

차량의 주행 소음원 규명 위한 속도 재구성 방법

The velocity reconstruction for identifying pass-by noise of a vehicle

박춘수* · 김양한† · 김영기**

Choon-Su Park, Yang-Hann Kim, and Young-Key Kim

1. 서론

이동하는 음원을 규명하고 음장을 가시적으로 재구성하는 방법에 대한 연구는 빔형성 방법과 이동 프레임 음향 홀로그래피 등 다양하게 발전되어 왔다. 예를 들어, 빔형성 방법은 고속 전철의 방사 소음 및 차량의 주행시에 발생하는 소음원의 위치를 가시화하기 위해 적용되었으며^[1], 음장을 재구성하는 음향 홀로그래피 방법에 이동 프레임 기술을 적용하여, 움직이는 차량에서 방사하는 소음을 가시화하는 연구도 수행되어 차량의 방사소음의 분포를 살펴볼 수 있다.^[2]

이동 음원을 규명할 때, 중요한 것은 재구성된 음원면의 좌표와 차량 좌표의 동기화인데, 본 논문에서는 기존의 정속주행 장비에 추가 장치없이 가속주행 차량의 음원을 규명하기 위해 속도를 재구성하는 방법에 대해 제안하고 실험으로 검증하고자 한다.

2. 가속 주행에의 적용

빔형성 방법과 이동프레임 음향 홀로그래피 방법은 시간에 따른 음원의 위치만 알 수 있다면 음원면의 정보를 재구성할 수가 있다. ISO 362 주행 조건에서의 소음(pass-by noise)에 대해서 빔형성법^[3]과 MFAH 방법을 사용하여 가시화를 한 연구는 있었다.^[2] 이들 방법들은 가속 주행에 따른 차량의 위치를 직접 바퀴의 회전속도를 측정하여 계산을 하거나^[2], 평균속도를 계산한 뒤에 속도의 변화가 약 3km/h 정도임을 관찰하고, 51.5km/h의 정속으로 가정하여^[3] 음원의 위치를 구하는 방법을 사용하였다.

차량의 속도를 알기 위해 바퀴의 회전속도(RPM) 신호를 측정하는 방법은 차량의 속도 정보를 정확히

알 수 있는 장점이 있으나, 차량의 신호를 측정할 때 부가적인 측정 채널이 필요한 단점이 있으며, 평균속도를 가정하여 차량의 위치를 추정하는 방법은 속도를 추정하는 일관적인 방법이 될 수 없다. 이에 추가 채널의 필요없이 2 개의 광센서를 이용한 기존의 주행 소음 측정 장비를 이용하여 관심 영역 내에서의 가속 주행시 차량의 속도(위치)를 추정하는 방법을 제안하고자 한다.

이러한 선형 보간은 참고문헌[4]에서의 결과를 근거로 한다. 참고문헌[4]에는 ISO 규정에 의해 주행했을 때의 속도변화가 마이크로폰을 지나가는 짧은 순간(약 0.5 초)동안에는 거의 선형적으로 변화한다는 것을 보여주고 있다. 이럴 경우에 어레이 전후로 속도 2 개만 측정을 통해 파악하면 선형 보간을 통하여 속도를 재구성할 수 있을 것이다.

하나의 속도를 얻기 위해서는 2 개의 위치와 시간이 필요하다. 이를 위해, 보통 3 개의 광센서가 사용되는데, 광센서의 특성을 이용하면 광센서 1 개에서 2 개의 속도를 얻을 수 있다. Fig.1은 차량이 직류형(DC type) 광센서를 지나갈 때 발생하는 전압신호를 측정할 것이다. 이 그림에서 차량이 광센서에 진입할 때와 빠져 나갈 때의 시간을 알 수 있고, 이를 통해 속도를 구할 수 있는 것이다.

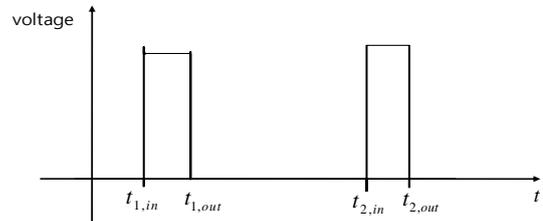


Fig. 1 Photo sensor signal when the vehicle passes from sensor 1 to sensor 2. $t_{1,in}$ is the time when the front bumper passes the sensor 1 and $t_{1,out}$ is the time for the rear bumper at sensor 1. $t_{2,in}$ is the time for the front bumper at sensor 2 and $t_{2,out}$ is the time for the rear bumper at the sensor 2.

