

# 연소 메커니즘을 이용한 주행 차량의 능동 진동 제어 Active Vibration Control of Driving Vehicle using Combustion Mechanism

오재응† · 양인형\* · 윤지현\* · 정재은\* · 이종원\*

Jae-Eung Oh, In-Hyung Yang, Ji-Hyun Yoon, Jae-Eun Jeong and Jong-Won Lee

## 1. 서 론

최근 자동차의 연비 개선을 위한 파워트레인의 경량화와 더불어 엔진 진동이 부각되었으며 종래에는 수동형 엔진 마운트의 최적화를 통해 엔진 진동 저감에 대한 연구가 진행되었으나, 최근에는 보다 적극적인 방법의 능동형 엔진 마운트를 적용한 엔진 진동 저감 연구가 진행되고 있다.

그러나 능동형 엔진 마운트 시스템은 알고리즘 적용을 위한 독립적인 로드 센서 또는 가속도계나 마이크로폰 등의 추가적인 센서의 장착으로 인해 가격 상승을 야기시켰다.

본 연구에서는 엔진의 진동을 제어하기 위해 추가적인 센서의 장착이 필요없는 연소 메커니즘을 이용한 진동 제어 신호를 제작하고 이를 실 차에 적용하여 그 성능을 검증하였다.

## 2. 연소 메커니즘을 이용한 제어 입력 신호 제작

### 2.1 진동 예측을 위한 연소 신호 선정

일반적으로 엔진 연소에 의해 발생하는 진동은 연소 압력과 밀접한 관계가 있다. 연소시 실린더 내부 압력이 클수록 큰 진동이 발생하는데, 보통 실린더 점화 플러그 부위에 압력계를 설치하여 내부 압력의 변화를 계측한다. 하지만 본 연구에서는 연소 메커니즘을 기반으로 엔진 진동을 예측하였다.

엔진의 연소에 의한 힘  $F$  와 크랭크를 회전시키는 토크  $T$  는 크랭크 각도가 연소 시점인 0~20이 내에서 비례관계에 있음을 알 수 있다. 따라서 엔진의 진동은 크랭크 회전에 대한 변화를 측정하면 예측할 수 있다.

크랭크의 회전은 Crank Pulse(이하 CKP) 신호를 이용하여 검출할 수 있다. CKP 신호는 엔진과 동기화된 연소 신호로서 본 연구의 대상 차량은 Magnetic Induction Type의 센서를 이용하여 측정 이 된다. 따라서 RPM이 증가할수록 유도되는 기전력의 크기도 증가하게 된다. Figure 2.1은 측정된 RPM, CKP, CMP Signal 이며 2200rpm 이상으로 올라갈 경우 유도되는 기전력의 크기가 12V 보다 크다. 이는 해당 DSP에서 받을 수 있는 전압 범위를 초과하는 것으로 CKP를 사용하기 위해 전기적 소자를 이용하여 RPM에 따라 변동하는 CKP의 출력 전압을 일정한 전압의 사각파형으로 만들었으며 Figure 2.2와 같다.

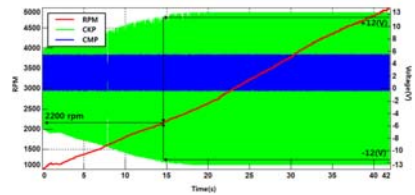


Figure 2.1 Synchronized signals with engine combustion

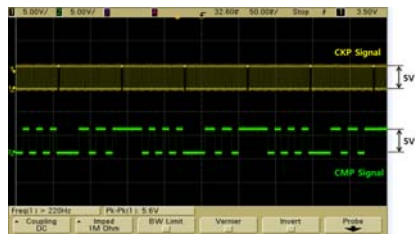


Figure 2.2 Electric device applied CKP signal(5V level)

CKP 신호를 이용하여 크랭크의 회전을 연산할 수 있으나 정확한 연소 시점은 알 수 없다. 이는 4행정(흡입-압축-폭발-배기)이 진행되는 동안 CKP의 2회전이 발생하기 때문이다. 즉, CKP 신호만으로는 현재 행정이 흡입-압축 행정 또는 폭발-배기행정 중 어느 과정인지 알 수 없다. 따라서 정확한 연소 시점을 잡기 위해 엔진 연소 메커니즘과 관련된 추

† 교신저자; 정희원, 한양대학교 기계공학부  
E-mail : jeoh@hanyang.ac.kr  
Tel : 02-2294-8294, Fax : 02-2299-3153  
\* 한양대학교 기계공학과 대학원

가적인 신호가 필요하다.

