

새로운 형태의 Elman 신경회로망*

최우승**, 김주동***

A New Type of the Elman Neural Network

Woo Seung Choi**, Joo Dong Kim***

요약

신경회로망은 입력층, 출력층, 하나 이상의 은닉층으로 구성된 네트워크이다. 학습능력과 근사화 능력으로 말미암아 신경회로망은 패턴인식 및 시스템제어분야에서 많이 사용되고 있다.

Elman 신경회로망은 J. Elman에 의해 제안되었으며, recurrent network의 형태로 구성되어 있다. Elman 신경회로망은 기존의 신경회로망에 context층을 새로 추가하여, 은닉층의 출력을 context층의 입력으로 피드백 하는 구조로 되어 있다.

본 논문에서는 Elman 신경회로망을 변형한 형태로, 은닉층 뿐 만 아니라 출력층의 출력도 context층으로 피드백 하는 새로운 형태의 Elman 신경회로망을 제안한다.

제안한 방식의 유용성을 확인하기 위해 X-Y cartesian에 적용하여 시뮬레이션한 결과는 기존의 신경회로망 및 Elman 신경회로망 보다 우수한 방식임을 보여 주고 있다.

Abstract

The neural network is a static network that consists of a number of layer: input layer, output layer and one or more hidden layer connected in a feed forward way. The popularity of neural network appear to be its ability of learning and approximation capability. The Elman Neural Network proposed the J. Elman, is a type of recurrent network. Is has the feedback links from hidden layer to context layer. So Elman Neural Network is the better performance than the neural network.

In this paper, we propose the Modified Elman Neural Network. The structure of a MENN is based on the basic ENN. The recurrency of the network is due to the feedback links from the output layer and the hidden layer to the context layer.

In order to certify the usefulness of the proposed method, the MENN apply to the X-Y cartesian tracking system. Simulation shows that the proposed MENN method is better performance than the multi layer neural network and ENN.

* 본 논문은 1998년도 경원전문대학 산업기술연구소의 학술연구지원비에 의한 것임.

** 경원전문대학 사무자동화과 교수

*** 뉴파워전자(주) 대표이사

논문접수 : 99.1.11. 심사완료 : 99. 2.27.

방식과 기존의 Elman 신경회로망과의 비교를 통해 성능의 우수함을 입증한다.

I. 서론

다층 신경회로망은 1980년대 이후 많은 부분에 적용되어 오고 있다. 특히 오차 역전파 학습 규칙은 패턴 인식, 함수의 근사화, 시스템 식별을 위한 학습 알고리즘으로 많은 관심을 받아 왔다. 간단한 패턴 분류 문제에서 잡음에 대한 강인성, 일반화 능력 등은 기존의 알고리즘에 의존한 방법에 비해 매력적이었으며 특히 입력 및 출력 데이터에 대한 학습만으로도 시스템의 모델을 구성할 수 있다는 점은 매우 큰 장점이다.

이러한 신경회로망은 많은 다른 형태의 모델이 제안되었다. 예를 들면 다층 신경회로망, 홉필드 신경회로망, 코호넨 신경회로망, ART(Adaptive Resonance Theory) 신경회로망 등과 같은 형태로 많이 이용되고 있다[1].

최근에는 J. Elman에 의해 새로운 신경회로망 모델이 제안되었다. 이 Elman 신경회로망은 계산능력의 향상을 위해 기존의 입력층, 출력층, 은닉층 이외에 새로운 context 층을 추가하여 은닉층의 출력값을 context 층의 입력으로 피드백한 형태이다.

Elman 신경회로망은 그후 많은 응용이 있었으며, 변형되거나 수정된 형태로 많이 사용되고 있다 [2],[3],[7],[8].

본 논문에서는 새로운 형태의 Elman 신경회로망을 제안한다. 본 논문에서

제안한 방식은 기존의 Elman 신경회로망을 수정하여 은닉층 뿐만 아니라 출력층의 결과를 context 층으로 피드백 한다. 이것은 결과적으로 계산능력이 향상되고 정밀성이 증가된다.

이러한 능력의 향상은 본 논문에서 제안한 방식의 성능을 향상시키게 된다.

