

# LMS기반의 신경회로망 알고리즘을 이용한 선박소음 능동소음제어를 위한 연구

장 현석\* · † 이 권순

\*동아대학교 전기공학과, † 동아대학교 전기공학과 교수

**요 약** : 친환경 시대로 나아가는 현재, 능동소음제어는 저주파소음을 줄이기 위한 좋은 방법이다. 또한 수동소음제어만으로 선박소음을 제어하기에는 물리적인 무게가 심각히 가중되어 한계를 가지게 된다. ANC 시스템은 이러한 문제를 해결해 줌과 더불어 다양하게 변화하는 환경소음까지 줄여주는 특성을 가지고 있다. 우리는 본 논문에서 선박의 환경소음을 줄이기 위하여 LMS 알고리즘과 신경회로망 알고리즘을 기반으로하는 ANC 시스템을 제안한다. 먼저 선박과 유사한 유도전동기의 소음을 측정하고 다음으로 ANC 시스템을 위한 LMS 구조를 구축한다. 그리고 소음의 비정칙과 불확실성 때문에 단층 퍼셉트론 모델로 디자인된 신경회로망 알고리즘을 추가하여 실시간으로 소음을 줄이도록 하였다. 이 하이브리드 ANC 시스템은 최급강하기법의 방법으로 파라미터 값들이 온라인으로 실시간 추정되며, 제안된 ANC 시스템은 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 그 성능을 분석하였다.

**핵심용어** : least mean square(LMS), neural network(NN), active noise control(ANC), 능동소음제어, 선박소음

## I. 서론

- 선박 이용객 및 주변 환경의 [안정감, 편안함 등]을 요구
- 환경적인 부분에서 소음과 진동을 저감이 큰 핵심 요소
- 소음을 저감하는 방법 : 수동소음제어 방법, 능동소음제어 방법
- 수동소음제어 방법 : 재료를 이용하여 소음을 저감하는 방법 [현재 적용]
  - 재료의 양이 증가하여 부피가 커지고 무게가 증가하는 문제점 발생
  - 자동차, 비행기, 선박, 기차 등 제작이 제한된 경우에 사용의 문제점
- 능동소음제어 방법 : 음의 간섭현상을 이용하여 소음을 저감하는 방법 [연구 필요]
  - 제어시스템, 제어스피커, 에러마이크를 이용
  - 실시간 소음 제어 가능
  - 지지하는 부피가 적어, 모든 곳에 적용이 가능
- 수동소음제어 방법의 단점을 극복한 능동소음제어 방법의 연구 필요

 Control & Systems Lab. Dong-A Univ.

## IV. 능동소음제어 시스템

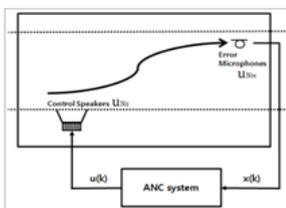
### ◆ 능동소음제어의 기술 응용

- 500 Hz 이하 저주파 영역에서 소음저감에 탁월한 성능을 보임
- 전기적 신호가 소리 신호보다 빠름을 이용하여 소음을 환경 변화에 맞게 실시간 제어
- 발생소음의 주파수 및 진폭 또는 위상특성의 변화에도 강인한 제어성능
- 실내의 음악이나 대화 등에 영향을 주지 않고 제어하고자 하는 소음을 선택적으로 제어할 수 있음
- 활용 할 수 있는 분야의 다양성  
: 방난방 덕트 소음제어, 사무실/스튜디오 소음제어, 비행기, 기차, 자동차, 헬리콥터, 군용전자 실내 소음제어, 발전소/공장 등

 Control & Systems Lab. Dong-A Univ.

