

---

 論 文
 

---

大韓造船學會論文集  
 第 34 卷 第 3 號 1997年 8月  
 Journal of the Society of  
 Naval Architects of Korea  
 Vol. 34, No. 3, August 1997

## 신경망을 이용한 선박용 자동조타장치의 제어시스템 설계 (II)

곽문규\*, 서상현\*\*

### Design of Neural-Network Based Autopilot Control System(II)

by

Moon Kyu Kwak\* and Sang-Hyun Suh\*\*

#### 요 약

본 논문에서는 신경망을 이용한 선박자동조타장치의 개발에 관한 연구결과를 소개한다. 앞의 논문에서 소개된 Back-Propagation 알고리즘을 이용하여 선박의 자동운항을 위한 자동제어방법을 개발하였으며 그 결과 기준모델추구신경망제어기와 순간최적제어기를 설계하였다. 기준모델추구신경망제어기는 선수각과 선수각속도가 주어진 기준모델을 추구하도록 타각을 제어하도록 하였으며, 순간최적제어기는 현 상태에서 다음상태로의 천이를 최적화하도록 하였다. 신경망에 근거한 이들 제어기법을 간단한 선박조종수치모델에 적용한 결과 그 효용성을 확인할 수 있었다.

#### Abstract

This paper is concerned with the design of neural-network based autopilot control system. The back-propagation neural network introduced in the previous paper by authors is applied to the autopilot control system. As a result, two neural-network controllers are developed, which are the model reference adaptive neural controller and the instantaneous optimal neural controller. The model reference adaptive neural controller is the control technique that the heading angle and angular velocity are controlled by the rudder angle to follow the output of the reference model. The instantaneous optimal neural controller optimizes the transition from one state to the next state. These control techniques are applied to a simple ship maneuvering model and their effectiveness is proved by numerical examples.

---

발 표: 1995 년도 대한조선학회 추계연구발표회 ('95. 11.9)

접수일자: 1996 년 8월 19일. 재접수일자: 1997년 3월 17일

\* 정회원, 동국대학교 기계공학과

\*\* 정회원, 한국기계연구원 선박 해양공학 연구센터

### 1. 서 언

선박의 자동조타장치에 관한 제어기법은 Minorsky[1]가 제안한 PID 제어기법 (Proportional-Integral-Derivative)이 최초이다. 일반적으로 자동운항 제어기법은 Nomoto 가 제안한 일차모델에 근거를 둔다[2]. 고전적인 제어기법은 선형모델에 근거를 두고 있어 선박과 같이 비선형성을 포함하는 운동에 대해서는 부적합하다고 말할 수 있다. 그러므로 자동운항장치의 개발시 그 성능을 향상시키기 위해서는 비선형항과 불확실성을 반드시 고려해야한다[3]. 이런 비선형성항과 불확실성을 고려하여 설계된 제어기로는 일반적인 상태공간 (State Space) 접근방법을 사용한 제어기[4], Linear Quadratic Gaussian (LQG) 제어기 [5, 6], Sliding Mode 를 이용한 제어기[7], Fuzzy 이론을 이용한 제어기[8]등이다. 최근에는 자동운항장치의 개념이 점차 자동항로추적장치의 개념으로 확대되어가고 있으며 자동접이안에도 적용이 확대되고 있는 경향이대[9-13].