본 논문에서 제안한 제어방식의 유용성을 입증하기 위해 X-Y cartesian 추적시스템에 적용한다.

X-Y cartesian 추적 시스템은 평면상에서 원의 궤적을 추적하는 시스템이다. 시뮬레이션을 통해 제안한

II. Elman 신경회로망

Elman 신경회로망은 전체적으로는 전방향 구조이고 은닉층에서 부분적으로 recurrent되는 구조이다. 그림 1은 Elman 신경회로망을 나타낸 것이다. 그림 1에서, 은닉층 뉴런의 출력은 context 층으로 입력되고, context 층의 출력은 다시 은닉층 뉴런의 입력이 된다. 이러한 피드백의 효과는 계산능력의 향상을 가져온다. 따라서 전체적으로 성능 향상의 결과를 가져오게 하였다[5],[6].

context 층과 은닉층 사이의 연결 강도를 w_{ji}^{hc} 라 하면 은닉층의 입력은 식(1)이고, 은닉층의 출력은 식(2)와 같다.

$$net_j(k) = \sum_{i=1}^M w_{ji}(k) u_i(k) + \sum_{i=1}^M w_{ji}^{hc}(k) x_i^{hc}(k) \quad (1)$$

$$x_j(k) = f(net_j) \quad (2)$$

여기서 x_j^{hc} 는 context 층의 출력으로 식(3)이다.

$$x_j^{hc}(k) = x_j(k-1) \quad (3)$$

출력층의 입력은 식(4)이고, 출력층의 출력은 식(5)이다.

$$net_k(k) = \sum_{j=1}^M w_{kj}(k) x_j(k) \quad (4)$$

$$y_k(k) = f(net_k) \quad (5)$$

목표값을 y_d 라 할 때, 목적함수는 식(6)과 같이 정의된다[4].

$$J = \frac{1}{2} [y_d - y_k]^2 \quad (6)$$

일반적인 오차 역전파 알고리즘을 이용하여, 목적함수 J 가 최소가 되도록 식(7)과 같이 신경회로망의 연결강도를 조정한다.

$$\Delta w = -\eta \frac{\partial J}{\partial w} \quad (7)$$

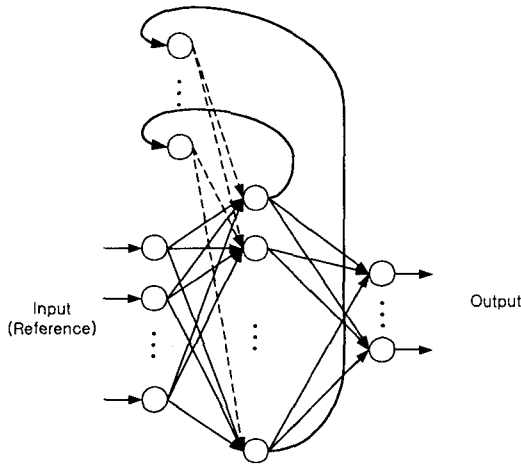


그림 1. Elman 신경회로망의 구조

로 입력되고, context층의 출력은 은닉층 뉴런 뿐 만 아니라 출력층 뉴런의 입력으로 사용된다. 이러한 구조는 은닉층의 값과 출력층의 값을 피드백 하게 되므로 계산능력의 현저한 향상을 초래한다.

context 층과 출력층 사이의 연결강도를 w_{kj}^{hc} , 출력층의 context 층과 출력층 사이의 연결강도를 w_{oj}^{oc} 로 정의하면 은닉층의 입력은 식(8)이고 출력은 식(9)이다.

