

순환형 퍼지 신경회로망을 이용한 고속철도 실내소음 능동제어

Cabin Noise Active Control of the High Speed Railway Using the Recurrent Fuzzy Neural Networks

한성익† · 여대연* · 김새한* · 이권순*

Seong Ik Han, Dae Yeon Rye, Sae Han Kim and Kwon Soon Lee

1. 서론

최근 산업의 발달에 따른 소음 등 공해의 발생의 증가와 소득의 증가로 인해 쾌적한 환경에 대한 욕구가 증가하고 있다. 특히 소음공해 문제를 해결하기 위해 전통적으로 흡음, 차음 및 방음 같은 수동적인 방법을 이용하여 소음문제를 대처해왔으나 수동적인 방법은 고주파 소음에 대해서는 효과적이나 저주파 소음에 대해서는 취약한 단점이 있다. 능동소음제어(Active Noise Control: ANC)는 최근에 수동소음제어에 대한 보완으로서 많은 연구가 진행되어 냉난방 덕트[1], 항공기, 자동차 및 방음벽 등에 적용하여 성능이 입증되었다.

철도차량 소음의 경우 수동소음 제어를 적용한 차량설계로 어느 정도 환경 기준치를 만족하는 객실 실내소음 수준을 달성하고 있으나 탑승자의 입장에서는 아직도 쾌적한 승차환경 구현을 위한 실내소음 수준을 만족하지 못하고 있다. 특히 터널구간이 많은 국내철도 현실에서 실내소음의 저감은 중요한 이슈가 되고 있다. 그러나 철도객실 소음의 감소를 하기 위한 수동소음 대책은 차량의 무게증가, 비용증가 등으로 수동소음 대책만으로는 한계가 있다.

국내의 경우 철도차량에 대한 ANC의 경우 차량객실의 크고 차량별, 철도구간별, 속도별로 변화하는 다양한 소음원에 대한 능동제어를 위한 실내음장 해석과 마이크 및 센서 배치에 대한 어려움 때문에 현재까지 적용한 사례는 전무한 실정이다. 또한 능동소음 제어를 위한 제어방법은 실시간 계산 문제 때문에 대부분 FXLMS[2]를 기본으로 적용하였으나 최근에는 고속 DSP의 등장으로 퍼지제어, 신경망을 이용한 제어방법[3]들이 연구되고 있다.

본 연구에서는 철도객실 소음 ANC에 대한 기초 단계로서 KTX 고속철도의 객실의 실측 소음 데이터

를 이용하여 순환형 퍼지신경망(Recurrent Fuzzy Neural Network: RFNN)을 이용한 ANC를 시뮬레이션을 통해 수행하고 알고리즘의 성능을 평가하고 실험을 위한 전 단계로서의 연구를 수행하고자 한다.

2. KTX 고속철도 ANC 모델

본 연구에서 구현하고자 하는 KTX 고속철도의 ANC 시스템에 대한 개략도는 그림 1과 같다.

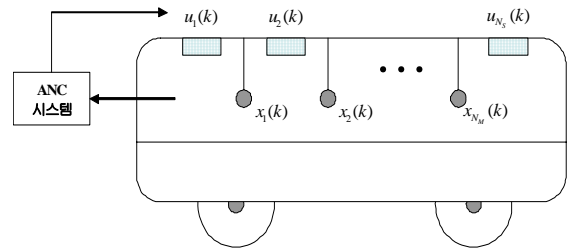


그림 1 KTX 객실 ANC 시스템 개략도
여기서 $x_i(k)$ 은 마이크로폰, $u_i(k)$ 는 스피커를 나타낸다. 그리고 RFNN을 이용한 제어시스템은 그림 2와 같다.

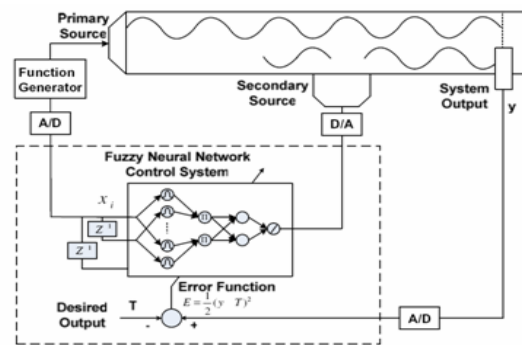


그림 2 RFNN을 이용한 ANC 시스템

3. RFNN 시스템

그림 3에 제안한 RFNN의 구조가 제시되어 있다.

$$\text{입력층 } i: y_i^l = u_i^l + w_i^l y_{iT}^l, \quad i = 1, 2 \quad (1)$$

† 교신저자; 동아대학교 전기공학과
E-mail : snikhan@gmail.com
Tel : (051) 200-6950, Fax : (051) 200-7743
* 동아대학교 전기공학과

