

# 신경회로망과 능동대역필터를 이용한 시변 외팔보 능동 진동제어

## Active Vibration Control of A Time-Varying Cantilever Beam Using Band Pass Filters and Artificial Neural Network

함길✚ · 이희남† · 윤두병\* · 한순우\* · 박진호\*

Gil Hamm, Huinam Rhee, Doo Byung Yoon, Soon Woo Han and Jin Ho Park

**Key Words** : Active Vibration Control(능동진동제어), Artificial Neural Network(인공신경회로망), Time-Varying System(시변형계), Active Band Pass Filter(능동대역필터)

### ABSTRACT

An active vibration control technique of a time-varying cantilever beam is proposed in this study. A simple in-house coil sensor instead of expensive commercial sensors was used to measure the vibrational displacement of the beam. Active band pass filters and artificial neural networks detect the frequencies, amplitudes, and phases of the main vibration mode. The time constants of the low pass filter representing the positive position feedback controller are updated in real-time, which generates the control voltage input to actuate the piezoelectric actuator and suppress the vibration. An experiment was successfully performed to verify the algorithm for a cantilever beam, which fundamental natural frequency arbitrarily varies between 9 Hz ~ 18 Hz. The present active vibration suppression technique can be applied to variety of structures which undergoes large variation of dynamic characteristics while operating.

### 1. 서 론

기계시스템의 에이징 등으로 인해 동적인 특성이 변화하게 되면 일반적인 진동 제어 알고리즘으로는 효율성이 저하되며 때로는 제어기가 오히려 진동을 불안정하게 하는 역효과가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 구조물의 동특성이 변화하는 경우에도 진동을 억제 할 수 있는 기법에 대해 다루고 있으며, 특히 인공신경회로망과 능동대역필터를 이용하여 구조물의 고유진동수 변화를 감지하여 양위치되 먹임(PPF) 제어기<sup>(1),(2)</sup>를 실시간으로 업데이트 할 수 있는 알고리즘을 개발하였고 실험을 통해 알고리즘

을 검증하였다.

### 2. 능동 진동 제어 알고리즘 및 실험

Fig. 1은 개발된 진동 제어의 흐름도를 보여준다. 전자기유도를 이용한 변위 측정 코일 센서를 이용하여 측정된 진동 변위 오차출력을 계산하고 마이컴의 입력신호로 사용한다. 이를 정규화된 신호로 변경한 후 3개의 능동대역필터(BPF123)에 전달하면 해당 대역폭에 비례하는 전압을 출력하여 신경회로망에 전달하며 주파수, 진폭, 위상을 구한 후 전압제어앰프로 출력한다. BPF123은 입력된 신호( $w$ )를 3개의  $h_1(w), h_2(w), h_3(w)$ 로 분리하여 신경회로망에 입력패턴으로 제공한다. 그 다음 전압 제어앰프 출력 신호를 이용해서 압전작동기를 구동하여 진동을 억제한다.

✚ 발표자; 순천대학교 대학원 기계공학과  
† 교신저자; 정회원, 국립순천대학교 기계우주항공공학부  
E-mail : hnrhee@sunchon.ac.kr  
Tel : 061-750-3824, Fax :061-750-3820  
\* 한국원자력연구원 융복합기술개발본부

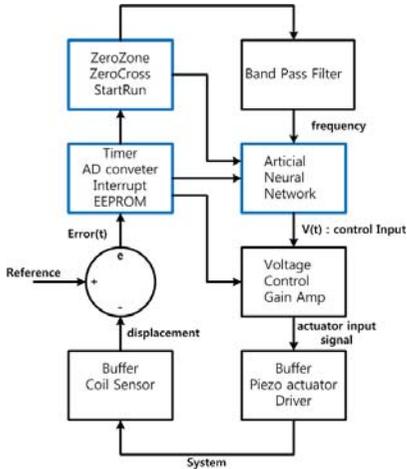


Fig. 1 Block Diagram

본 연구에서 적용한 PPF 제어기는 1 자유도계 운동방정식과 유사하게 식(1)과 같이 표현되며,

$$\ddot{\chi} + 2\zeta_c w_c \dot{\chi} + w_c^2 \chi = w_c x \quad (1)$$

또한 제어기는 다음과 같이 저역필터 전달함수로 표현 할 수 있다.

$$H_{LP}(s) = \frac{w_c^2}{s^2 + 2\zeta_c w_c s + w_c^2} \quad (2)$$

Sallen-Key 방식 저역필터를 사용하여 PPF제어를 수행 하며, 구조물의 시변성으로 인한 주파수, 진폭, 위상의 변화를 측정하여 신경회로망으로 시정수를 업데이트하고 마이컴을 이용하여 PPF제어기를 자동 갱신한다. Fig. 2 의 외팔보에 본 진동제어 알고리즘을 적용하여 검증하였다. Fig. 3 과 4 는 외팔보의 기본 고유진동수가 9.6 Hz 에서 18.7 Hz 로 변화했을 때 진동억제 성능을 보여주고 있으며, 구조물의 동특성 변화를 제어기 스스로 감지하여 실시간으로 진동 억제를 하여준다는 것을 확인할 수 있었다. 한편, 본 제어기는 극성을 바꾸어주면 진동 발생장치인 발진기로 쉽게 변경가능하다는 것을 확인하였다.

### 3. 결론

동특성이 변화하는 구조물의 능동 진동 억제를 위하여 신경회로망과 능동대역필터를 이용한 PPF

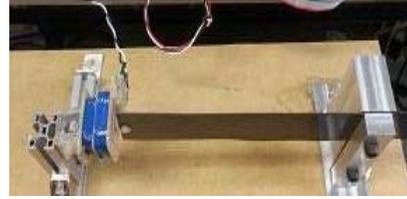


Fig. 2 Cantilever beam

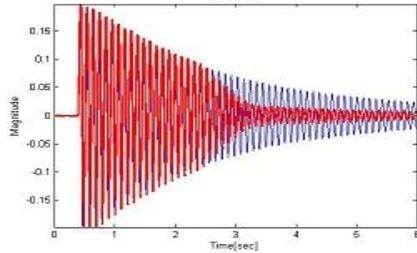


Fig. 3 Experiment for the vibration suppression ( $f_n = 9.6$  Hz)

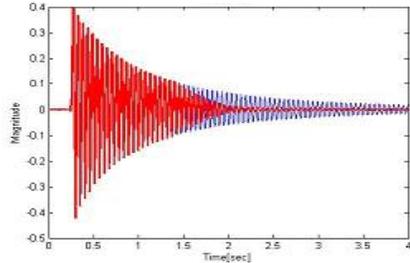


Fig. 4 Experiment for the vibration suppression ( $f_n = 18.7$  Hz)

제어기를 개발하였고 실험을 통해 성능을 확인하였다. 본 제어기는 여러 진동 모드들 중에서 가장 에너지가 큰 모드를 스스로 추적하여 억제하는 기능을 가지고 있어 다양한 분야에 적용가능하다.

### 후기

본 연구는 미래창조과학부의 원자력연구개발사업(2014M2A8A4022918)의 지원으로 진행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고 문헌

- (1) J. Meyer, *et. al.*, "Application of piezoceramics to vibration suppression of a spacecraft flexible appendage", AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference (1996).
- (2) M. Kwak, *et. al.*, "Active vibration control of smart grid structure by multiinput and multiputput positive position feedback controller", JSV (2007).