

빠른 신경망을 이용한 실시간 현가시스템 인식

송광현* 설남오** 이창구*** 김성중***

전북대학교 전기공학과 *석사과정, **박사과정, *** 전기·전자·제어 공학부 교수

Suspension System Identification using Fast Neural Networks

Kwang-Hyun Song, Nam-O Seoul, Chang-Goo Lee, Sung-Joong Kim

Dept. of Control & Instrumentation, Chonbuk National Univ.

Abstract

In this paper, we identified the Black-box system with serious nonlinearity and fast dynamics using Neural Network. This NN have new structure and learned by RLS. It identify system in real-time without priori data. We use this NN to 7-DOF vehicle identification.

1. 서 론

시스템 인식은 미지의 시스템에 대한 적절한 입력 출력 관계를 설정하는 과정으로 제어기 설계에 있어서 필연적으로 요구되는 중요한 단계이다.[1]

시스템 인식에 사용하는 신경망은 일반적으로 다층 구조를 지니고 있으며 여러 학습 방법중에 Back-Propagation(BP)이 가장 널리 알려져 있다.[2] 그러나 이 알고리즘은 여러 많은 분야에 적용되었음에도 불구하고 학습 시간이 많이 걸리고 local minima에 빠지기 쉬우며 초기 weight 값이나 learning rate에 민감하게 반응한다.[3] 이러한 단점을 개선하기 위해 Wasserman은 BP알고리즘에 경험적 지식을 결합하는 방법을 제시하였으나 체계적이지 못했다[4]. 이에 Scalero와 Tepedelenlioglu, Lou와 Perez는 신경망을 선형과 비선형 구간으로 나누어 Kalman filtering기법을 도입하여 수렴속도를 빠르게 하고 초기 weight의 영향을 받지 않도록 개선하였다.[5] 그러나 여전히 은닉층의 목표치를 BP방법에 의존하고 있어 learning rate에 민감한 단점을 지니고 있다. 따라서 본 논문에서는 은닉층의 목표치를 최적기법을 이용하여 직접 계산하고 각각의 weight를 RLS방법에 의하여 추정하며 에러를 순환하는 새로운 신경망을 개발하고, 이를 빠른 비선형 모델과 현가 시스템 인식에 이용하여 좋은 결과를 얻었다.

2. 출력·오차 순환신경망

새로운 신경망 구조는 그림 1과 같이 출력과 에러가 시간 지연되어 순환 입력된다. 보통의 다층 순방향 신경망은 Bias나 Threshold값이 +1이나 -1로 일정한 값을 가진다. 그러나 제안한 신경망에서는 한스텝 이전의 출력 오차 ($e^{ms}(k-1) = q^{-1}(o_k - y_k)$)를 인가하고 weight는 양수값으로 한정하였다. 즉 과거의 추정오차가 양수값이면 net입력을 증가시켜 추정값을 크게하는 기능을 수행하여 현재의 추정오차를 줄여준다. 따라서 추정값이 목표값에 빠르게 수렴하는 기능을 갖는다.

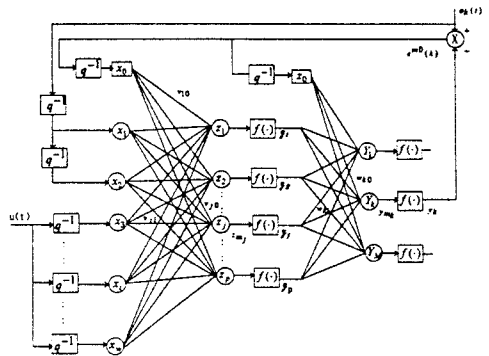


그림 1. 출력·오차 순환 신경회로망

2.1 학습 알고리즘

신경망을 그림 2와 같이 선형구간과 비선형구간으로 나누고 선형구간의 은닉층 목표값을 최적 기법으로 구한다. 알고리즘은 다음과 같다.

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=0}^M (d_k - w_k z)^2 \quad \text{---(1)}$$

$$\frac{\partial E}{\partial z} = 0 \Rightarrow \sum_{k=0}^M d_k w_k = \sum_{k=0}^M w_k w_k^T \quad \text{---(2)}$$

$$z^* = W^T (W W^T)^{-1} d \quad \text{---(3)}$$

각층의 각각의 node에서 이득 벡터 K_k 를 다음과 같이 구하여 weight 벡터를 아래와 같이 추정한다.

$$z_{mj} = \sum_{i=0}^N v_{ji} x_i, \quad z_j = f(z_{mj}) \quad \text{---(4)}$$

$$y_{mk} = \sum_{j=0}^P w_{kj} z_j, \quad y_k = f(y_{mk}) \quad \text{---(5)}$$

$$K_k = P_k \chi / (\lambda + \chi^T P_k \chi) \quad \text{---(6)}$$

$$P_k = (I - K_k \chi^T) P_k / \lambda \quad \text{---(7)}$$

$$w_k = w_k + k_k (d_k - y_{mk}) \quad \text{---(8)}$$

$$v_j = v_j + k_k (d h_j - z_{mj}) \quad \text{---(9)}$$

위의 과정으로 학습을 계속한다.

