

3점 탐색 알고리즘을 이용한 신경회로망의 혼합제어방식

이승현*, 공휘식**, 최용준*, 유석용*, 엄기환*
*동국대학교 전자공학과, **관동대학교 전자통신학부
02-2260-3332 / 02-2279-1798

Hybrid Control Method of Neural Network Using the 3-point Search Algorithm

Sung Hyun Lee*, Whue Sik Kong**, Yong Jun Choi*, Seok Yong Yu*, Ki Hwan Eom*
*Dept. of Electronics Engineering, Dongguk Univ.,
**Dept. of Electronics Engineering, Kwandong Univ.
E-mail: cower@hanmail.net

Abstract

In this paper, we propose hybrid control method of neural network using the 3-point search algorithm. Proposed control method is searched the weight using the 3-point search algorithm for off-line then control the on-line. In order to verify the usefulness of the proposed method, we simulated the proposed control method with one link manipulator system and confirmed the excellency.

I. 서론

다층 신경회로망은 비선형 함수 구성기능, 범화능력에 의해 패턴인식, 음성합성, 최적화, 적응제어 등 많은 분야에 응용되고 있다. 다층 신경회로망의 제어에 응용도 직접 역모델을 구성하여 조작량을 구하는 직접제어방식, 플랜트를 동정하고 이 정보를 이용하여 조작량을 구하는 간접제어방식 등이 있다.

제어의 응용 면에서는 로봇틱 등과 같이 빠른 속도를 요하는 경우에는 on line 학습으로 처리하며, 프로세스 제어와 같이 시스템이 일반적으로 커서 속도가

느려도 괜찮은 경우에는 off line 학습으로 처리한다.

다층 신경회로망의 가장 대표적인 학습규칙은 최급강하법을 기본으로 하는 역전파 알고리즘이다.

역전파 알고리즘은 학습 속도가 느리고 연결강도 및 바이어스의 초기값이 학습결과에 큰 영향을 끼친다. 뿐만 아니라 학습율, 은닉층, 신경소자의 수도 중요한 문제가 된다.

본 논문에서는 역전파 알고리즘의 연결강도의 초기값을 임의로 설정하여 발산이 되거나 학습소요시간이 길게 되는 것을 개선하기 위하여 off line과 on line을 이용하는 혼합형 제어방식을 제안한다.

제안한 제어방식은 직접탐색법의 일종인 3점 탐색 알고리즘을 이용하여 off line으로 전체 구간 중의 일부 구간에서의 연결강도의 최적값을 구하고, 그 값을 연결강도의 초기값으로 하여 나머지 구간을 on line으로 학습하는 방식이다.

제안한 제어방식의 유용성을 확인하기 위하여 one link manipulator에 대하여 기존의 일반적인 신경회로망을 이용하여 on line으로 학습한 직접제어방식과 시뮬레이션을 한 결과의 제어성능을 비교 검토한다

II. 3점 탐색 알고리즘

3점 탐색 알고리즘은 탐색구간을 설정하고, 설정된 구간을 3등분하여 일변수 변환법으로 탐색점을 구하는 직접 탐색법 일종이다.[7]

최적제어 계산에서 적용되는 목적함수(cost function) J 는 일반적으로 다음과 같이 표시 할 수 있다.

$$J(X) = J(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

여기서 X 는 x_1, x_2, \dots, x_n 의 독립 변수이고, 목적함수 J 의 값은 설정한 탐색범위 내에서 최소치가 1개만 존재하는 unimodal 특성과 2개 이상 존재하는 multimodal 특성을 가지며 3점 탐색 알고리즘은 다음과 같다.

(1) 초기탐색 ($w=0$)

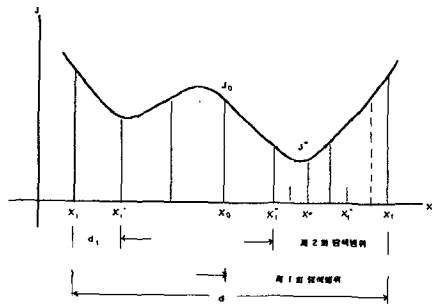


그림 1. 3점 탐색 알고리즘

Fig 1. 3-point search algorithm

그림 1과 같이 탐색 범위를 x_i, x_f 로 하고, 그 크기를 d 로 표시하면 그 중앙점 x_0 에서 목적함수 J 를 $J_0 = f(x_0)$ 로 계산하여 J_0 와 x_0 로 기억시킨다.

(2) 제 1 회 탐색 ($w=1$)

제 1 회의 분할구간은

$$d_1 = \frac{d}{2} \times \frac{1}{3} \quad (1)$$

를 계산하고 x_0 부터 $\pm 2d_1$ 인 점을 각각 x_i', x_f' 로

표시하여, $J_i = f(x_i)$ 과 $J_f = f(x_f)$ 를 계산하여 J_0, J_i 및 J_f 의 세 값에서 최소인 것을 $J^* = f(x^*)$ 로 하고, J^* 및 x^* 를 기억시킨다.