## IV. 능동소음제어 시스템

### ◆ 능동소음제어의 기술 원리

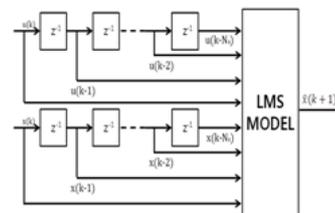


- 능동소음제어는 음파의 간섭의 원리를 응용
- 전기적 신호가 소리 신호보다 빠름을 이용
- 제어용 음원을 사용하여 제어 신호를 발생시킴으로써 소음원에서 발생한 소음 신호를 상쇄시키는 것이 기본적인 원리

 Control & Systems Lab. Dong-A Univ.

## IV. LMS기반의 모델링

### ◆ LMS기반의 소음신호 모델링



- 여러 개의  $u(k)$  와  $x(k)$ 로 구성된 다중 LMS 소음 모델을 설계

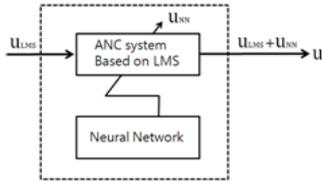
 Control & Systems Lab. Dong-A Univ.

† 교신저자 (종신회원) kslee@dau.ac.kr

\* 종신회원 wkdgustjr200@naver.com

#### IV. 제안된 알고리즘

##### ◆ LMS / NN 기반의 ANC 시스템 구조



- 본 논문에서 제안된 ANC 시스템은 LMS 기반의 뉴럴네트워크 이종제어 하이브리드 구조를 취함

#### IV. 소음의 측정

##### ◆ 유도전동기 소음의 측정

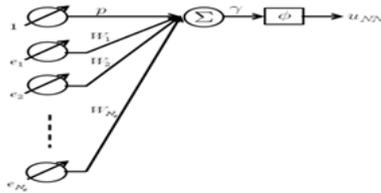
<측정장비 리스트>

| 장비명          | 모델명                     | 수량 | 용도      |
|--------------|-------------------------|----|---------|
| Microphone   | B&K 4189 L 001, Denmark | 4  | 소음측정    |
| FFT Analyzer | B&K Pulse, Denmark      | 1  | 소음분석    |
| Cable        | B&K, Denmark            | 4  | 측정보조    |
| Notebook     | Sony, Japan             | 1  | Data 저장 |

- 측정장비에 의하여 구동중인 유도전동기를 실시간으로 측정함
- 유도전동기를 500rpm, 1000rpm으로 운전하여 소음을 측정함

#### IV. 신경회로망 구성

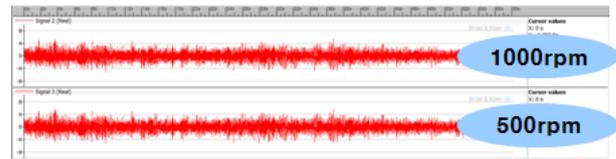
##### ◆ 단층 퍼셉트론 기반 ANC 시스템



- 뉴럴 네트워크의 입력신호를 제어오차  $e_i, i = 1, \dots, N_e$  로 설정함
- 개개의 신경망 입력 바이러스들은 시간에 따라 입력되어지며, 이 신호들이 모인 출력신호는 ANC의 2차 제어입력으로 계산되어 짐
- 뉴럴 네트워크의 파라미터/가중치  $w_i$  와  $p$ 는 비선형 활성화 함수  $\sigma$  로 정의됨

