 신속하게 또 경제적으로 유도해 가는 방법을 말한다.

항해중인 선박은 그림 1과 같이 6자유도(6-Degree) 운동을 하게 된다. 이 운동은 선박 중심의 직교 좌표축을 기준으로 한 병진운동(X축의 서어징(Surging), Y축의 스웨이잉(Swaying), Z축의 히이빙(Heaving))과 3축을 중심으로 한 회전운동(롤링(Rolling), 피칭(Pitching), 요잉(Yawing))으로 구분된다.

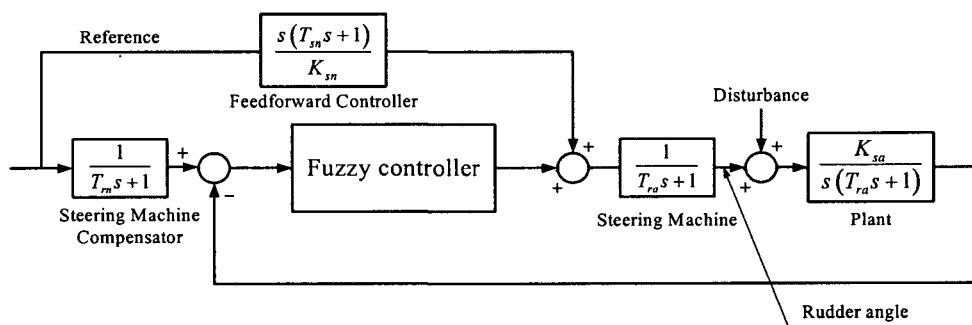


그림 2. 퍼지 제어를 사용한 선박시스템
Fig. 2. System of Ship using Fuzzy Controller

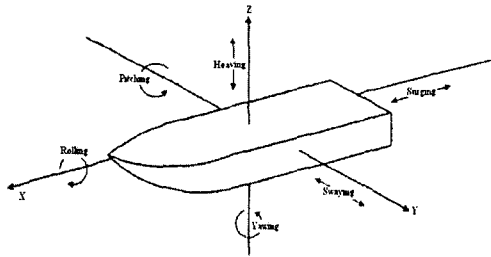


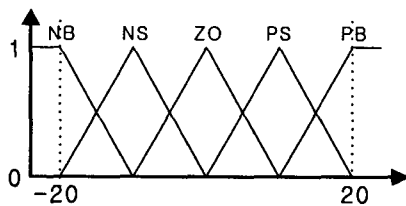
그림 1. 선박의 6자유도 운동
Fig. 1. 6-degree motion of ship

본 논문에서는 선박의 회두각에 대한 전달함수를 제시하고 이를 일반적인 PID 제어기와 Fuzzy 제어기를 각각 사용하여 성능을 평가한다. 선박의 항해중에 발생하는 외란요소인 파도의 유속(流速)과 방향, 풍속과 풍량 등이 비선형적인 형태로 작용하므로 선박은 강인한 제어를 요구한다. 따라서, 본 논문에서는 선박 시스템을 Fuzzy 제어기를 설계하여 적용하였다. 그림 2는 본 논문에서 사용한 퍼지 제어기를 결합한 전체블록도를 나타낸 것이다.

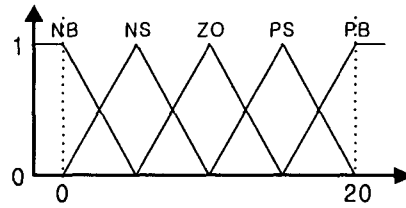
표 1과 그림 3은 본 논문에서 설계한 퍼지제어의 규칙 및 멤버십 함수를 나타낸 것이다.

표 1. 퍼지 규칙
Table 1. Table of fuzzy rule

ce \ e	NB	NS	ZO	PS	PB
NB	NB	NB	NB	NS	ZO
NS	NB	NS	NS	ZO	PS
ZO	NB	NS	ZO	PS	PB
PS	NS	ZO	PS	PS	PB
PB	ZO	PS	PB	PB	PB



(a) e, ce 멤버십 함수
(a) Membership Functions of e, ce



(b) u 멤버십 함수
(b) Membership Functions of u
그림 3. 멤버십 함수
Fig. 3. Membership Functions

III. 시뮬레이션

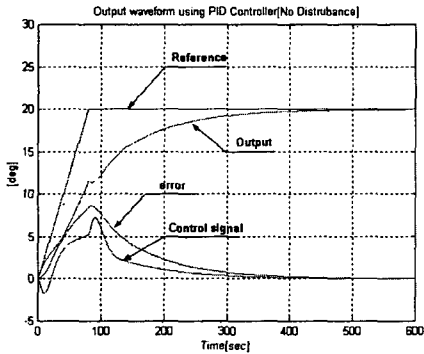
본 논문에서는 제시한 선박의 전달함수를 PID 제어기와 Fuzzy 제어기를 설계하여 적용하고, 그 응답특성을 비교하였다. Table 2는 시뮬레이션에 사용된 PID 제어기와 시스템의 계수들을 나타낸 것이다.