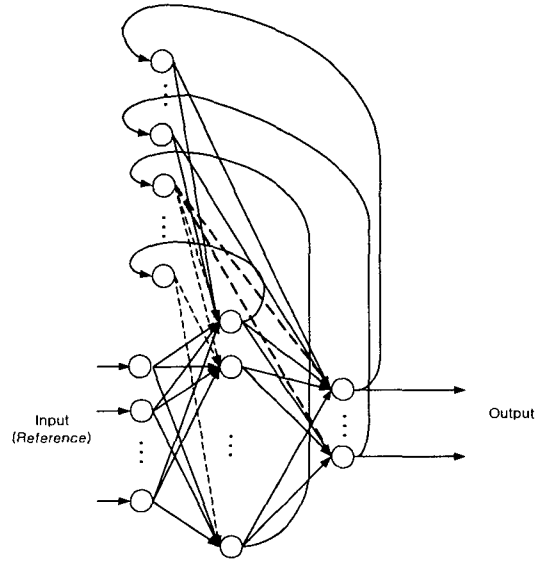


그림 2. 수정된 신경회로망의 구조

$$net_j(k) = \sum_{i=1}^I w_{ji}(k) u_i(k) + \sum_{i=1}^M w_{ji}^{hc}(k) x_i^{hc}(k) + \sum_{i=1}^N w_{ji}^{oc}(k) x_i^{oc}(k) \quad (8)$$

III. 새로운 형태의 Elman 신경회로망

본 논문에서 제안하는 새로운 형태의 Elman 신경회로망의 구조는 그림 2와 같이 기존의 Elman 신경회로망의 구조에 출력층 뉴런의 출력이 context 층으

로 입력되고, context층의 출력은 은닉층 뉴런 뿐 만 아니라 출력층 뉴런의 입력으로 사용된다. 이러한 구조는 은닉층의 값과 출력층의 값을 피드백 하게 되므로 계산능력의 현저한 향상을 초래한다.

$$x_j(k) = f(net_j) \quad (9)$$

$$x_j^{hc}(k) = x_j(k-1) \quad (10)$$

$$x_k^{oc}(k) = x_k(k-1) \quad (11)$$

출력층의 입력과 출력은 식(12), 식(13), 식(14)와 같다.

$$net_k(k) = \sum_{j=1}^M w_{kj}(k) x_j(k) + \sum_{j=1}^M w_{kj}^{hc}(k) x_j^{hc}(k) + \sum_{j=1}^M w_{kj}^{oc}(k) x_j^{oc}(k) \quad (12)$$

$$x_k(k) = f(net_k) \quad (13)$$

$$y_k(k) = x_k(k) \quad (14)$$

일반적인 오차 역전파 학습법으로 목적함수가 최소가 되도록 연결강도를 조정한다.

IV. 시뮬레이션

본 논문에서 제안한 새로운 형태의 Elman 신경회로망에 대한 성능을 비교하기 위하여 기존의 Elman 신경회로망에 대하여 평면에서의 원 궤적 추적에 대한 시뮬레이션을 수행하였다.

다음 식과 같이 평면상에서 표현되는 궤적을 추적하였다.

$$r^2 = x^2 + y^2 \quad (15)$$

$$x(t) = 1/2 \cos(t) \quad (16)$$

$$y(t) = 1/2 \sin(t) \quad (17)$$

기존의 Elman 신경회로망의 궤적 추적 결과는 그림 3과 같고, 제안한 새로운 형태의 Elman 신경회로망의 궤적 추적 결과는 그림 4와 같다.

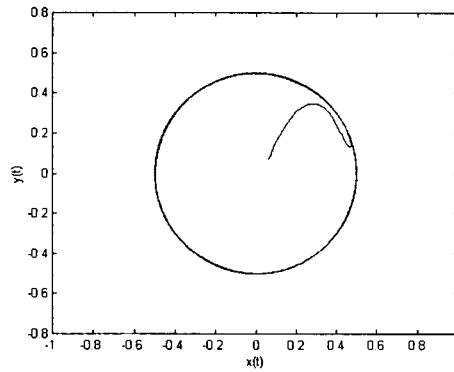


그림 3. Elman 신경회로망의 원형 궤적 추적

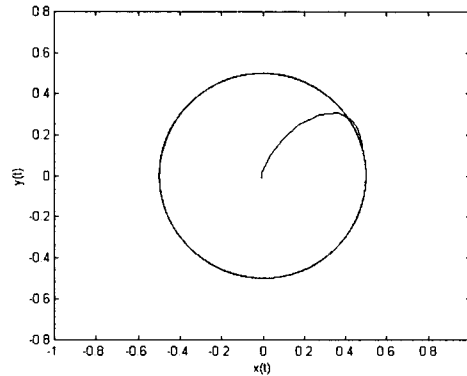


그림 4. 새로운 형태의 Elman 신경회로망의 원형 궤적 추적

그림 3과 4를 통해, 제안한 새로운 형태의 Elman 신경회로망의 경우 기존의 Elman 신경회로망에 비해 그 추적 능력이

향상됨을 알 수가 있다. 또한 계속된 반복 학습을 통한 학습의 완성도 면에서도 제안한 방식이 더 좋은 결과를 보임을 알 수가 있다.