본 논문에서는 신경망 (Neural Networks) 을 이용한 자동조타장치의 개발에 관한 연구결과를 소개한다. 신경망이론은 인간의 신경조직체계를 전산망으로 구현한 것으로 우리가 사용하고 있는 제어이론들 즉, 견실(Robust), 적응(Adaptive), 최적(Optimal)제어기들이 직면한 문제점들을 해결 할 방법의 하나로 현재 연구가 활발히 진행되고 있다. 신경망제어기는 특히 비선형성이 심한 시스템과 모델링이 정확하지 않은 시스템에 대하여 다른 제어기들에 비하여 그 적응성이 뛰어나다는 것이 증명되고있다[14, 15]. 운항중의 선박과 같이 조류, 바람, 하중조건과 같은 교란으로 인한 불확실성과 유체동력학적인 비선형성이 포함되는 시스템에 대처하기에는 신경망제어기가 적합하다고 말할 수 있다. 또한 우리가 궁극적으로 추구하고 있는 자율적인 (Autonomous) 제어장치의 개발은 외부의 조정 없이 제어방법을 스스로 변화시킬 수 있는 제어기를 필요로하게 되는데 신경망제어기가 이런 점을 해결할 수 있을 것으로 예상된다.

신경망제어기를 설계하는데 있어 직접법과 간접법이 있다. 간접법은 입출력관계로부터 얻은 System Identification 모델을 바탕으로 제어기를 설계하는 것이고 직접법은 모델에 바탕을 두지 않고 직접 실선의 결과를 이용하여 제어기를 구성하는 것이다. Back Propagation 알고리즘을 제어기설계에 적용할 경우 간접법을 사용하게 되는데 선박 조종시 타각의 변화에 대한 선수각과 각속도의 변화율을 추정할 수 있기 때문에 간접법을 사용하는 것이 합리적인 것으로 예상된다. 또한 신경망제어기를 설계하는데 있어 학습이 필요한데 이를 위하여 어느정도 실선에 근접한 모델을 바탕으로 설계하는 것이 시간을 절약하는데 크게 도움이 될 것이기 때문에 간접법이 바람직하다고 말할 수 있다.

본 논문에서는 앞의 논문에서 자세히 소개한 Back-Propagation 알고리즘[16]을 사용하여 선박의 자동운항에 합당한 기준모델추적신경망제어기, 순간최적제어기를 개발하였다. 이들 신경망제어이론들을 간단한 선박조종수치모델에 적용한 결과 타당성을 확인할 수 있었다.

### 2. 기준모델추적신경망제어기의 설계

본 논문에서 제어할 시스템은 문헌 [17]에서 고려한 시스템으로 다음과 같다.

$$x_{k+1} = x_k + dx_k(x_k, u_k)$$

$$dx_k(x_k, u_k) = \Phi x_k + \Gamma u_k \tag{1}$$

여기서  $x_k = [\Psi_k \ \dot{\Psi}_k]^T$  는 선수각과 선수각속도를 포함한 상태벡터이고  $u_k$  는  $\pm 1$  로 정상화된 타각을 나타내며

$$\Phi = \begin{bmatrix} 0 & 0.9970 \\ 0 & -0.0060 \end{bmatrix}, \Gamma = \begin{bmatrix} 0.2204 \\ 0.4403 \end{bmatrix} \times 10^{-3} \tag{2}$$

이다.

기준모델추적신경망제어기(Model Reference Adaptive Neural Controller: 약자로 MRANC)의

목적은 선박이 어떤 주어진 기준모델처럼 선박이 움직이도록 제어하는 것인데 이를 위하여 기준모델의 설정이 먼저 필요하다. Fig. 1 은 제어신경망이 기준모델을 추구하도록 조정되는 것을 블록선도로 보여주고 있다. 그림에서 보이듯이 신경망제어장치는 입력된 각도를 기준모델에 맞추어 그 차이가 영으로 수렴되도록 타각을 계산하여 출력하게 된다. 기준모델은 주어진 각도와 각속도가 시간에 따라 원하는 시간의 함수로 선수각과 항로의 차이를 줄여가는 모델인데 본 연구에서 고려한 기준모델은 다음과 같다.

