

인공신경망을 이용한 다방향 접근 시 선박 자동 접이안 제어기 연구

All Direction Approach Automatic Ship Berthing Controller Using ANN(Artificial Neural Networks)

임 남 균*
(Namkyun Im)

Abstract : This paper deals with ANN(Artificial Neural Networks) and its application to automatic ship berthing. Due to the characteristic of ship's manoeuvre comparing with other moving objects on land, it has been known that the automatic control for ship's berthing cannot cope with various berthing situations such as various port shape and approaching directions. For these reasons, the study on automatic berthing using ANN usually have been carried out based on one port shape and predetermined approaching direction. In this paper, new algorithm with ANN controller was suggested to cope with these problems. Under newly suggested algorithm, the controller can select appropriate weights on the link of neural networks according to various situations, so the ship can maintain stable berthing operation even in different situations. Numerical simulations are carried out with this control system to find its improvement.

Keywords : ship, automatic berthing, ANN(Artificial Neural Networks), controller

I. 서론

과거부터 선박 자동 접이안에 대한 연구는 선박제어 분야에서 어려운 과제의 하나로 여겨져 왔다. 선박이 항구에서 특정 부두에 접근하여 접안하는 과정을 살펴보면, 선박을 제어하는 인간은, 선박의 현재 속도 및 선수방향, 부두와 남은 거리 등 다양한 요소를 감안하여, 선박을 제어하기 위하여 엔진 및 방향타를 제어함으로써, 소위 말하는 MIMO(Multi Input Multi Output)의 특성을 갖고 있다.

이외에도 선박은 일반 육상에서 움직이는 자동차 및 로봇과 비교하여 그 관성력이 크며, 부두 근처에서는 저속으로 운항하므로, 바람 및 조류 등의 외란은 선박의 운항 안전에 큰 영향을 주는 특징을 갖고 있다.

선박 자동접안에 대하여 지금까지 많은 연구가 수행되어 왔다. T. Koyama 등[1]은 피드백제어이론을 이 문제에 적용시켜 성과를 거두었다. 그러나 복잡한 선체운동의 비선형 등의 문제로 그 한계를 기술하기도 하였다. 그 후 다양한 이론적 방법을 선박접이안 문제에 적용한 연구가 실시되었다. H. Yamamoto[2]는 인공지능제어를 적용하여 성공적인 자동접이안 수치 시뮬레이션을 수행하였다. 그는 입력부 항목에 바람, 조류 등의 외란을 적용하여 인공지능제어기가 외란에 대응할 수 있는 방식을 취하였다. 하지만 다양한 바람의 방향을 모두 적용되는 제어기 설계에 많은 시간이 소모되었다. 이외에도 많은 연구[3,4,5]가 인공지능이론을 이용하거나, 관련 연구를 수행하며, 선박 자동접이안 문제를 해결하기 위하여 노력하였다.

선박이 부두에 접근하여 접이안을 할 경우, 선박이 거대하고, 선박 고유의 선회반경이 확보되어 있어야 하는 등의 고

유 운동 특성이 있다. 이런 사항을 고려하여, 선박은 목표지점에 접근하여, 접이안 할 경우 특정 운동 패턴의 경향을 띠게 된다. 즉 목표지점을 접근하는 방향이 제한되거나, 특정 거리 이내에 접근하면 일정 방향으로 미리 선수가 결정되어 있어야 한다. 따라서 접이안과 관련된 기존의 연구들을 살펴보면 이러한 특성을 감안하여 특정 항구에서 일정 방향으로 접근하여 접이안하는 것이 보편적이었다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 극복하기 위하여 새로운 방식을 제안하였다. 즉 기존의 인공신경망 제어기를 이용한 선박 접이안 연구가 특정 방향에서 목표지점을 접근하도록 한 한계를 극복하기 위하여 선박이 다양한 방향으로 목표지점에 접근하더라도, 선별적인 방법을 이용하여 안전한 접이안이 이루어지도록 설계된 제어기를 제안하였다. 그 효율성을 검증하기 위하여 수치계산을 통한 시뮬레이션을 수행하였다.

II. 선체운동방정식

본 논문에 모델로 사용된 선박은 탱커가 채용되었고, 그 좌표계는 그림 1에서 보는 바와 같다. 또한 선박의 상세 제어원은 도표 1에서 나타내었다.

