

# 단일 뉴런을 이용한 시스템 식별

정 지원\*, 김 주용\*, 임 기환\*, 임 중규\*\*, 이 현관\*\*

\*동국대학교 전자공학과, 서울시 중구 필동 3가 26번지, \*\*호서 전산원

## System Identification Using Single Neuron

Jee-Won Jeong\*, Joo Woong Kim\*, Ki Whan Eom\*,

Joong-Keu Lim\*\*, Hyun-Kwan Lee\*\*

\*Dept. of Electronics, Dongguk Univ., 26 Pil-dong, 3-ga, Jung-ku, Seoul 100-715

### Abstracts

In this paper we investigate a system identification with a single neuron. The identified performance of multi-perceptron is compared with proposed identification model and simulated.

### 1. 서 론

1940년대 최초의 신경망 모델이라 할 수 있는 McCulloch-Pitts 모델에서 신경망의 단순 논리가 구현되고 이후 '헵의 시냅스'에서 연결강도 조정을 위한 생리적 학습규칙이 제안되었으며, 1957년 로젠블릿의 '퍼셉트론(perceptron)'을 통해 신경망 이론이 발전 할 수 있는 근간이 되었다. [1],[2],[3]

그러나 1967년 민스키와 파피트의 '퍼셉트론즈'에서 퍼셉트론이 패턴 인식에서 선형 분리만 가능하고 비선형적인 분리가 불가능하다는 단점이 제기됨으로써 신경망이론의 침체기를 맞이하게 되었다.[1],[2],[3]

신경망 이론의 침체 시기 이후 다층 퍼셉트론(multi-layer perceptron)이 발표됨으로써 다시 신경망 이론의 연구가 활발히 일어나 된다.[2],[3],[4]

1973년 K.J.Astrom 교수에 의해 자기-동조 적응 제어 (self-tuning adaptive

control)방식이 제안된 이래로 제어를 목적으로 시스템 식별을 위하여 식별 모델에 대한 관심이 모아졌고 이후 1980년대 후반에는 생물학적 신경계통을 모방한 신경회로망이론이 제어공학자들에 의해 많은 연구의 대상이 되었다.[4],[5],[6]

1989년 F.C.Chen과 1991년 K.S.Narendra와 K.Parthadarathy, 1993년 L.Jin등은 신경회로망을 이용하여 시스템 식별기를 구성하고, 구성된 식별기를 이용하여 비선형 제어를 설계하는 제어 방식을 제안하였다.[4]

신경망을 이용한 제어방법에는 여러 가지가 있다. 직접역모델 신경망 제어 방법, model reference adaptive NN control, predictive NN control internal model NN control, 직접 적응제어 방식 과 간접적응 제어 방식 등이다. [3],[4]

신경망을 이용하여 시스템을 제어하기에 앞서 시스템 플랜트의 식별(identification)이 선행되어야 하며 본 논문에서는 제어를 위한 간단한 시스템 식별기를 제안한다.

은닉층(hidden layer)과 여러 개의 뉴런을 갖고 시스템을 식별한 후에 제어를 설계하던 기존의 몇 가지 제어모델의 구조를 간단하게 하기 위하여 본 논문에서는 하나의 뉴런을 이용한 시스템 식별기를 구성한다. 6개의 입력을 갖는 단일 뉴런을 이

용하여 시스템의 식별 성능을 확인하고 여러 개의 뉴런을 갖는 기존의 신경망을 이용한 시스템 식별기와와의 성능을 비교해본다. 성능을 확인하기 위한 시뮬레이션은 K.S.Narendra와 K.Parthadarathy가 제안한 모델 중에서 이산시간 차분 모델로 단일 뉴런의 식별 성능을 확인해본다.[4]

## 2. 본 론

일반적으로 많이 사용되는 기존의 다층신경망을 이용함으로써 식별 성능이 우수한 시스템 식별기는 계속적으로 연구되어 왔다. 그러나 다층 신경망과 혼합형 신경망 같은 식별기는 시스템 구조상으로 복잡하다는 단점이 있다. 간단한 시스템 식별기를 본 논문에서 제안하며 기존의 다층 신경망을 이용한 시스템 식별기 중에서도 상대적으로 간단한 다층 신경망(1개의 hidden layer를 갖는)을 갖는 식별기를 제안한 단일 뉴런 식별기의 비교 대상으로 한다.

비교 대상으로써 사용된 일반적인 neural network(신경 회로망)을 갖는 식별 시스템 구성도 그림 1과 같이 구성한다.