#### IV. 소음분석

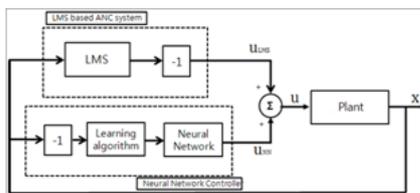
##### ◆ 유도전동기의 소음 분석



- 소음을 분석한 결과 저주파 소음이 주 소음원을 이루나, 3kHz대역의 고주파 소음도 부분적으로 많은 비중을 차지함

#### IV. 시스템의 구성

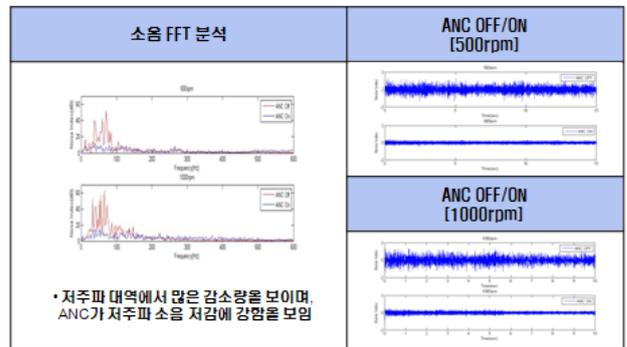
##### ◆ 제안된 ANC의 블록 다이어그램



- LMS와 NN 알고리즘이 조합된 시스템을 위하여 더해짐
- 이후 조합된 신호와 제어가 플랜트에 적용되어 짐

#### IV. 시뮬레이션 결과

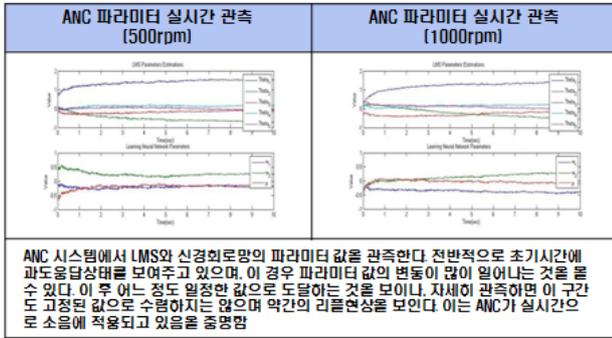
##### ◆ rpm 500, 1000의 ANC 시스템 적용



- 저주파 대역에서 많은 감소량을 보이며, ANC가 저주파 소음 저감에 강점을 보임

## IV. 시뮬레이션 결과

### ANC 시스템의 파라미터 관측



Control & Systems Lab, Dong-A Univ.

## V. 결론

- 우리는 선박소음과 유사하게 느낄 유도전동기의 소음을 줄이기 위하여 least mean square (LMS) algorithm and the neural network algorithm을 기반에 둔 active noise control (ANC) 시스템을 제안
- 시뮬레이션에서 제안된 알고리즘을 적용하여 저주파 대역의 소음 저감을 통하여 ANC의 성능을 확인
- 다음 연구는 유도전동기가 아닌 실제 선박의 주소음원을 측정하여 ANC 시스템을 적용하여 볼 것임
- 우리는 제안된 알고리즘과 ANC 시스템을 테스트베드 및 필드 테스트에 적용하여 ANC 기술의 실적용의 가능성을 높일 것임

Control & Systems Lab, Dong-A Univ.

### [감사의 글]

본 연구는 교육과학기술부 2단계 BK21(Brain Korea 21) 인력양성사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

### [참 고 문 헌]

- (1) Hyun-Cheol Cho, Kwon-Soon Lee, Hyun-Do Nam, "A Neural Multiple LMS Based ANC System for Reducing Acoustic Noise of High-Speed Trains", KIEE, Vol. 58P, no. 4, pp. 385-390, 2009
- (2) Song-Ik Han, Tae-Oh Lee, Dae-Yeon Yeo, Kwon-Soon Lee, "Research on Performance Improvement of the Adaptive Active Noise Control System Using the Recurrent Neural Network", KIICE, Vol. 14, no. 8, pp. 1759~1766, 2010
- (3) Hyun-Do Nam, "일차원 음장에서의 능동소음제어", KSNVE, Vol. 5, no. 4, pp. 461~567, 1995
- (4) Hyun-Cheol Cho, Kwon-Soon Lee, Hyun-Do Nam, "A Neural Multiple LMS Based ANC System for Reducing Acoustic Noise of High-Speed Trains", KIEE, Vol. 58P, no. 4, pp. 385-390, 2009
- (5) Sung-Dae Seo, "Active Noise Control Using Stabilized Adaptive Filters"; Doctoral disseration, University of Dan

Kook , 2007

- (7) S. M., Kuo and D. R., Morgan, Active noise control system Algorithms and DSP implementations, John Wiley & Sons, INC., 1996