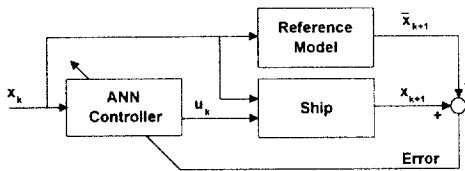


Fig. 1 The Model reference adaptive neural controller

$$\ddot{\psi}_m + 0.0400 \dot{\psi}_m + 0.0004 \psi_m = 0 \quad (3)$$

이 모델을 표본추출주기 1s 로 이산화하면 다음과 같은 식이 되는데

$$\bar{x}_{k+1} = \begin{bmatrix} 0.9998 & 0.9802 \\ -0.0004 & 0.9606 \end{bmatrix} \bar{x}_k \quad (4)$$

이와같은 기준모델처럼 움직이기 위해서는 제어력이 다음과 같은 식으로 표현될 경우에 가능함을 쉽게 알 수 있다.

$$u_k = [-0.9056 \quad -76.98] x_k \quad (5)$$

기준모델추적신경망제어기는 식 (4) 로 주어진 기준모델의 각도와 각속도변화를 추적하게끔 타각을 제어하게 되는데 현상태의 각도와 각속도를 신경망제어장치에 입력하면 필요한 타각을 신경망을 통하여 계산하게 된다. 계산된 타각이 신경망모델에 입력되면 선수각과 각속도가 출력되는데 이 값이 기준모델의 출력과 비교되어 오차를 줄이게끔 신경망제어 장치의 가중치와 편심이 조정되게 된

다. 오차는 다음과 같이 정의된다.

$$E = \frac{1}{2} \sum (\bar{x}_{k+1} - x_{k+1})^T Q (\bar{x}_{k+1} - x_{k+1}) \quad (6)$$

여기서  $Q$  는 상태벡터  $x_{k+1}$  의 영향을 조절하기 위한 가중치행렬이며  $\sum$  은 각각의 학습데이터를 합해야 됨을 의미한다. 이 경우에 Gradient Descent 는 다음과 같이 계산된다.

$$\frac{\partial E}{\partial \beta} = - \sum \frac{\partial x_{k+1}^T}{\partial \beta} Q (\bar{x}_{k+1} - x_{k+1}) \quad (7)$$

여기서  $\beta$  는 가중치 또는 편심이다. 더 나아가서 식 (1) 로부터 다음을 확인할 수 있다.

$$\frac{\partial x_{k+1}^T}{\partial \beta} = \frac{\partial u_k}{\partial \beta} \frac{\partial x_{k+1}^T}{\partial u_k} = \frac{\partial u_k}{\partial \beta} \Gamma^T \quad (8)$$

즉 타각변화에대한 선수각과 각속도의 변화율이 신경망제어기의 학습에 필요하다. 이 식을 식 (7) 에 대입하면 다음과 같은 표현식을 얻는다.

$$\frac{\partial E}{\partial \beta} = - \sum \frac{\partial u_k}{\partial \beta} \Gamma^T Q (\bar{x}_{k+1} - x_{k+1}) \quad (9)$$

이 식을 이용하여 신경망의 가중치와 편심이 조정되게 된다. 본 논문에서는  $\pm 1$  내의 값을 가지는 선수각과 선수각속도에 대한 100 개의 시작점을 임의로 선택하고 이들 점으로부터 1 초후의 원하는 값을 기준모델로부터 계산하여 신경망제어를 이용한 값과 비교하여 신경망의 가중치와 편심을 조정하였다. 본 논문에서 사용한 가중치행렬은 다음과 같다.

$$Q = \begin{bmatrix} 10 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

가중치행렬은 선수각의 오차를 줄이는데 좀더 가중치를 부여하였음을 보여준다.

주어진 기준모델과 가중치행렬을 이용하여 신경

망제어기를 학습하였는데 학습회수에 따른 오차가 Fig. 2 에 보여지고 있다. 그림에서 알수 있듯이 빠른 시간내에 수렴이 이루어지고 있음을 확인할 수있다. 2000 번의 학습후 얻어지는 신경망제어법칙은 다음과 같이 되는데

$$u_k = [-0.9077 \quad -76.1202]x_k + 2.9754 \times 10^{-14} \quad (11)$$

이 식을 식 (5) 와 비교해보면 거의 차이가 없음을 발견할 수 있다.