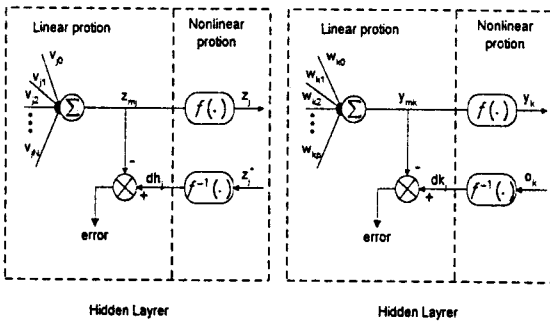


그림 2. 신경망의 구분

2.2. 빠른 비선형 모델 인식

시뮬레이션은 제안한 새로운 신경망 모델과 기존의 모델을 비교하여 실행하였다. 사용된 모델은 다음과 같은 빠른 비선형 모델이다.

$$my[k] = (3 * u[k] * my[k-2] * my[k-1] + 0.5 * \exp(u[k])) / (1 + my[k-2] * my[k-2] + my[k-1] * my[k-1]) - 0.35$$

(Dotted:model, Solid1:neural, Solid2:error)

그림 3은 Scalero등이 제안한 학습 방법을 이용한 결과로써 은닉층의 목표값을 BP기법으로 구하고 bias로 1을 인가하였다. 또한 목표값을 BP기법으로 구하였기 때문에 Learning rate에 민감함을 보였다.

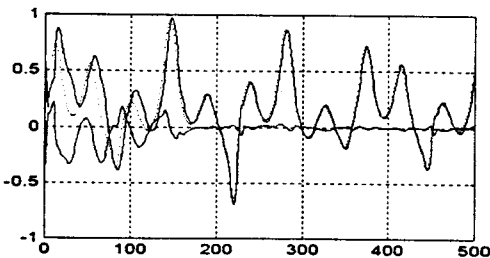


그림 3. Scalero 방법의 결과 (bias=1)

그림 4는 Scalero 방법에 본논문에서 제안한 오차순환을 하여 얻는 결과로써 오차를 순환하지 않은 결과와 비교하였을 때 수렴속도가 개선됨을 알 수 있다.

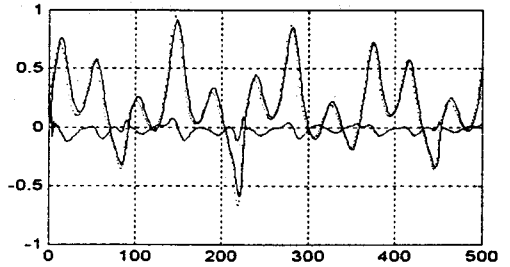


그림 4. bias=emo(k-1)일때의 결과

그림 5는 제안한 방법의 결과로 은닉층의 목표값을 최적기법에 의해 구하고 오차순환 신경망을 써서 학습한 결과이다. 보는 바와 같이 오차만 순환하였을 때보다 수렴속도가 전 방법에 비해 개선됨을 알 수 있다.

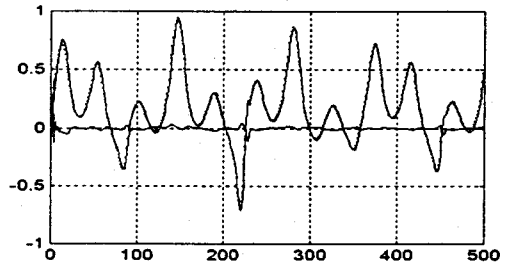


그림 5. 제안한 방법에 의한 결과

3. 7-DOF 차량 현가 모델 인식

차량 모델은 그림7과 같은 7자유도를 가지고 있으며 4개의 서스펜션과 Heave, Pitch, Roll motion을 고려하고 있다.[6]

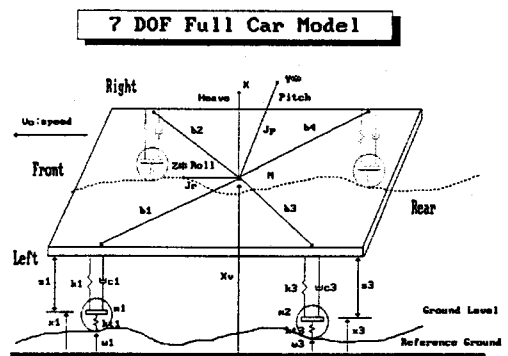


그림6. 7 DOF 차량 모델

신경망의 입력으로는 출력의 1차 2차 지연값(6개)과 제어입력의 1차 지연값(4개), Road

Disturbance의 1차 지연값(4개), 에러의 1차 지연값(3개)로 총 17개와 출력은 Heave, Pitch, Roll motion의 3개이다.

