

# 가전제품의 지능형 제어를 위한 신경회로망 응용

이승구<sup>o</sup>, 윤상철, 김주완  
LG 전자 리빙시스템 연구소

## An Application of Neural Network for Intelligent Control of Home Appliances

Seung Koo Lee<sup>o</sup>, Sang Chul Youn, Joo Wan Kim  
LG Electronics Living System Research Lab.

### < 요약 >

본논문은 입/출력 관계가 불명확한 가전제품 제어에 인공신경회로망을 응용하여 지능형 제어를 구현하는 방법에 관한 것이다. 다층신경회로망을 사용하고 Error Back Propagation 학습방법에 의하여 학습되도록 한다. 제어대상 물에서 알 수 있는 정보는 입력값과 이에 대응하는 출력값 뿐이며 입력과 출력에 대한 관계를 수학적으로 모델링하기 어려운 경우이다. 인공신경회로망을 이용한 제어를 위하여 Neural Network Emulator(NNE)와 Neural Network Controller(NNC)가 개발되며 각 신경회로망의 초기하중벡터는 제어대상에 오프라인 학습으로 결정하고, 자동조정과정에서 온라인 학습하여 새로운 대상제품 상황에 적응하도록 설계되었다. 제안된 지능형 제어시스템은 PC를 이용하여 실시시스템에 적용하여 검토되었다.

### 1. 서론

가전제품의 제어시스템은 매우 다양하고 복잡화 됨에 따라 보다 향상되고 단순화된 제어기법에 대한 요구가 증대되고 있다. 많은 적응제어기법과 최적화제어기법이 기존의 고정이득제어기를 대신하여 제어기로 구현되었으나, 입/출력 관계가 불명확하고 복잡한 제어문제에 대해서는 아직 완벽하게 증명되지 않고 있다. 이러한 이유는 전통적인 제어기법은 매우 어려운 수학적 해석이 필요하기 때문에 정확한 사전정보를 가지고 있어야 하는 까닭이다. 그러나 신경회로망의 제어분야 응용을 위하여 이를 알고리즘으로 구현하는 경우, 적용학습능력에 의한 지속적인 성능개선이나 제어환경 변화에 대한 견고성 등에서 수학적 제어이론보다 실용적인 장점이 있다. 기존의 제어기법이나 제어기 설계가 모두 설계목표에 따른 제어기 설계를 위해 대상 플랜트의 선형근사화 또는 이산화 모델을 필요로 한

다.[1] 따라서 모델링 오차의 불확실성에 대한 견실성은 제한적인 것일 수 밖에 없으며, 이러한 견실성을 확대하는 것이 지능형제어의 설계목적이 된다.[2]

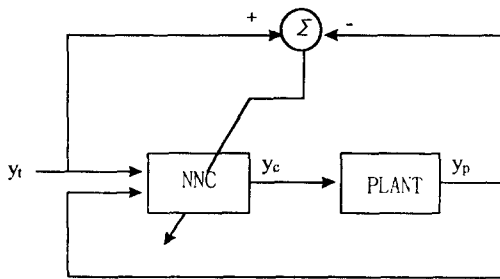
신경회로망 관점에서의 제어문제는 패턴인식 문제와 동일하게 생각될 수 있다. 즉 시스템 성능향상을 위해 제어대상 플랜트의 "작용"신호로 투영될 제어대상 플랜트에서의 "변화"신호를 패턴인식하는 것으로 설명할 수 있다. 따라서, 지능형제어기는 이 "변화" 패턴을 실시간으로 인식, 분리하고 불충분한 데이터로 "변화"를 신속히 인식할 수 있는 경험으로부터 "학습"되어야 한다. 그러므로, 지능형 제어기의 설계 및 구현에 인공 신경회로망을 사용한다면 패턴인식, 지속적인 성능개선의 자기구성 기능을 갖는 투명, 그리고 의사결정 등의 특성에 의한 견실성 확대를 기대할 수 있다.[3]