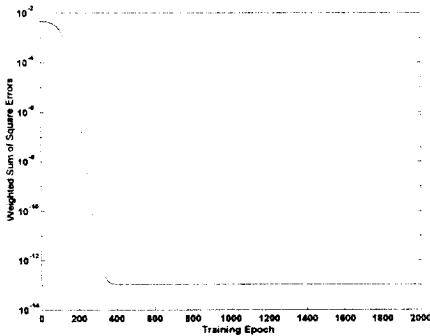


Fig. 2 Training error in MRANC

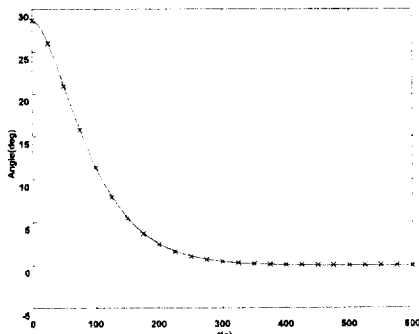


Fig. 3 Time history of heading angle Using MRANC

앞에서 언급한 것처럼 신경망제어기를 학습하는 경우에 식 (8) 에서 보이는 것처럼  $\Gamma$  값이 필요하게 되는데 만일 선박의 조종방정식을 신경망모

델로 치환하는 경우에는  $\Gamma$  를 신경망모델을 이용하여 추정하게 된다. 그러나  $\Gamma$  값이 부정확하다고 해서 학습에 큰 영향을 미치는 것이 아니고 방향 즉 부호가 매우 중요하기 때문에 선형조종방정식에 사용되고 있는 값을 사용하여도 무방할 것으로 예상된다. 이에 대해서는 추후에 좀더 많은 연구가 이루어져야 될 것으로 생각된다.

선수각이 0.5 rad 의 오차를 보이고 있을 경우에 대하여 훈련된 신경망제어기의 출력인 타각을 조정하여 어떻게 영으로 수렴되는지를 조사해보자. 기준모델추적신경망제어기를 적용하면 Fig. 3과 Fig. 4에 보여지는 것처럼 선수각이 변화하

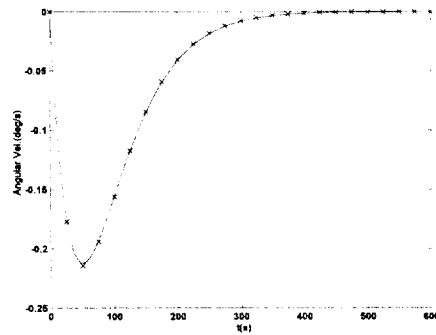


Fig. 4 Time history of heading angular velocity using MRANC

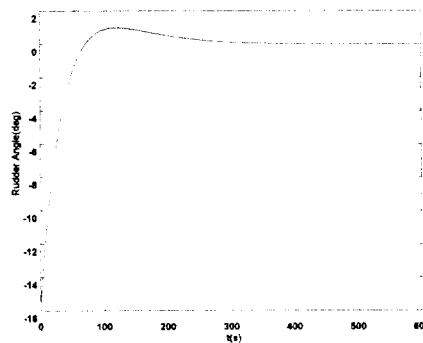


Fig. 5 Time history of rudder angle using MRANC

게 되는 데 그림에서  $\times$ 는 기준모델의 시간에 따른 궤적이며 실선은 기준모델추적신경망제어기를 적용한 결과이다. 이 경우에 적용되는 타각은 Fig. 5에 보이는 바와 같다.

기준모델추적신경망제어기의 문제점은 기준모델을 어떻게 결정하는 가에 있다. 기준모델을 결정하는데 있어 원하는 모델의 실질적인 가능성을 확인하여야 기준모델추적신경망제어를 학습하는데 문제가 없다. 본 논문에서 택한 기준모델은 임계감쇠계를 이용하여 구했는데 이는 임계감쇠계가 가장 빨리 수렴한다는 물리적인 현상에 근거를 두고 있다.