(3) 제 2 회 탐색 ($w=2$)

다시 분할구간 d_2 는

$$d_2 = \frac{d_1}{3} \quad (2)$$

를 계산하고 x^* 점을 중심으로 $\pm 2d_2$ 의 곳에 위치한 x_i'', x_f'' 의 점에서 J 의 값 $J_i = f(x_i'')$ 와 $J_f = f(x_f'')$ 를 계산하여 J^* 와 J_i, J_f 를 비교하여 이들 중에서 최소치 J 를 $J^* = f(x^*)$ 로 하고 J^* 및 x^* 를 기억시킨다. 그리고 제 1 회 탐색범위의 $\frac{1}{3}$ 로 축소된 탐색범위 내에서 탐색하게 된다.

(4) 3 회 이상의 탐색 ($w>3$)

제 1 회 탐색의 분할구간

$$d_i = \frac{d_{i-1}}{3} = \frac{d}{2 \cdot 3^i} \quad (3)$$

이므로, 전항과 같은 방법으로 J 의 계산을 반복해서 설정한 계산횟수로 종료한다.

제 2 회 탐색을 반복하여 J^* 를 계산하였을 때 J 의 총 계산횟수 $y = 3 \times w$ 이며, 탐색정도(즉, 최종 계산시 탐색범위)는

$$d_w = \frac{d}{2} \times \left(\frac{1}{3}\right)^w = \frac{d}{2 \times 3^w} \quad (4)$$

으로 $w=10$ 인 경우에는 $5.0805 \times 10^{-5} \times d$ 가 되어 정밀한 탐색정도가 얻어진다.

특히, 최소치 x^* 가 경계점 x_i 나 x_f 상의 극한점에 위치하는 경우에 x 가 다음 식(5)와 같은 반복계산에 의하여 x_0 로부터 출발해서 x_f 에 수렴함을 알 수 있다. 즉, 최초의 중심점 x_0 로부터 w 회의 반복계산으로 도달할 수 있는 거리 x_d 는

$$x_d = \frac{d}{2} \times \left(\frac{2}{3} + \frac{2}{3} + \dots + \frac{2}{3^w}\right)$$

$$= \frac{d}{2} \times \frac{2}{3} \left(\frac{1 - (\frac{1}{3})^w}{1 - (\frac{1}{3})} \right) \quad (5)$$

이고, $w = \infty$ 일 때 $x_d = (\frac{d}{2})$ 로 되어 x_i 점 또는 x_f 점에 도달함을 알 수 있다.

위의 과정을 통하여 탐색범위로 설정한 구간 내의 모든 점을 접근하여 최소값의 탐색이 가능하였다.

III. 제안한 혼합제어방식

제안한 제어방식의 전체적인 블록선도는 그림 2와 같다.

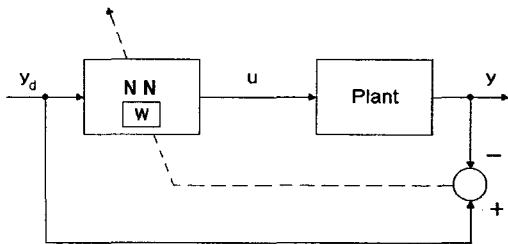


그림 2. 제안한 제어방식의 블록선도
Fig 2. Block diagram of proposed control method

그림 2와 같이 짧은 기간동안 off line으로 3점 탐색 알고리즘을 이용하여 최적의 연결강도 w 를 찾아낸다. 이 기간 이후에는 먼저 구한 연결강도를 초기값으로 하여 on line으로 제어한다.

제안한 혼합제어방식을 이용하여 역전파 알고리즘 (Back-Propagation Neural Network)의 연결강도의 초기값을 임의로 설정하여 발산이 되거나 학습 소요 시간이 길게 되는 것을 개선 할 수 있다.

IV. 시뮬레이션

제안한 제어방식의 성능을 알아보기 위해 one link manipulator를 이용하여 시뮬레이션을 한다. one link manipulator는 식 (6)와 같이 나타낼 수 있다.

$$ml^2 \ddot{\theta} + B \dot{\theta} + mgl \cos(\theta) = \tau \quad (6)$$

여기서 $\theta, \dot{\theta}, \ddot{\theta}$ 는 각각 매니플레이터의 각변위, 각속도, 각가속도를 나타내고, τ 는 매니플레이터의 입력으로서 관절에 가해지는 토크이며, m, l, B, g 는 각각 매니플레이터 링크의 질량, 길이, 마찰계수, 중력가속도를 나타내며, 각각의 값은 $m=0.1[\text{kg}], l=1[\text{m}], B=0.4[\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}], g=9.8[\text{m}/\text{s}^2]$ 의 사양을 갖는다. 여기서 θ 와 $\dot{\theta}$ 를 상태변수로 정의하면 식 (6)은 식 (7)과 같이 상태공간 모델로 된다.