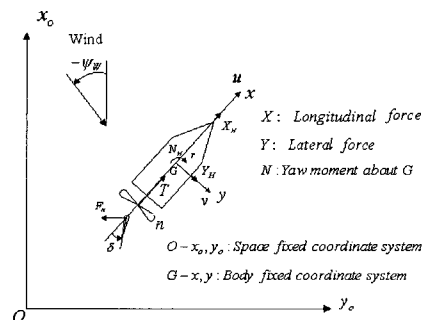


그림 1. 선박좌표계.

Fig. 1. Coordinate system for ship dynamics.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 1. 25., 채택확정 : 2007. 2. 17.

임남균 : 목포해양대학교 해상운송시스템학부

(namkyun.im@mmu.ac.kr)

표 1. 선박제원상세.
Table 1. Particulars of ship.

Hull	Ship type	Tanker
	Length	304 (M)
	Beam	52.5 (M)
	Draft	17.4 (M)
	Cb	0.827
Propeller	Rudder Height	12.94
	Propeller Diameter	8.5
	Propeller Pitch	5.16
	Rudder area	98.0
	Pitch ration	1.709

그림 1에서 보는 바와 같이, 선체중양에 좌표원점을 둔 이동좌표계(moving axes system)로 표시되었으며, 시뮬레이션에서 사용한 3자유도의 수학모델은 (1)과 같다. 본 연구에서는 선박의 유체력을 선체, 프로펠러, 타에 미치는 힘과 간섭효과 등을 나누어 해석하는 분리형 수학모형식[6]을 사용하였다. 자세한 설명은 참고문헌[6]을 참조바란다.

$$\begin{aligned}
 (m + m_x)\dot{u} - (m + m_y)vr &= X_H + X_P + X_R + X_W \\
 (m + m_y)\dot{v} + (m + m_x)ur &= Y_H + Y_R + Y_W \\
 (I_{ZZ} + J_{ZZ})\dot{r} &= N_H + N_R + N_W
 \end{aligned} \tag{1}$$

여기서, X_H, Y_H, N_H 는 선체에 가해지는 유체력 및 모멘트, X_R, Y_R, N_R 는 타에 의한 유체력 및 모멘트, X_P 는 프로펠러에 의한 유체력, X_W, Y_W, N_W 는 바람 등에 의한 유체력을 각각 의미한다. 위의 식을 이용하여 선박의 속도성분, 회두각 속도 성분을 계산한 후, 다시 적분을 수행하여 선박 위치, 회두각을 계산한다.

III. 선박자동접안 제어 시스템

1. 인공신경망제어기 설계

선박이 접안할 경우 다양한 요소를 고려하여, 선박의 속도 및 방향을 제어한다. 그림 2에서 간단한 선박 접안 자세를 표시하였다. 그림에서 나타나 있듯이, 선박이 임의의 방향에서 접안지점까지 접근할 경우, 선박의 속도, 방향, 목표지점까지 남은 거리 등을 제어부의 입력 항목으로 고려한다.

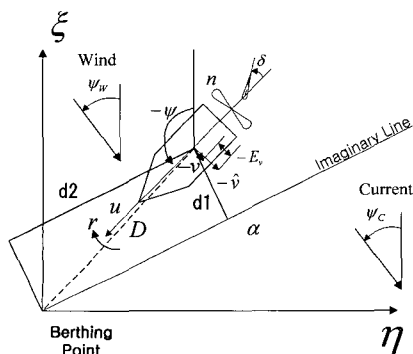


그림 2. 접안 개념 및 그 좌표계.
Fig. 2. Berthing concept and its coordinate.

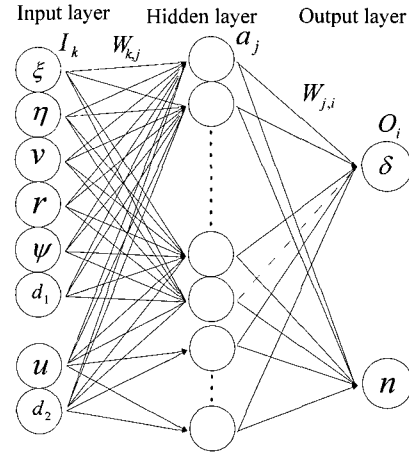


그림 3. 인공신경망내 자동접안 컨트롤러 구성.
Fig. 3. Construction of berthing controller in ANN.