### 6. 순간최적신경망제어기의 설계

순간최적신경망제어기(Instantaneous Optimal Neural Controller: 약자로 IONC)는 주어진 상황에서 1 초후의 결과가 최소가 되도록 노력하는 제어기이다. 순간최적신경망제어기에 대한 블록선도가 Fig. 6에 보이고 있다. 최소화해야 하는 오차는 다음과 같이 정의된다.

$$E = \frac{1}{2} \sum (x_{k+1}^T Q x_{k+1} + u_k^T R u_k) \quad (12)$$

여기서  $Q$ 는 상태벡터  $x_{k+1}$ 의 영향을 조절하기 위한 가중치행렬이고  $R$ 은 상태벡터에 대한 제어력을 조절하기 위한 계수행렬이다. 이 경우에 Gradient는 다음과 같이 계산된다.

$$\frac{\partial E}{\partial \beta} = \sum \left( \frac{\partial x_{k+1}^T}{\partial \beta} Q x_{k+1} + \frac{\partial u_k^T}{\partial \beta} R u_k \right) \quad (13)$$

여기서  $\beta$ 는 가중치 또는 편심이다. 식 (8)을 이용하면 다음과 같은 결과를 얻는다.

$$\frac{\partial E}{\partial \beta} = \sum \frac{\partial u_k^T}{\partial \beta} (\Gamma^T Q x_{k+1} + R u_k) \quad (14)$$

본 논문에서는  $\pm 1$  내의 값을 가지는 선수각과 선수각속도에 대한 100개의 시작점을 임의로 선택하고 이들 점으로부터 1 초후의 값을 최소화하도

록 신경망제어의 가중치와 편심을 식 (14)를 이용하여 조정하였다. 순간최적신경망제어기를 설계하는데 있어 여러경우를 고려할 수 있으나 먼저  $R=0$ 인 경우 (경우 1) 즉 제어기의 출력에 제한을 두지않는 경우를 고려하여 보자. 이 경우 순간최적신경망제어기는 현시점의 각도와 각속도를 1 초후에 최소화하도록 노력하게 된다. 이 경우 주어진 상황을 영으로 만들 수 있는 제어력을 산출하게되는데 실용성을 위하여 실제 계산시는 제어력,  $u$ 가  $\pm 1$ 을 넘지 않도록 설계되었다. 이 경우에 사용된 가중치행렬  $Q$ 는 다음과 같다.

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 10 \end{bmatrix} \quad (15)$$

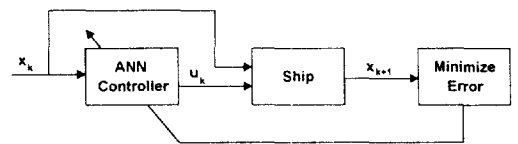


Fig. 6 Instantaneous optimal neural controller

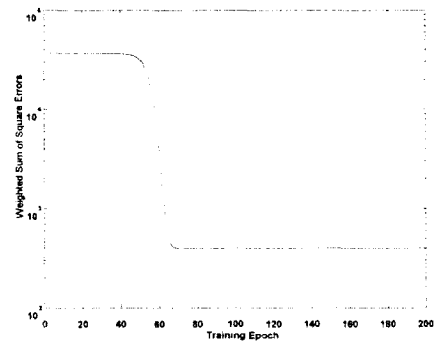


Fig. 7 Training error in IONC (case 1)

이와같은 가중치행렬을 이용하여 신경망제어기를 학습하였는데 학습회수에 따른 오차가 Fig. 7에 보여지는 바와 같다. 보이는 바와 같이 학습이 빠르게 이루어짐을 알 수 있다. 이와같이 학습된 순간최적신경망제어기를 선수각이  $0.5 \text{ rad}$ 의 오차를 보이고 있는 경우에 대하여 적용하였는데 그