입/출력 관계를 모델링하기 어려운 가전제품을 제어하기 위하여 신경회로망 에뮬레이터(NNE)가 구성되었으며, NNE를 통하여 신경회로망 제어기(NNC)를 학습

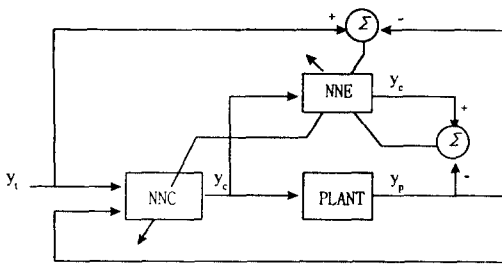
시키는 간접적응제어기를 구성하였다.

## II. 지능형 적응제어기

플랜트를 적응적으로 제어하기 위하여 두가지 방법이 사용되어 왔다. 즉, 1)직접적응제어방식과 2)간접적응제어방식이다. 신경회로망을 이용하여 제어기를 구성하는 경우에도 앞에서 분류한 바와 같은 범주로 구분할 수 있다. 그림 1의 (a)는 신경회로망을 이용한 직접제어방식으로 제어기의 계수는 목표값( $y_r$ )과 플랜트 출력( $y_p$ )와의 오차에 의하여 직접 조정된다. 이 방식은 입/출력 관계를 명확하게 알 수 있는 플랜트에 대하여 적용할 수가 있으나 실제 플랜트에서는 입/출력 관계가 명확하지 않은 경우가 많다. 이런 경우에는 직접제어방식을 적용하는 것은 어렵게 된다. 그림 1의 (b)는 신경회로망을 이용한 간접제어방식으로 플랜트 계수를 애플레이터의 연결하중으로 추정하고, 추정된 연결하중을 통하여 플랜트 출력( $y_p$ )과 목표값( $y_r$ ) 간의



(a)직접적응제어



(b)간접적응제어

그림 1. 적응제어 블럭다이아그램

오차가 후향전달 되도록 구성된 것이다. 이 방식에 의하여 입/출력 관계가 명확하지 않은 미지의 플랜트에 대한 적응제어를 수행할 수가 있다.

## III. 지능형 제어기의 가전제품 응용

그림 2는 본 연구에서 사용된 신경회로망 제어기의 구조로서 입/출력 관계가 모호한 가전제품을 제어하기 위한 것이다. Reference System의 출력은 가전제품내에서 자연 발생하는 신호로 입력신호( $u$ )에 대한 미지의 출력( $y_r$ )으로써 PLANT 출력( $y_p$ )에 대한 목표값이 된다. 그림 3에서와 같이 Reference System의 입력은 일정한 주기 및 진폭을 갖는 정현파 신호이고 출력은 각 입력 순간에 대하여 일정한 값을 가지고 있다. 신경회로망의 학습을 용이하게 하기 위하여 외란에 대한 영향은 최대한 배제되었다.

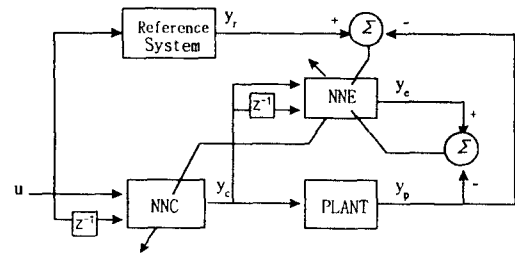
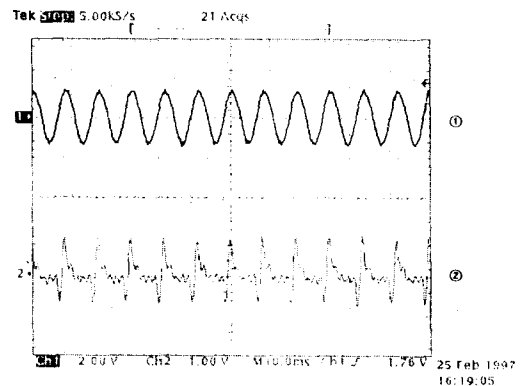