본 연구에서는 접안 시 고려할 입력 항목으로, 선박의 횡축 및 종축 위치정보(ξ, η), 선박의 종축 및 횡축 속도(u, v), 회두각속도(r), 선박방위(ψ), 그리고 목표지점까지 임의의 접근 각도선에 대한 거리(d_1) 및 목표지점까지 거리(d_2) 등 총 8가지 항목을 고려하였다. 이와 함께 제어 항목은 선박의 속도를 제어하기 위한 엔진회전수(n) 및 선박의 방향을 제어하는 타각도(δ) 등 총 2가지 항목이다. 이를 고려하여 인공신경망제어기 입력부 및 출력부를 구성하여 그림 3과 같이 나타내었다. 여기서 인공신경망에서의 연결계수는 $W_{k,j}, W_{j,i}$ 이며, I_k, a_j, O_i 는 각각 input layer, hidden layer, output layer를 나타낸다.

은닉층의 뉴런수는 입력층보다 조금 많은 총 15개를 채용하였고, 입력/출력 및 웨이트값은 각각 0-1사이의 값으로 정규화 하여 사용하였다. 학습을 위한 방법은 통상 많이 사용하는 역전파 학습알고리즘을 채용하였으며, sigmoid비선형 함수를 이용하여 신경회로망을 설계하였다. 시뮬레이션을 실시하기 위한 프로그램언어로는 Matlab 6.0을 이용하여 코드화 하였다.

2. 선박자동접안시스템 구성

선박이 항구에 접근하여 부두에 접안하는 경우, 선박은 부두를 향하여 임의각도를 유지한 채 접근하게 된다. 선박과 유사하게 비행기 역시 착륙할 때 지면과 일정이하의 각도를 유지하고 착륙한다. 이런 현상은 안전을 확보하기 위한 차원이다. 선박의 경우는 육상의 여타 운동체에 비하여 질량이 크며, 바다라는 특수한 유체 위에서 운동하므로 그 관성이 크며, 속도가 극히 작은 상황에서 부두와 접안 작업을 행하게 된다. 그리고 선박이 회전하기 위해서는 일정 규모의 여유 공간이 필요하며, 선박은 일정 이하의 속도에서는 타를 작동하여도 선박의 회전력이 현저히 떨어지는 현상이 발생하게 된다.

따라서 과거의 선박 자동접안 연구에 인공신경망제어기를 적용한 연구를 살펴보면, 일정 방향에서 목표지점에 접근하는 연구가 대부분이었다. 즉 선박이 그림 4에서와 같은 상황에서 목표지점 "berth point"에 접안하는 경우라면, 그림상

“Area-1”에 해당하는 지역에서 접근하여 목표지점에 자동접안하는 사례가 많다. 그림의 Area-3와 같이 목표지점과 많은 각도를 지니고, 거리가 일정 범위이내이면 선박이 회두하여 선속을 줄여 안전하게 목표지점까지 도착하기가 물리적으로 불가능하기 때문이다.

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여, 선박이 다양한 경로에서 접근하여도 선박의 접근 방향에 따라 적절한 제어기를 선택하여 안전한 접이안 작업이 이루어지기 위한 시스템을 제안하였다. 그림 5는 이 시스템의 전체 흐름도를 설명하고 있다.

선박이 목표지점에 접근하면, 시스템은 선박이 현상태에서 물리적으로 접이안 작업이 가능한지 판단한다. 이 판단 기준은 선박의 접근 속도 및 접근 위치에 기준한다. 만약 이 기준을 만족하지 못하면, 선박의 회두하여 다시 접근하도록 유

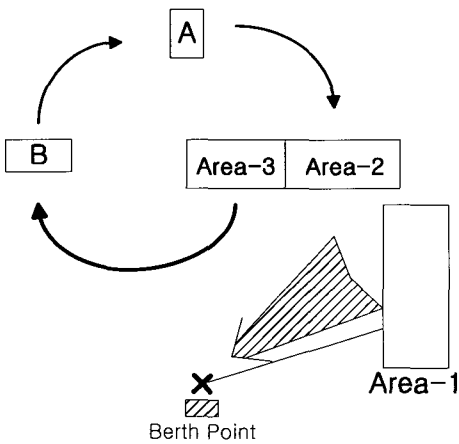


그림 4. 접안 흐름도.
Fig. 4. Berthing concept.