CMP는 캠축에 장착된 Hall Sensor를 사용하여 측정이 되면 외부에서 5V의 전압이 인가되어 조건에 따라 0과 5V의 값이 출력된다. CMP는 CKP 1회 전시에 Missing Tooth에서 High(5V) 값을 다음 1회 전에는 Low(0V) 값을 발생하므로 CKP 신호와 CMP 신호를 이용하면 정확한 행정을 알 수 있다.

## 2.2 CKP 및 CMP를 이용한 엔진 진동주파수 연산 및 위상 지연 보상

6기통 엔진의 경우 CKP 2회전동안 6개의 실린더의 연소가 일어나며 이로 인해 총 6회의 진동이 발생한다. 발생하는 진동을 사인파라고 가정하였을 때, 총 6주기의 사인파를 CKP 2회전에 대응시킨다. 이는 엔진 RPM의 증감에 따라 CKP 신호의 발생도 변화하기 때문에 이에 대응되어 있는 제어 파형 신호역시 이에 맞추어 변화하게 된다.

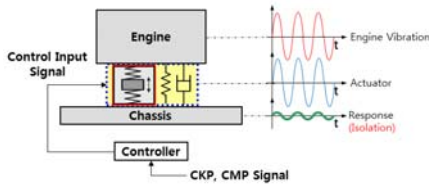


Figure 2.3 Schematic diagram of electromagnetic engine mount control

본 연구에서 적용한 엔진 마운트는 일체형 전자식 능동 엔진 마운트로 동위상 제어를 통해 진동을 절연한다. 따라서 CKP 신호를 기준으로 위상을 변화시켜 최적의 절연 성능을 발휘하는 위상을 찾아 적용한다.

## 3. 능동 제어 성능 검증을 위한 실 차 주행 시험

실 차에 제어 입력 신호를 적용하기 위해 Figure 3.1 과 같이 제어 시스템을 구축하였다.

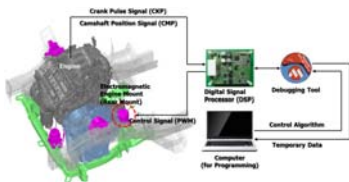


Figure 3.1 Experimental setup of active engine control

CKP, CMP 신호를 실시간으로 연산하여 엔진 진

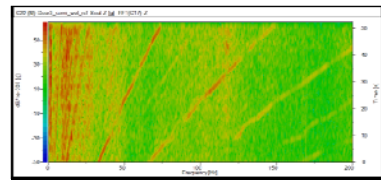
동을 예측하고 이를 이용하여 제어 입력 신호를 제작, 능동형 마운트에 입력하여 주는 시스템을 구성하였다.

측정은 LMS Test Lab을 이용하였으며 능동 제어 성능의 실제 체감을 고려하기 위해 운전자가 느낄 수 있는 시트레일의 진동을 측정하였다.

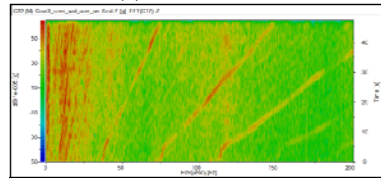
실 차 시험은 기어 3단 Semi-WOT 조건에서 실시하였으며 제어 전·후의 성능을 비교하였다.

## 4. 결 과

제어 전후 실 차 주행 성능은 Figure 4.1과 같다. 메인오더를 제어한 결과 Table 4.1과 같이 제어 전 49.0dB에서 제어 후 45.6dB로 3.4dB 저감효과를 나타냈음을 확인할 수 있다.



(a) Before control



(b) After control

Figure 4.1 Spectral map of before & after control

Table 4.1 Experimental result of active engine control

	Before control	After control	Attenuation
Order	49.0dB	45.6dB	3.4dB

## 5. 결 론

본 연구를 통해 다음의 결론을 얻었다.

(1) 연소 메커니즘을 이용한 엔진 진동 저감용 제어 입력 신호를 제작하였다

(2) 제작한 제어 입력 신호를 실 차에 적용하여 능동 제어 성능을 확인하였다.

## 후 기

본 연구는 부품소재기술개발사업의 일환으로 진행되었습니다.