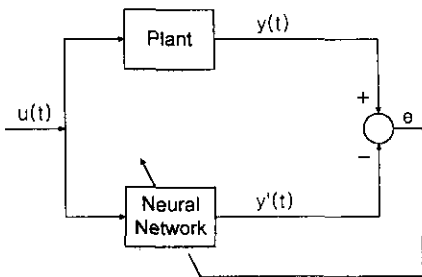


그림 1. 은닉층(hidden layer) 1개를 갖는 신경망 식별기.

그림 1의 신경 회로망은 입력 2개를 갖는 입력층과 40개의 뉴런을 갖는 은닉층과 하나의 출력을 갖는 신경 회로망이다.

제안한 식별기와와의 비교 대상과 같은 식

별기로써의 신경 회로망을 본 논문에서는 이후 '일반적인 신경망'이라 명칭하며 그 식별성능은 시뮬레이션에서 확인 할 수 있듯이 양호한 식별 성능을 갖음을 알 수 있다. 그러나 이와 비슷한 식별 성능을 갖으면서도 보다 간단한 구조, 특히 1개(단일)의 뉴런을 사용하여 시스템의 식별이 가능할 수 있다.

제안한 단일 뉴런을 갖는 시스템 식별기는 그림 2와 같다.

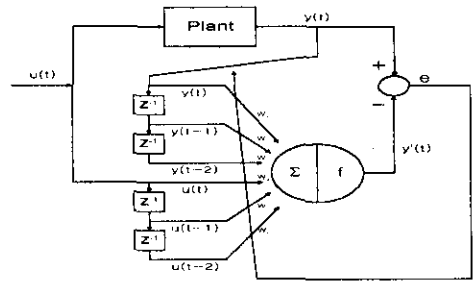


그림 2. 단일 뉴런을 갖는 시스템 식별기

신경회로망의 장점은 병렬 처리와 그로 인한 빠른 연산 속도, 그리고 정보를 분산 표현, 처리할 수 있다는 것이다. 또한 중복성(redundancy)이 크므로 일부의 정보로부터 전체의 정보를 얻을수 있는 연산 기억(associative memory) 특성이 있다는 장점이 있지만 시스템의 식별에서 Tapped delay 된 입력으로 식별 성능을 개선함으로써 목적인 바 시스템의 좋은 식별이 가능해진다.

단일 뉴런의 구성은 그림 2-1과 같고 뉴런의 출력 함수는 (1) 식과 같다.

$$y = f \left( \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \theta \right) \quad (1)$$

입력 패턴이 가중합 되어 활성화 함수(activation function)을 통해 출력 y가 된다. 제안된 단일 뉴런 식별기에서의 입력은 현재의 입력 1개와 그에 대한 2개의 Tapped delay 입력 (과거 입력), 그리고 플

랜트의 출력 1개와 2개의 Tapped delay 출력이 각각 단일 뉴런의 입력으로 들어가 총 6개의 입력을 갖게 된다. 환성함수는 비선형 함수인 시그모이드 함수(sigmoid function)를 사용하였고 weight 결정을 위해 역전파 (back propagation) 알고리즘을 사용하였다.

### 3. 시물레이션

Narendra의 연구에 의하면 직-병렬 모델에 비하여 우수한 식별 특성을 가지므로 식별 특성과 성능을 비교하기 위하여 직-병렬 모델을 이용하였다.[4]

비선형함수  $f(\cdot)$ 는 식별하려는 시스템에 따라서 부분적으로 알려진 선형부분과 알려지지 않은 비선형 부분인 수 있고 완전히 알려지지 않은 비선형 함수만으로 구성될 수 있으므로 K.S.Narendra 와 K.Parthaday가 제안한 이산시간 차분 모델로 나누어 진 것을 기반으로 고려해서 [4] 식별 특성과 성능을 확인 할수 있고, 시물레이션 결과에서 일반적인 신경망과 비교해 볼 때 식별 성능이 큰 차이가 없음을 확인하였다.