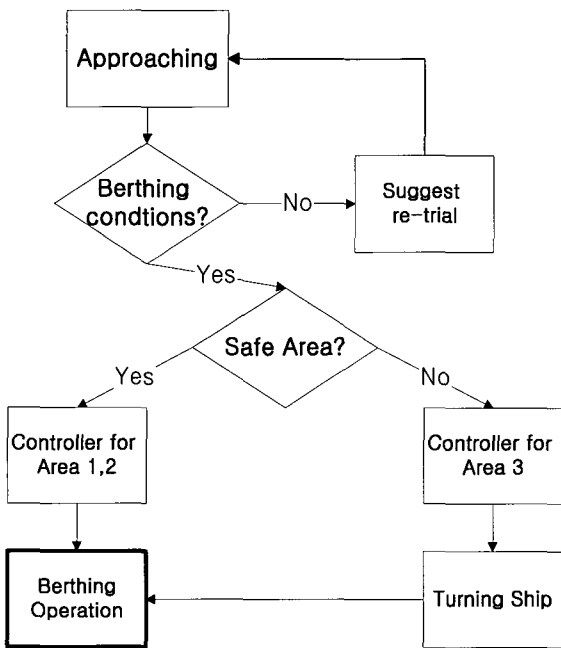


그림 5. 접안 제어의 일반 제어도.
Fig. 5. General flow of berthing control.

도한다.

기준에 부합되는 경우, 접근 지역에 따라 선별된 제어기를 사용하여 자동접이안에 사용한다. 예를 들어, 선박이 Area-3에서 접근하고 있다면, 선박의 현재 방위 및 목표지점까지 남은 거리로 판단하면 물리적으로 회두하여 감속하여 접안하는 것은 물리적으로 불가능하므로, 자동 유도된 제어기를 이용하여 Area-3 을 거쳐, 지역 B, A 및 Area-2로 자동제어된다. Area-2에 진입하는 선박은 이 지역이 안전지역에 해당되므로 해당 지역의 제어기를 이용하여 안전하게 접안 할 수 있다.

또한 초기부터 Area-1 및 Area-2로 진입하는 선박은 해당 지역이 물리적으로 접안할 수 있는 지역이므로 해당 지역의 제어기를 이용하여 접안제어가 가능하다.

IV. 수치 시뮬레이션

1. 구역별 자동 유도 제어

본 연구에서 수치 시뮬레이션 상황 설정은 선박 접안, 이안 작업 중 접안 작업에 대해서만 실시하였다. 통상 접안 작업이 이안 작업에 비하여 어렵다고 통용되기 때문이다. 그림 6은 선박이 Area-3에서 접근한 4차례의 상황을 계산하였다.

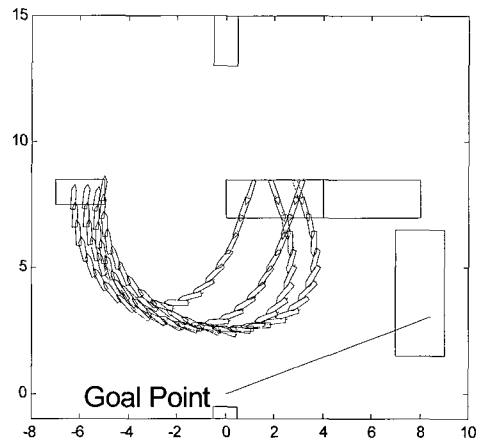


그림 6. Area-3에서의 수치계산 결과.
Fig. 6. Simulation result in Area-3.

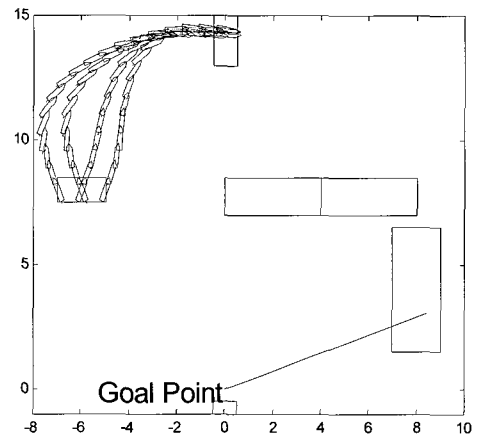


그림 7. Area-B 에서의 수치계산 결과.
Fig. 7. Simulation result in Area-B.