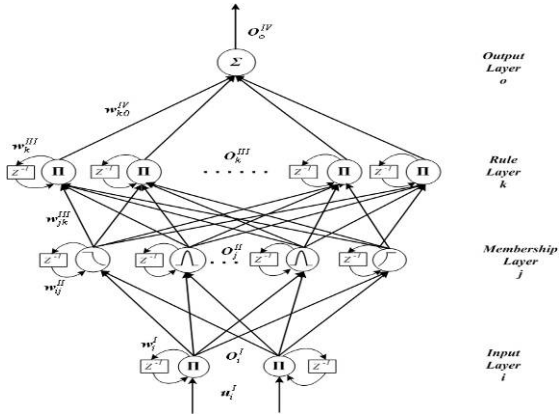


그림 3 RFNN 구조

멤버쉽층 j:
$$net_j^{II} = -\frac{(y_i^I + w_{ij}^{II} y_{jT}^{II} - m_{ij})^2}{(\sigma_{ij})^2},$$

$$y_j^{II} = f_j^{II}(net_j^{II}) = \exp(net_j^{II}), \quad j = 1, \dots, n \quad (2)$$

규칙층 k:
$$net_k^{III} = \Phi_k = \Pi(\Phi_j + w_k^{IV} y_{kT}^{III}),$$

$$y_k^{III} = f_k^{III}(net_k^{III}) = net_k^{III}, \quad k = 1, \dots, p \quad (3)$$

(A3)

출력층 o:
$$net_o^{IV} = \sum_k w_{ko}^{IV} u_{ko}^{IV} = W_{IV}^T \Phi, ,$$

$$y_o^{IV} = f_o^{IV}(net_o^{IV}) = net_o^{IV}, \quad o = 1 \quad (4)$$

4. KTX 실내소음 ANC 시뮬레이션

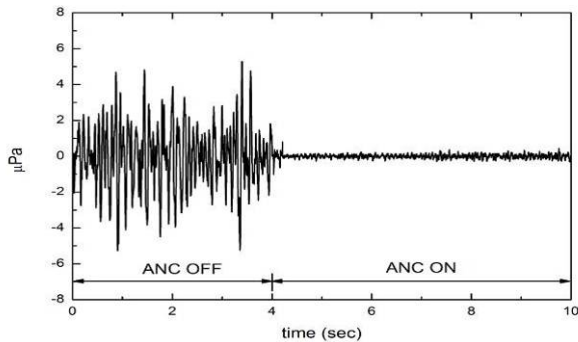


그림 4 개활지구간에서의 ANC 시간역 성능

경부선 일부구간의 KTX 객실에서 측정된 소음을 이용하여 RFNN 을 이용한 ANC 시스템의 성능을 검증하기 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 그림의 결과에서 제안한 RFNN 을 이용한 ANC 시스템은 만족스러운 성능을 보여주고 있다.

5. 결론

RFNN 을 이용하여 고속철도 객실소음 저감을 위한 ANC 시스템에 적용하여 시뮬레이션을 시도한 결과 만족스러운 성능을 얻을 수 있었다.

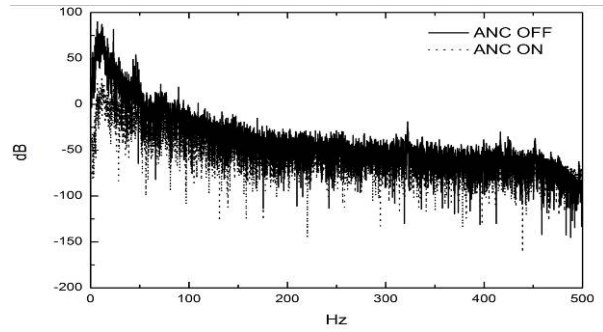


그림 5 개활지구간에서의 ANC 주파수역 성능

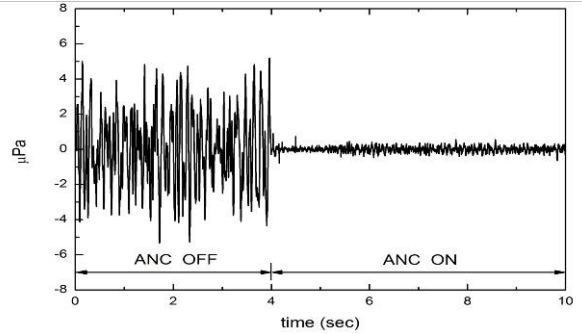


그림 6 터널구간에서의 ANC 시간역 성능

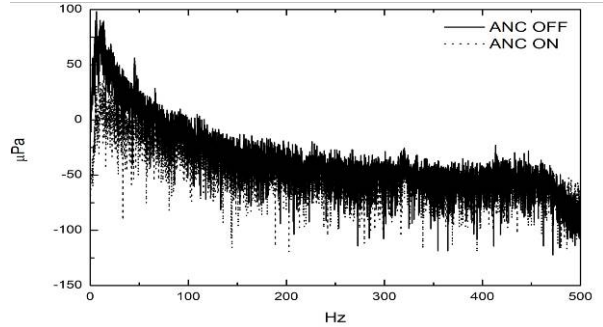


그림 7 터널구간에서의 ANC 시간역 성능

후 기

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업의 연구비 지원(과제번호 09 기술혁신 E05)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

[1] M.A. Swinbanks, "The active control of sound propagation in long duct", J. Sound Vib., 27, pp. 411-436, 1973.
 [2] S.M. Kuo and D.R. Morgan, Active noise control systems, John Wiley & Sons, 1996.
 [3] Q.Z. Zhang, W.S. Gan and Y.L. Zhou, "Adaptive recurrent fuzzy neural networks for active noise control", J. Sound Vib., 296, pp. 935-948, 2006.