결과가 Fig. 8 과 9 에 보여지고 있다. 타각은 Fig. 10에서 보이는 바와 같이 적용되었는데 그림에서 보여지듯이 초기에는 최대타각 35°가 적용되고 잠시후 반대편 최대타각 35°가 적용되었음을 알 수 있다. 그렇지만 선수각과 각속도는 매끄럽게 수렴함을 관찰할 수 있다. 앞의 기준모델추적신경망제어기의 경우와 비교해 보면 선수각이 빠른 속도로 수렴하고 있음을 알 수 있다. 그렇지만 타의 조종은 기준모델추적신경망제어기의 경우에 비해 격렬해짐을 관찰할 수 있다

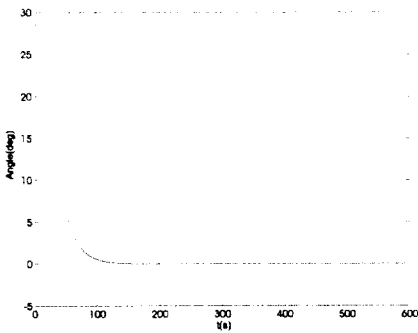


Fig. 8 Time history of heading angle using IONC (case 1)

순간최적신경망제어의 설계를 위하여 제어력에 약간의 제한, 즉  $R=0.0001$ 을 부여하였다 (경우 2). 학습에 따른 오차는 Fig. 11 에 보여지듯이 빠르게 수렴한다.

앞의 경우와 비교하여 보면 Fig. 12 와 13 에서 알 수 있듯이 선수각과 선수각속도가 약간의 진동을 하면서 수렴하는 것을 관찰할 수 있다. 그렇지만 타각은 Fig. 13 에서 보이듯이 앞의 경우와 비교할 때 상당히 부드럽러워진다. 이와같은 결과에 비추어 제어기를 설계하는데 있어서 설계자가 어떠한 형태의 제어기를 원하는가에 따라 제어기의 성능을 임의로 결정할 수 있음을 알 수 있다.

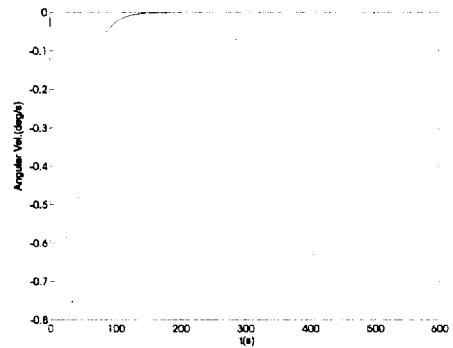


Fig. 9 Time history of yaw rate using IONC (case 1)

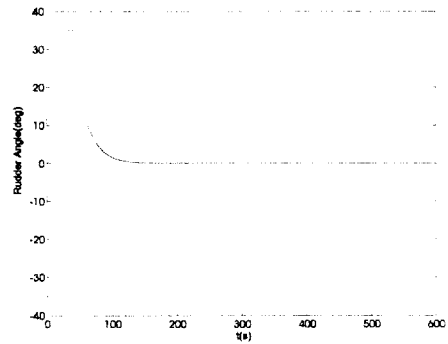


Fig. 10 Time history of rudder angle using IONC (case 1)

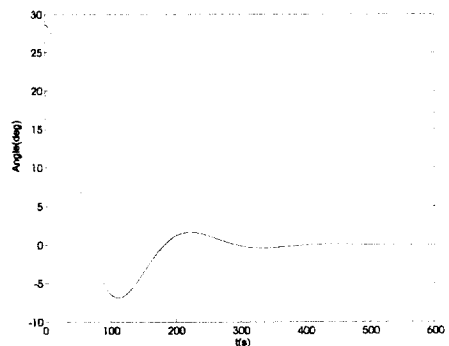


Fig. 11 Time history of heading angle using IONC (case 2)

### 4. 고찰 및 결론

선박의 안전운항이 강력히 요구되는 상황에서 미래의 선박 자동운항시스템은 GPS 와 같은 위치 감지기, 전자해도와 결합되어 자동항로추적장치로의 변신이 이루어질 것으로 예상된다. 이렇게 좀 더 확대된 제어개념에 대처하기 위해서는 새로운 제어기술의 개발이 필요하다.