그림에서 보는 바와 같이, 선박은 자동 유도되어 지역 B로 이동하고 있다. 그림 7은 지역 B에서 출발한 선박이 지역 A로 무난히 이동하는 여부를 조사하기 위하여 4차례의 선박 접근 상황을 가정하여 계산하였다. 그 결과 모두 안전하게

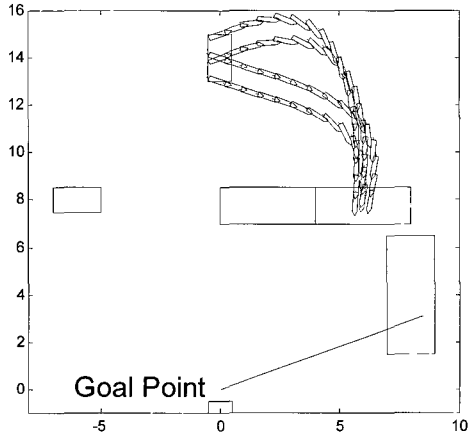


그림 8. Area-A에서의 수치계산 결과.
Fig. 8. Simulation result in Area-A.

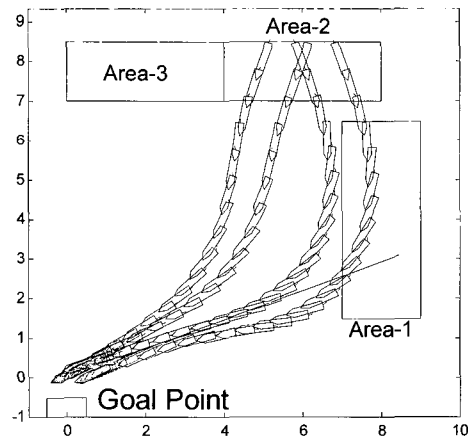


그림 9. Area-2에서의 수치계산 결과.
Fig. 9. Simulation result in Area-2.

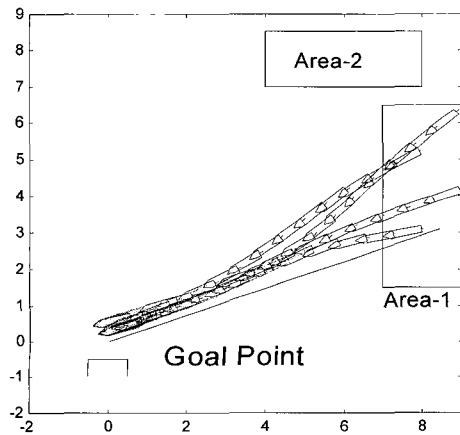


그림 10. Area-1에서의 수치계산 결과.
Fig. 10. Simulation result in Area-1.

지역 A로 이동함을 알 수 있다. 특이한 것은 각기 다른 위치에서 출발한 선박이 지역 A에서 비슷한 지점에 도착하고 있는 점이다.

그림 8은 지역 A에서 출발한 선박이 안전 접근구역인 Area-2로 잘 유도되는지 여부를 확인하기 위하여 계산된 수치 시뮬레이션 결과이다. 보는 바와 같이 4차례의 선박이 출발하여 모두 성공적으로 안전구역으로 이동됨을 알 수 있다. 이렇게 안전구역 Area-2 및 Area-1으로 유도되면 선박은 안전하게 접근할 수 있는 조건을 충족하게 된다. 그림 9 및 그림 10은 안전구역인 Area-1 및 Area-2에서 출발한 선박이 최종 목표지점까지 안전하게 접근하는 과정을 수치 시뮬레이션을 통하여 나타내었다. 그림 9에서 보는 바와 같이 Area-2에서 출발한 선박들은 각기 출발지점, 출발 시 선박의 방위는 다르나, 목표지점에 가까이 오며 따라 일정한 선박방위를 유지하여 최종목표지점에 감속하여 정지하는 것을 볼 수 있다. 이와 함께 Area-1에서 접근하는 선박의 경우는 그림 10에서 나타내었다. 통상 선박이 접근할 경우는 이 그림과 같이 측면에서 접근하여 일정 각도를 유지하며 감속하여 최종 목표지점에 도달하는 것이 표준적인 방법이다. 그림에서 보는 바와 같이 각기 다른 출발점에서 출발하여 성공적으로 도착 지점에 도달함을 알 수 있다.

2. 전체구역 자동 접근

선박이 안전 접근이 가능한 구역이외에서 접근하였을 때 그 선박을 선회시켜 안전한 구역으로 유도하여, 자동 접근제어를 할 수 있는지를 확인하기 위하여 전 구역에 대한 수치 시뮬레이션을 행하였다. 그 결과는 그림 11과 같다.