표 2. 파라미터 값
Table 2. Coefficient of Controller

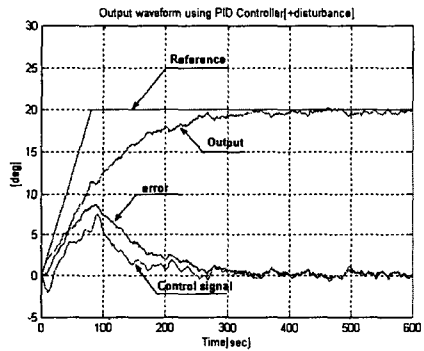
K_{sn}	0.034 [1/s]
T_{sn}	11.4 [s]
K_p	3.33 [s]
T_D	40.64 [s]
b_2	3.3 [s ²]
b_1	4.1 [s]

Fig 4는 PID 제어기를 사용한 경우에 대한 선박의 운항 시뮬레이션 결과이다. 선박의 운항에 있어서 풍속, 파고 등과 같이 여러 가지 외란 성분이 존재한다. 본 논문에서는 이러한 외란 성분들 중 풍속만을 사용하여 선박의 외란성분으로 사용하였다. 그림 4(a)는 선박의 진행방향에 대해 외란이 없는 경우로서 원하는 선박의 선회각에 대해 안정된 특성이 나타남을 확인하였다. 그러나 원하는 시간내에 선박의 선회가 매우 느리게 이루어졌으며, 그림 4(b), (c)는 선박의 진행방향쪽(+)으로 외란을 인가한 경우, 진행방향과 반대방향(-)으로

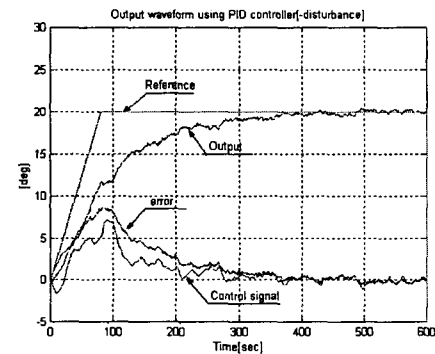
외란을 인가한 경우로서 외란을 인가하지 않은 경우와 비교하여 응답특성이 매우 불안정하게 나타남을 확인하였다.