그림 2. 제어 블럭다이아그램



① Reference 입력 ② Reference 출력

그림 3. Reference System의 입/출력 관계

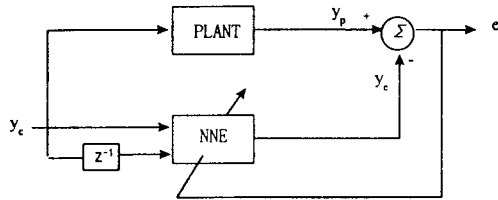
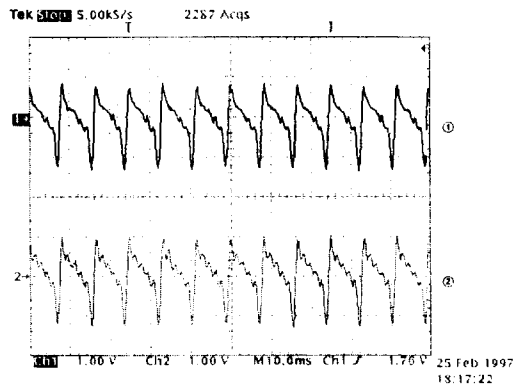


그림 4. 신경회로망 에뮬레이터의 학습 블럭 다이어그램

NNE와 NNC는 각각 신경회로망을 포함하며, 각각의 신경회로망은 1개씩의 입력층, 중간층, 출력층을 가지는 구조로 구성되고, 중간층 및 출력층의 출력에는 비선형 시그모이드 함수가 사용되고, 출력층의 출력이 결정된 뒤 PLANT 입력범위에 맞게 Scale이 조정된다. NNE는 그림 4과 같은 구조에 의하여 EBP (Error Back Propagation) 방법에 의하여 미리 구해진 교사신호를 이용하여 오프라인 학습된 후 실제 시스템에 적용되어 변화되는 환경에 적용할 수 있도록 구성되었다.

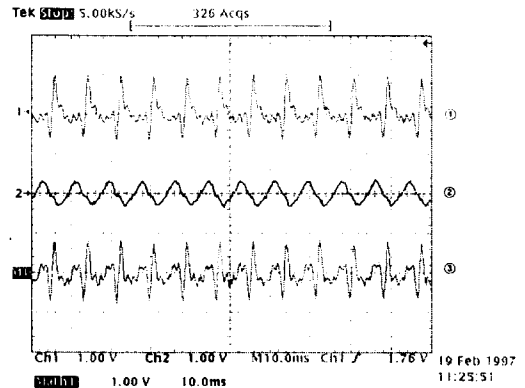
#### IV. 실험 및 결과고찰

그림 5는 그림 4에 의한 NNE의 학습결과로 학습은 총 30만회 수행되었으며, 이 때 사용된 교사신호는 실제 Reference System의 출력과 유사한 신호를 이용