그림 3-1과 그림 3-2는 각각 일반적인 신경망 식별기와 단일 뉴런 식별기의 성능을 비교하여 보여주고 입력은 식 (2)과 같고 학습률은 0.005이며 학습시간은 500으로 시물레이션 하였다.

$$f(n) = \sin\left(\frac{2\pi n}{250}\right) \quad (2)$$

그림 4-1과 4-2는 입력이 식 (3)과 같고 학습률과 학습시간은 그림 3에서의 시물레이션과 같이 하였다.

$$f(n) = \sin\left(\frac{2\pi n}{250}\right) + \sin\left(\frac{2\pi n}{100}\right) \quad (3)$$

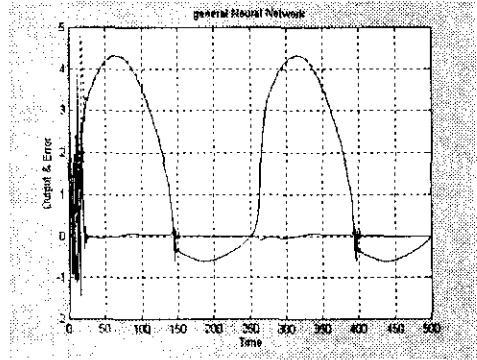


그림 3-1. 일반적인 신경망 식별기

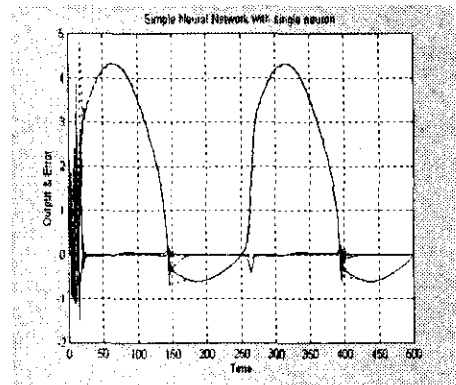


그림 3-2. 단일 뉴런 식별기

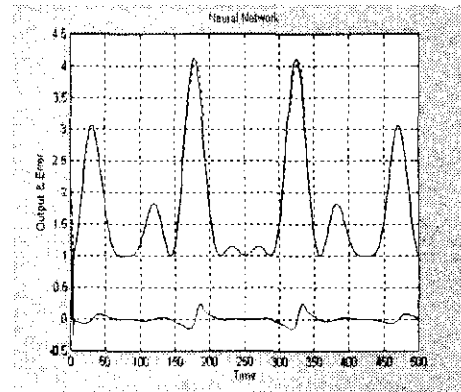


그림 4-1. 일반적인 신경망 식별기

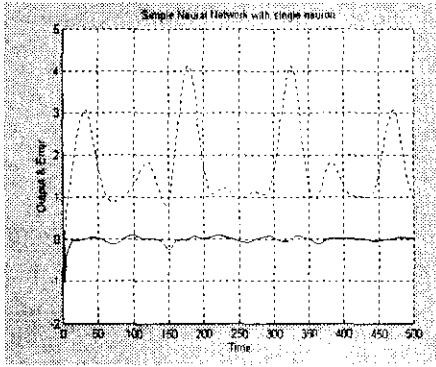


그림 4-2. 단일 뉴런 식별기

#### 4. 결론

본 논문에서는 시스템의 식별을 위해 단일뉴런을 이용하였다. 기존의 다층 신경망에 비해 상대적으로 구성이 대단히 간단한 반면 식별 성능은 다층 신경망의 성능과 흡사 했으며 그 확인을 위하여 2가지 모델에 적용하여 시뮬레이션 하였다.

Tapped delay를 포함한 6개의 입력을 갖는 단일 뉴런 식별기는 은닉층에 40개의 뉴런을 갖는 다층 신경망 보다 구조는 대단히 간단하면서 식별 성능이 비슷함을 확인하였다.

향후 연구 과제는 이 식별기를 직접, 간접으로 시스템제어기로 구성하도록 하는 것이다.

#### 5. 참고 문헌

[1] Johan A.K.Suykens, Joos P.L.Vandewalle, Bart L.R.De Moor, 'Artificial Neural Networks for Modelling and Control of Non-Linear Systems', Kluwer Academic Publishers., 1996.  
 [2] Martin T.Hugan, Howard B. Demuth, Mark Beale, 'Neural Network Design',

PWS Publishing Company., 1996.

[3] 김 대수, '신경망 이론과 응용', 하이테크 정보, 1992

[4] 이 용구, '퍼지-신경회로망과 신경회로망을 이용한 비선형 시스템의 혼합동정과 제어방식', 동국대학교 대학원 박사 학위논문, 1996.

[5] K.J. Hunt, G.R. Irwin and K. Warwick, 'Neural Network Engineering in Dynamic Control Systems', 1995.

[6] 최광순, 김주용, 엄기환, '신경회로망을 이용한 직접 적응제어기 설계', 1996년도 대한 전자공학회 하계종합학술대회 논문집 19, 679-692.