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= -\frac{g}{l} \cos(x_1) - \frac{B}{ml^2} x_2 + \frac{1}{ml^2} \tau \end{aligned} \quad (7)$$

기존의 일반적인 신경회로망은 3개의 층으로 구성되어 있는데, 제안한 방식의 신경회로망 구조는 입력층은 4개, 은닉층은 30개, 출력층은 1개의 뉴런으로 구성하였다. 각각의 학습률은 0.05, 0.005, sampling time은 10[ms]이다.

그림 3은 기존의 다층 신경망을 이용한 시뮬레이션 결과이고, 그림 4은 제안한 제어방식을 이용한 시뮬레이션 결과이다.

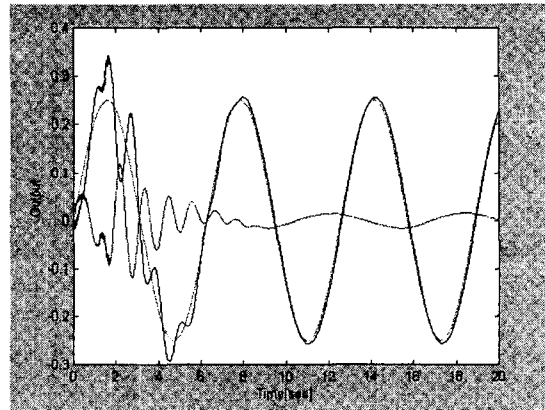


그림 3. 다층 신경회로망을 이용한 제어방식의 응답
Fig 3. Output of The Multi-Layer Neural Network

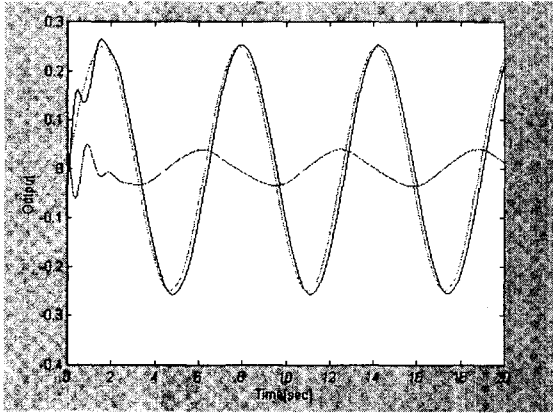


그림 4. 제안한 제어방식의 응답
Fig 4. Output of The Proposed Method

V. 결론

본 논문에서는 역전파 알고리즘의 연결강도의 초기 값을 임의로 설정하여 발산이 되거나 학습소요시간이 길게 되는 것을 개선하기 위하여 off line과 on line을 이용하는 혼합형 제어방식을 제안했다.

제안한 방식은 직접탐색법의 일종인 3점 탐색 알고리즘을 이용하여 off line으로 처음의 짧은 구간에서의 연결강도의 최적값을 구하고, 그 값을 연결강도의 초기값으로 하여 나머지 구간을 on line으로 학습하는 방식이다.

제안한 제어방식의 유용성을 확인하기 위하여 one link manipulator에 대하여 기존의 일반적인 신경회로망을 이용하여 on line으로 학습한 직접제어방식과 시뮬레이션을 한 결과 발산이 되거나 초기의 큰 오차를 줄일 수 있음을 확인하였다.

VI. 참고문헌

[1]T.Fukuda and T.Shibata, "Theory and Application of Neural Networks for Industrial Control Systems",

IEEE Trans. Industrial Electronics, Vol.39, No.6, Dec. 1992..

[2]L.Jin, P.N.Nikiforuk and M.M.Gupta, "Direct adaptive output tracking control using multilayered neural networks ", IEEE Vol.140, No.6,pp.393-398, Nov. 1993.

[3]Madan M. Gupta and Naresh K. Shinha, Intelligent control systems : Theory and applications, IEEE Press, 1996

[4]Hiroaki Nakanishi, Takehisa KOHDA and Koichi INOUE "A Design Method of Optimal Control System by Use of Neural Network", International Conference on Neural Networks(ICNN'97) - Volume 2 , 1997-06-09.

[5]E.S.Plumer. "Optimal Control of Terminal Processes Using Neural Networks", IEEE Trans. Neural Networks, 7:408-418, 1996.

[6]김주홍. "최적설계를 위한 3점 탐색 알고리즘의 제안". 한국통신학회 논문지 volume 16, No 7.1991.

[7]공휘식, "3점 탐색 알고리즘을 이용한 최적 설계 및 제어", 동국대 박사학위논문, 1992