시뮬레이션은 단층구조의 신경망을 이용하였다. 그림 7, 8, 9, 10은 크기 0.1m의 Bump입력에 따른 각각의 출력의 추정결과를 보여준다.

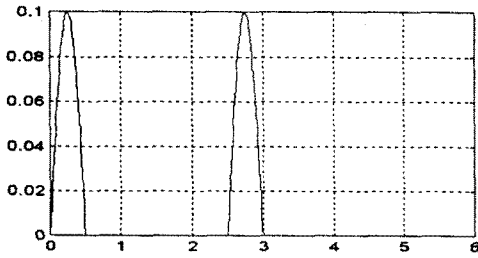


그림 7. Bump 모양

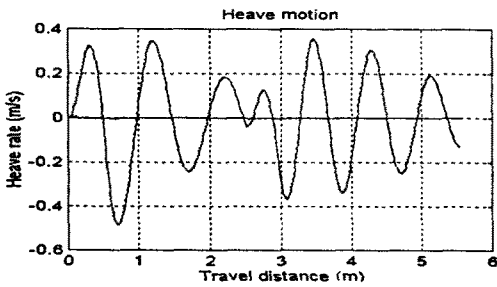


그림 8. Heave motion

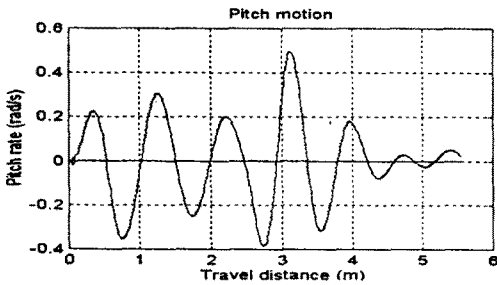


그림 8. Pitch motion

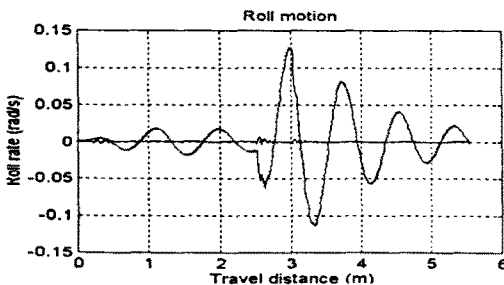


그림 9. Roll motion

7-DOF를 가지는 차량 모델의 인식에도 제안한 신경망이 적합함을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 빠른 시변 비선형 시스템의 인식을 위한 모델로써 출력과 에러가 기간 지연되어 순환되는 새로운 신경망을 제시하고, 기존 Kalman filtering 기법을 이용한 학습 방법의 단점을 개선하기 위하여 은닉층의 목표치를 BP에 의하여 전달하지 않고 최적 기법을 이용하여 직접 계산하고 각각의 weight는 RLS에 의해 온라인으로 추정하였다. 제안한 신경망은 시뮬레이션을 통하여 빠른 비선형성을 지닌 시스템에 적용가능함을 보였고, 7-DOF차량 모델 인식에도 적용하여 좋은 결과를 얻었다.

앞으로의 과제는 인식되어진 신경망을 바탕으로 제어기를 설계하는 것이다. 이렇게 하면 시스템 모델링 과정 없이도 원활한 제어가 실시간으로 가능하게 된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 이창구, "빠른 시변 비선형 시스템을 위한 신경망을 이용한 시스템 인식과 제어", 대한전기학회지, Vol.7, No.6(accepted)
- [2] Rumelhart, D.E. and McClelland, J. L., "Parallel Distributed Processing," Vol. 1, MIT Press, Cambridge, MA, 1986
- [3] Wasserman, P.D., Neural Computing, Theory and Practice, Van Nostrand Reinhold, NY, 1989.
- [4] Wasserman, P.D., Experiments in Translating chinese Characters using Backpropagation, Van Nostrand Reinhold, NY, 1988.
- [5] Scalerio, R. S. and Tepedelenliouglu, N., "A fast new algorithm for training feedforward neural networks," IEEE Trans. Signal Processing, Vol. 40, pp. 202-210, 1992
- [6] 노태수, 정길도, 홍동표, "7DOF 차량 모델을 이용한 자동차 현가장치 동역학 해석 및 시뮬레이션에 관한 연구," 한국자동차공학회 96년 춘계학술대회 논문집, pp.212-216