그림 5는 두 개의 방식에 대한 오차의 수렴 속도를 알아보기 위하여 반복 학습을 수행하였을 때의 오차에 대한 제곱합을 나타낸 것이다.

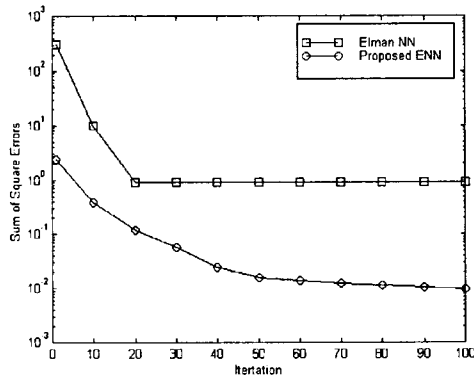


그림 5. 오차 제곱합

V. 결 론

본 논문에서는 새로운 형태의 Elman 신경회로망을 이용한 제어방식을 제안하였다. 여기에서 제안한 제어 방식은 은닉층의 출력만이 피드백 되는 Elman 신경회로망의 구조를 기본으로, 은닉층의 출력뿐만 아니라 출력층의 출력도 피드백하여 context 층을 거쳐 다시 은닉층과 출력층에 입력으로 들어간다. 이러한 형태의 Elman 신경회로망은 동일한 구조의 Elman 신경회로망과 비교하여 입력층과 은닉층의 뉴런에 대해 계산능력의 향상을 가져오게 된다.

이러한 계산능력의 향상은 전체적으로 제안한 방식의 성능향상에 기여하게 된다.

본 논문에서 제안한 제어방식을 원 궤적 추적 시스템에 적용하였으며, 시뮬레이션을 통해 이 방식과 기존의 Elman 신경회로망과의 결과를 비교하였다. 시뮬레이션을 위한 원 궤적 시스템에서, 제안한 방식의 경우 초기에 다소 시간이 소요되지만 추적이 이루어진 후부터는 거의 추적대상과 같음을 알 수가 있었다. 또한 오차의 제곱합을 비교한 결과 제안한 제어방식이 다른 두 개의 제어방식에 비해 정밀함이 나타났다.

이러한 결과로 볼 때, 본 논문에서 제안한 방식이 기존의 Elman 신경회로망보다 우수한 성능을 지녔음을 확인할 수가 있었다.

참고문헌

- [1] L.Jin, P.N.Nikiforuk and M.M.Gupta, "Direct adaptive output tracking control using multilayered neural networks", IEEE Proceedings-D, Vol. 140, No. 6, pp.393-398, Nov., 1993.
- [2] I.D.Landau, "System identification and control design", Prentice-Hall, Inc., 1990.
- [3] J. Elman, "Finding structure in time", Cognitive Science, vol.14, pp.179-211, 1990.
- [4] 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.
- [5] D. T. Pham, X. Liu, "Training of Elman networks and dynamic system modelling", International Journal of Systems Science, vol.27, no.2, pp.221-226, 1996.
- [6] Jerome T. Connor, "Recurrent neural networks and robust time series prediction", IEEE Trans. on Neural Networks, vol.5, no.2, 1994.
- [7] S.Yildirim, V.Asiantas, "Feedback error learning for control of a robot SMEN", Proceedings of 4th Int. Workshop on Advaced Motion Control, vol. 2, pp.518-523, 1996.

- [8] S.Yildirim, V.Asiantas, I.Uzmay. "A Recurrent Alopex Neural Network for Control of a Robot", Proceedings of 7th Int. Machine Design and Production Conference, pp.799-808, 1996.

저 자 소 개

최우승

한국 OA학회 논문 제2권 제2호

(통권 제3호) 참조

김주동

현재 뉴파워전자(주) 대표이사