그림에서 보는 바와 같이, 총 4차례의 시나리오를 마련되었다. 선박은 위험지역인 Area-3에서 출발되었다. 통상적으로 이런 접근방식으로 선박이 접이안 작업을 하지 않는데, 그 이유는 앞에서 언급한 바와 같이 선박이 회두하기 위해서는 일정 공간이 소요되고, 부두근처에서는 지속적으로 이동하여야 하는 데, 이때는 회두력이 떨어지기 때문이다. 따라서 선박은 한바퀴 선회하여 새로운 방향으로 접근하여 접근을 시도하여야 한다. 그림에서 보는 바와 같이 모든 시나리에서 선박은 중간구역 A,B를 거쳐, 안전 접근 구역인 Area-2로 진입하고 있음을 알 수 있다. 모든 선박이 Area-2에서 특정 지점으

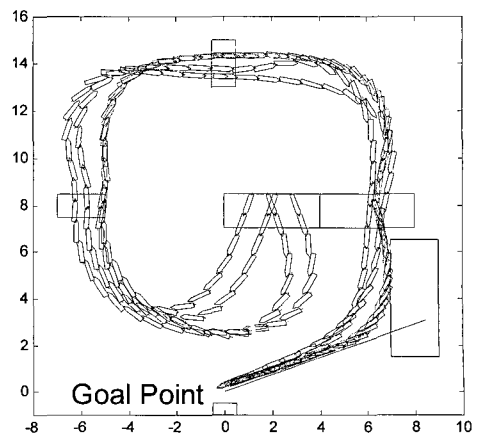


그림 11. 다방향 접근시 접근제어의 수치계산 결과.
Fig. 11. Simulation result of all-direction-approach case.

로 집합하여 안전하게 최종 목표지점까지 유도되고 있음을 알 수 있다.

V. 결론

본 연구에서는 선박의 자동 접이안 시스템에 관하여 논의 하였다. 선박은 일반 육상에서 움직이는 자동차 및 로봇과 비교하여 그 관성력이 크며, 부두 근처에서는 저속으로 운항하므로, 바람 및 조류 등의 외란은 선박의 운항 안전에 큰 영향을 주는 운동 특징을 갖고 있다. 본 연구에서는 인공신경망을 제어기로 사용하였다. 특히 기존의 연구가 선박 접이안 시 선박을 특정 방향에서 목표지점으로 접근시켜 선박의 안전한 접안을 유도하였으나, 본 연구에서는 다양한 방향에서 목표지점을 향하여 접근하더라도 그 상황에 따라 안전한 자동접안제어가 이루어지도록 다방향 접근 시 선박 자동 접이안 시스템을 제안하였다.

제안된 시스템을 이용하여 선박의 접이안 상황을 재현하여 자동 제어의 효율성을 검증하였다. 그 결과 선박이 위험 지역으로 접근하더라도, 제안된 시스템은 적절히 선박을 회두시켜 안전한 지역까지 선박을 유도한 후 자동접안제어하는 것을 확인 할 수 있었다.

참고문헌

- [1] T. Koyama and Y. Jin, "A systematic study on automatic berthing control (1st report)," *Journal of the Society of Naval Architects of Japan*, vol. 162, pp. 201, 1987.
- [2] H. Yamato, "Automatic berthing by the neural controller," *Proc. Of Ninth Ship control Systems Symposium*, vol. 3, pp. 183-201, May 1990.
- [3] K. Hasegawa and K. Kitera, "Mathematical model of Manoeuvrability at low advance speed and its application to berthing control," *Iproc. Of The 2nd Japan-Korea Joint Workshop of ship and Marine Hydrodynamics*, Osaka, Japan, 1993.
- [4] IM Namkyun and K. Hasegawa, "A study on automatic ship berthing using parallel neural controller(2nd report)," *The Journal of Kansai Society of naval Architects of Japan*, vol. 237, pp 127-132, Mar. 2002.
- [5] 최용운 외, "선박자동접안을 위한 정박지 목표물의 실시간 검출법," *제어 · 자동화 · 시스템공학 논문지*, 제 12 권, 제 5 호, pp.431-437, May 2006.
- [6] MMG, "MMG Report 1-4," *Bulletin of the Society of Naval Acchitects of Japan*, no. 575, 1977.



임 남 균

1969년 2월 28일생. 1992년 한국해양대학교 해상수송(공학사). 2002년 일본 오사카대학 선박해양공학(공학박사). 2002년~2005년 삼성중공업 조선해양연구소 책임연구원. 2005년~현재 목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수.

관심분야는 선박지능제어, 선박조종시뮬레이션.