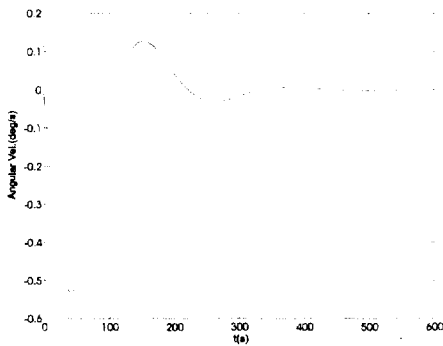


Fig. 12 Time history of yaw rate using IONC (case 2)

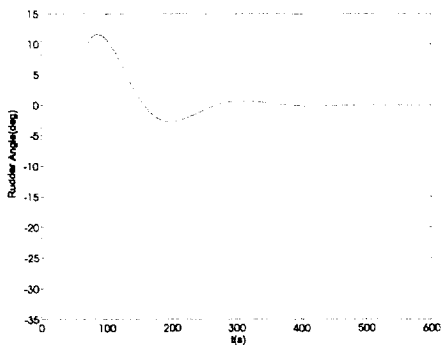


Fig. 13 Time history of rudder angle using IONC (case 2)

본 연구에서는 선박용 자동조타 시스템 개발을 위하여 기존의 제어기법에 비하여 비선형계에 대한 적응력이 뛰어나고 보다 지능적인 인공신경망을 이용한 제어기법을 바탕으로 선박용자동조타신경망제어기를 설계하였다.

본 연구에서 개발된 제어기법은 선박이 기준모델을 추적하도록 타각을 조정하는 기준모델추적신경망제어기와 현상태에서 오차를 최대한 줄일 수 있는 순간최적신경망제어기이다. 기준모델추적신경망제어기를 적용한 수치계산 결과 신경망제어기가 성공적으로 작동하였음을 알 수 있었다. 기준모델추적 신경망제어기의 설계시에는 합리적인 기준모델을 선택하는 것이 제어설계의 성패를 좌우함을 발견하였다. 순간최적신경망제어기의 경우에는 제어력에 제한이 가해지지 않는 경우와 제어력에 제한이 가해지는 경우를 나누어 신경망제어기를 설계하였는데 수치계산 결과 제어력에 제한이 가해지지 않는 경우 제어기가 사용할 수 있는 최대타각을 이용하여 빠른 시간내에 선박의 항로를 바꿀수 있음을 입증하였다. 제어력에 제한이 가해지는 경우에는 제어기가 부드럽게 작용하여 그 결과 선수각에 약간의 Overshoot 가 발생하여 진동하면서 선수각을 제어함을 관찰할 수 있었다. 이상과 같은 결과를 이용하면 설계자가 원하는 제어 성능을 갖는 제어기를 쉽게 설계할 수 있을 것으로 예상된다. 간단한 수치모델을 바탕으로 나온 결과는 차후의 보다 복잡한 시스템에 신경망제어기를 적용하는데 있어서 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

신경망 제어기법을 선박조종에 적용하는데 있어서 가장 큰 문제점은 앞의 논문에서 지적하였듯이 학습데이터를 어떻게 구축할 것인가이다. 이런 문제점을 해결하기 위해서는 비교적 정확한 이론모델을 가지고 데이터를 산출하여 신경망모델을 훈련하고 후에 실제데이터를 이용하여 재학습하는 2단계 학습이 합리적일 것으로 보인다. 두번째 문제는 신경망제어기의 실용화이다. 신경망제어기를 현실에 적용하기 위해서는 신경망계산을 전담할 수 있는 전자회로의 개발이 필요하다. 현재 개인 컴퓨터에 장착되어 사용되고 있는 Digital Signal Processing (DSP) Chip 을 이용하면 빠른 시일내에 저가의 신경망제어기를 구현할 수 있을 것으로 예상된다.