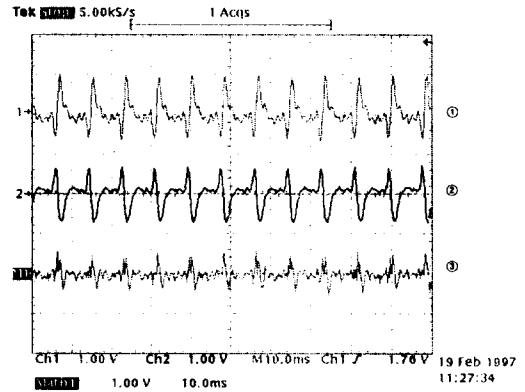


① NNE 출력 ② PLANT 출력

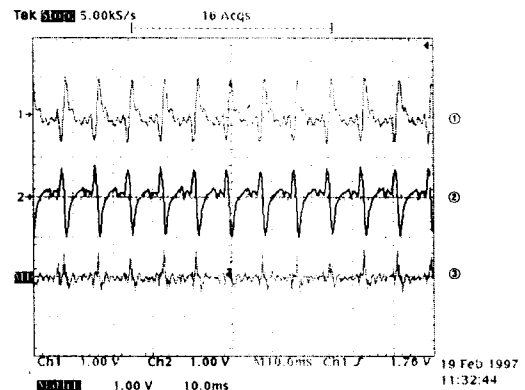
그림 5. NNE의 학습결과



(a) 학습전



(b) 학습중



(c) 학습완료후

- ① Reference 출력 ② PLANT 출력
- ③ Reference 출력 + PLANT 출력

그림 6. 신경회로망 제어기의 학습에 따른 PLANT 출력 대 Reference System의 출력

하였다. 그림에서 신호 ①은 NNE의 출력파형이고, 신호 ②는 PLANT 출력파형으로 학습에 의하여 NNE가 PLANT를 모델링 하는 것을 알 수 있다.

그림 6은 기학습된 NNE를 통하여 Reference System의 출력과 PLANT 출력의 오차를 역전파 알고리즘에 의하여 NNC를 학습시킨 결과로 (a)학습전, (b)학습중, (c)학습완료후의 NNC 제어신호에 의한 PLANT 출력과 Reference System 출력과의 비교결과들이다. 여기서, 학습이 진행됨에 따라 전체적인 오차가 감소됨을 알 수 있으나 신호의 변화가 급격한 부분에서는 잔류오차가 존재함을 알 수 있다. 이는 Sampling Time에 대하여 신호의 변화가 심하여 신경회로망의 학습이 제대로 이루어지지 않았기 때문이다.

## V. 결론

본 논문에서는 가전제품의 지능제어를 위한 신경회로망응용에 관한 연구결과를 제시하였다. 가전제품의 특성에 따라 플랜트에 대한 페루프 제어계를 구성하여 제어법칙을 수립하고, 80486PC를 사용하여 제어하였다. 가전제품에 요구되는 지능제어를 정의하였으며, 입/출력 관계가 모호한 가전제품의 경우에 있어 신경회로망을 실제 시스템에의 적용이 검토되었다. 본 연구에서 제안된 방법으로 가전제품을 지능제어하여 얻은 결론은 아래와 같다.

첫째, 어렵고 복잡한 수학적 해석이 없이도 입/출력 관계가 불명확한 가전제품이 모델링될 수 있다. 둘째, 신경회로망의 학습능력을 이용한 지능제어에 의해 가전제품에서 입력에 대한 출력의 관계가 용이하게 고려된다.

끝으로 신경회로망 에뮬레이터와 신경회로망 제어기의 사전학습에 소요되는 시간을 단축시킬 수 있는 학습 알고리즘에 대한 연구가 필요하고, 실시간 처리를 위하여 신경회로망의 최적화가 요구되며 적용성을 향상시키기 위해서는 환경변화와 같은 외란에 대한 심도 깊은 고려가 요망된다.

## 참고문헌

- [1] C.S Draper, "Control, navigation, and guidance", IEEE Control Systems Magazine, pp. 4 ~ 7, Dec. 1981
- [2] "Challenge to control : a collective view. Report of the workshop held at the University of Santa Clara on September 18-19", IEEE Transactions of Automatic Control, Vol. AC-32, no.4, pp. 275 ~ 285, April. 1987
- [3] Behnam Bavarian, "Introduction to Neural Networks for Intelligent Control.", IEEE Control Systems Magazine, pp. 3 ~ 7, April, 1988
- [4] T. Yamada, T. Yabuta, "Plant Identification Using Neural Network", Japan-U.S.A Symposium on Flexible Automation, - A Pacific Rim Conference -, ISCIE, Kyoto, Japan, pp. 283 ~ 288, 1990.
- [5] K.S Narendra, L.S. Valavani, "Direct and Indirect Model Reference Adaptive Control", Automatica, Vol. 15, pp. 653 ~ 664.
- [6] 구영모, 이승구, 이영민, 우광방, "자동조정기능의 지능형제어를 위한 신경회로망 응용", 전자공학회 논문지 제 30 권 B 편 제 1 호, pp.79 ~ 89, 1993년 1월
- [7] 이승구, "자동조정시스템을 위한 신경회로망 제어기의 기능에 관한 연구", 연세대학교 대학원 석사학위논문, 1992년