(a) 외란이 없는 경우
(a) No disturbance



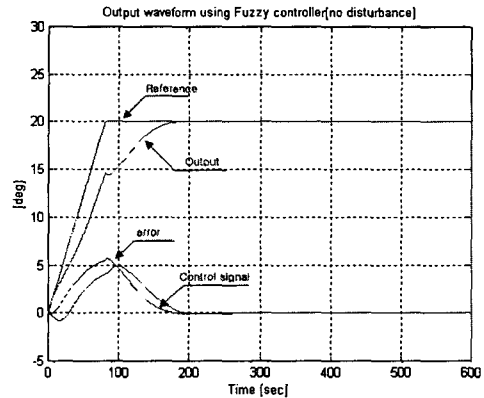
(b) (+) 외란
(b) (+) disturbance



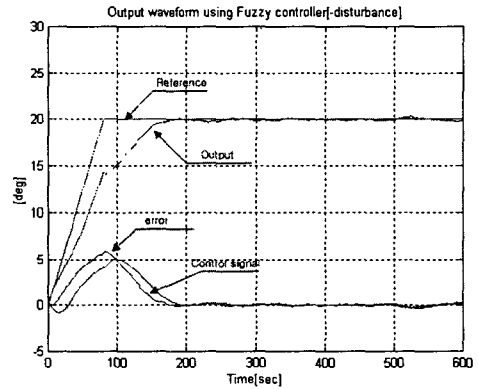
(c) (-) 외란
(c) (-) disturbance

그림 4. PID 제어를 사용한 경우의 응답
Fig. 4. Output waveform using PID controller

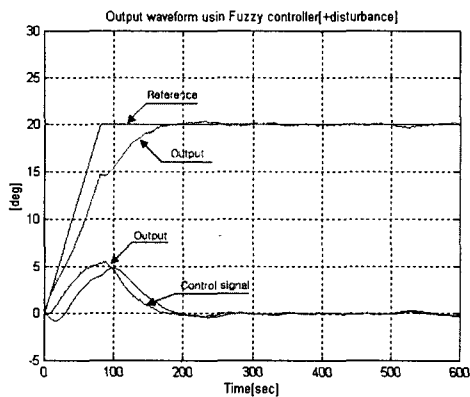
그림 5는 본 논문에서 설계한 퍼지 제어를 사용한 경우에 대한 선박의 운항 시뮬레이션 결과이다. 그림 5의 (a), (b), (c)는 앞서 살펴본 PID 제어기의 경우와 같은 조건에서 시뮬레이션 한 결과로서 PID 제어기와 비교하여 응답특성이 뛰어난 것을 확인하였다. 특히 외란을 인가한 경우와 그렇지 않은 경우와 비교하여 큰 차이가 나지 않음을 확인하였다. 그러나 퍼지 제어를 사용한 경우 역시 선박의 원하는 운항각에 대해 매우 느린 응답특성이 나타남을 확인하였다.



(a) 외란이 없는 경우
(a) No disturbance



(b) (+) 외란
(b) (+) disturbance



(c) (-) 외란

(c) (-) disturbance

그림 5. 퍼지 제어를 사용한 경우 응답

Fig. 5. Output waveform using Fuzzy controller

IV. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 비선형적인 외란에 노출되는 선박의 전달함수를 제시하고 이를 PID 제어기와 Fuzzy 제어를 사용하여 그 응답특성을 살펴 보았다. 그 결과 Fuzzy 제어기는 그 강인함에 의하여 PID 제어기에 비하여 좋은 응답특성을 나타내었다. 그러나 본 논문에서 설계한 퍼지 제어기가 PID 제어기 보다 우수한 특성이 나타나지만 선박의 운항각에 대해 매우 느린 응답특성이 나타남을 확인하였다. 이는 본 논문에서 설계한 퍼지 제어기의 소속함수, 규칙의 문제인 것으로 판단되며, 또한 이동 궤적의 추조이 없는 회두각의 제어만으로는 원하는 위치로의 항해는 어렵다는 것을 의미한다. 따라서 향후 과제로는 회두각과 함께 이동 궤적을 추종하는 제어시스템을 고찰하고자 한다.

참고 문헌

- [1] Fuyuki HANE, and Isao MASUZAWA. "A Technique of Parameter Identification via Mean Value and Variance and Its Application to Course Change of a Ship" proc. of the 14th KACC, october 1999.
- [2] 이병걸, 김종화. "The studying on the Track and Control Algorithm for the Autonomous Tracking Control of the Ship" proc. of the 13th KACC, october 1998.
- [3] 조영준, 이강원, 공오영, 신호순. "A Recent Trend of the ship operation Automation System. 87 한국자동제어학술대회논문집 1987. 10.16~17.
- [4] 조성희, 최재원 "A Comparison study on GPS and LORAN for Water Vehicle Survey" proc. of the 14 KACC, october 1999.
- [5] 고운용, 황승욱, 진강규 "Design and Stabilization of a Shipboard Staellite Antenna System. proc. of the 13th KACC, october 1998.
- [6] "김영복, 채규훈, "선박 주행속도 변화를 고려한 Rudder-Roll Stabilization System 설계에 관한 연구", 제어 자동화 시스템 공학회, 8권 5호, pp. 365-372, 2002. 5
- [7] 이병걸, 김종화, "선박의 자동 항로 추적 제어를 위한 추적 알고리즘과 제어 알고리즘에 관한 연구", Proc. of 13th, KACC, pp. 569-572, 1998, 10
- [8] LEFTERI H. TSOUKALAS, ROBERT E. UHRIG "Fuzzy and Neural Application in Engineering" JOHN WILEY & SONS, INC. 1997.

저자 소개

이민수(Min-Soo Lee)

진주산업대학교

추연규(Yeon-Gyu Choo)

진주산업대학교 전자공학과 교수

이광석(Kwang-Seok Lee)

한국해양정보통신학회 제 7권 제2호 참조

김현덕(Hyun-Duck Kim)

한국해양정보통신학회 제 7권 제2호 참조

박연식(Yeoun-Sik Park)

한국해양정보통신학회 제 7권 제6호 참조