## 후 기

본 연구는 한국기계연구원 선박해양공학연구센터의 위탁과제로서 수행되었다.

## 참 고 문 헌

- [1] Minorsky, N., "Directional Stability of Automatically Controlled Steered Bodies", J. Amer. Soc. Nav. Eng., Vol. 34, 1922.
- [2] 서상현외, "선박용 Auto-Pilot 시스템 개발 (I)", 한국기계연구원 선박해양공학연구센터 보고서, UCN 295-1725 D, 1993.
- [3] Biancardi, C.G., "On a Simplified Mathematical Model for an Onboard Maneuvering Simulator and its Potential Applications to Ship Control", International Shipbuilding Progress, Vol. 35, 1988, pp. 401.
- [4] Koyama, T. and Shimizu, K., "Fundamentals of Automatic Harbour Maneuvering". Proceedings of the 7th Ship Control systems Symposium, Bath, U.K., 1984.
- [5] Reid, R.E. and Moore, J.W., "A Steering Control System to Minimize Propulsion Losses of High-Speed Containerships. Part I: System Dynamics", Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, 1982, Vol. 104.
- [6] Reid, R.E. and Moore, J.W., "A Steering Control System to Minimize Propulsion Losses of High-Speed Containerships. Part II: Controller Design", Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, 1982, Vol. 104.
- [7] Papoulias, F.A. and Healey, A.J., "Path Control of Surface Ships Using Sliding Modes", Journal of Ship Research, Vol. 36, No. 2, June 1992, pp. 141-153.
- [8] Layne, J.R. and Passino, K.M., "Fuzzy Model Reference Learning Control for Cargo Ship Steering", IEEE Control Systems, December 1993, pp. 23-34.
- [9] Yamato, H., Uetuski, H. and Koyama, T., "Automatic Berthing by the Neural Controller", Proceedings of the Ninth SCSS, Vol. 3, 1990.
- [10] Hasegawa, K. and Kitera, K., "Mathematical Model of Maneuverability at Low Advance Speed and its Application to Berthing Control", Proceedings of the Second Japan-Korea Joint Workshop on Ship and Marine Hydrodynamics, June 1993, pp. 144-153.
- [11] 구자윤, 이철영, "수로에 있어서 선박조종의 퍼지학습제어", 한국항만학회지 제 17 권 제 2 호, 1993, pp. 61-68.
- [12] 구자윤, 이철영, "선박접이안의 퍼지학습제어", 한국항해학회지 제 18 권 제 2 호, 1994, pp. 69-81.
- [13] 구자윤, 이철영, "저속시 선체운동모델을 이용한 FNN 선박접이안 시스템의 유용성 검증", 해양안전학회지 창간호, 1995, pp. 39-55.
- [14] White, D.A. and Sofge, D.A., Handbook of Intelligent Control - Neural, Fuzzy, and Adaptive Approaches, Van Nostrand Reinhold, New York, 1992.
- [15] Hertz, J.A., Krogh, A.S., and Palmer, R.G., Introduction to the Theory of Neural Computations, Addison-Wesley, Redwood City, 1991.
- [16] Nadrendra, K.S. and Parthasarathy, K., "Identification and Control of Dynamical Systems Using Neural Networks", IEEE Trans. on Neural Networks, Vol. 1, No. 1, 1990, pp. 4-27.
- [17] 곽문규, 서상현, "신경망을 이용한 선박용 자동 조타장치의 제어시스템 설계 (I)" 대한조선학회지 34권 제 2호, 1997년 5월.