3. 실험장치 및 조건

3.1 측정 마이크로폰 어레이

빔형성법에서의 어레이 형상이 쓰이고 있으나, 성

† 교신저자; 한국과학기술원 기계공학과 소음 및 진동제어 연구센터

E-mail : yanghannkim@kaist.ac.kr

Tel : (042) 350-3025, Fax : (042) 350-8220

* 한국과학기술원 기계공학과 소음및진동제어 연구센터

** ㈜ 에스엠 인스트루먼트

능과 제작의 편의성으로 나선형태(spiral type)의 어레이가 제안되어 쓰인다. 관심 주파수 영역이 800 ~ 2000Hz 이고, 빔형성결과의 3dB 밴드폭(1kHz 에서 약 0.5m)을 고려하여 에스엠 인스트루먼트의 30 채널 나선형 어레이를 사용하였다. [Fig.2(a)참조]

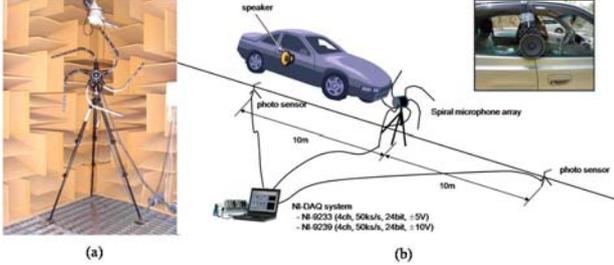


Fig. 2 (a) 30Ch. Spiral array. (SM Instruments Co., aperture size: 0.8m), (b) Measurement set-up [2 photo sensors, data acquisition system(50ks/sec, 24bit), and a speaker unit].

3.2 실험장치 구성

실험장치는 Fig.2(b)와 같이 차량의 측면에 위치를 알고 있는 소리를 발생시키는 스피커를 설치하였으며, 마이크로폰 어레이 전/후의 속도를 재구성하기 위하여 어레이 전후로 각 10m 간격으로 광센서를 설치하였다. 이 광센서를 측정 신호와 동기화하여 측정 시간과 차량의 위치를 파악할 수 있다.

음압 신호 취득을 위해 NI-9233(4ch, 50ks/sec, 24bit, $\pm 5V$) 7 개와 광센서 신호 취득을 위한 NI-9239(4ch, 50ks/sec, 24bit, $\pm 10V$) 1 개를 사용하였으며, 마이크로폰은 BSWA 어레이 마이크로폰 (50mV/Pa, 100~10kHz, $\pm 0.5dB$ error within 10kHz)을 사용하였다.

4. 실험 결과

실험은 ISO 362 에 따른 주행조건으로 Fig.2(b)의 사진과 같이 스피커 유닛을 장착한 뒤, 1kHz 의 순음을 발생시키고 수행하였다. Fig.3(a)는 참고문헌 [3]에서 제안한 것과 같이 속도를 51.5km/h 의 평균속도 가정하고, 빔형성 결과를 나타낸 것이다.

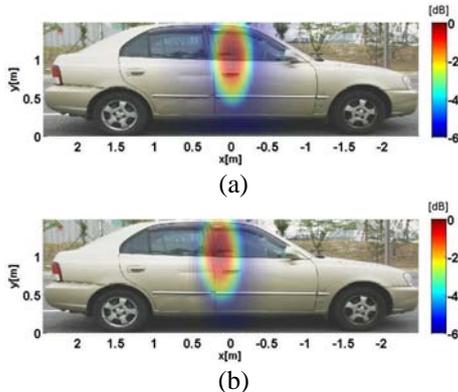


Fig. 3 Experimental results for 1kHz pure tone generated by a speaker. (a) using average velocity 51.5km/h, (b) using reconstructed velocity by proposed method.

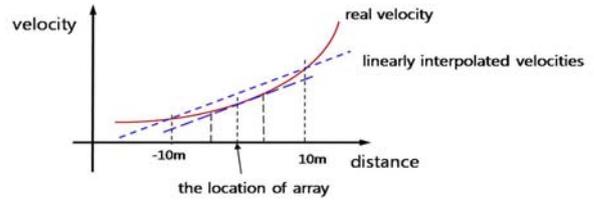


Fig. 4 Velocity reconstruction with respect to the distance from the array.

Fig.2(b)에 보이는 것처럼 차량의 창문 사이에 있는 스피커의 위치와 빔형성 결과가 약 25cm 정도의 차이가 있음을 관찰할 수 있다. 이에 비해 Fig.3(b)는 실제 스피커의 위치와 약 6cm 정도의 차이를 보이는 것을 볼 수 있는데, 이 결과는 2 절에서 제안한 방법, 즉, 2 개의 광센서로 속도를 재구성하여 구한 빔형성 결과이다. Fig.3(a)에 비해 작지만, 여전히 차이는 존재함을 알 수 있다.

5. 결론

제안한 방법으로 구한 빔형성 결과를 살펴보면, 약 6m 정도의 결과 오차가 여전히 있음을 볼 수 있다. 이것은 광센서를 어레이로부터 10m 떨어진 곳에 위치시켜 나타난 것으로 Fig.4 에 보이는 것과 같이 어레이에 좀 더 가까운 곳에 위치시키면 좀 더 실제 속도에 근접하는 값을 얻어 오차를 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 이동 음향 홀로그래피도 이 방법이 적용될 수 있을 것이다.

후 기

본 논문은 교육인적자원부의 BK21 사업에 의한 연구 지원과 국방기초연구과제(ADD-07 -07-01)의 지원으로 진행되었음을 밝힙니다.

참 고 문 헌

- (1) B. Barskow, W.F. King, and E. Pfizenmaier, 1987, " Wheel/rail noise generated by a high-speed train investigated with a line array of microphones," J. Sound Vib. 118, pp.99-122.
- (2) S.-H. Park and Y.-H. Kim, 2001, " Visualization of pass-by noise by means of moving frame acoustic holography" , J. Acoust. Soc. Am. 110(5), pp.2326~2339.
- (3) W. D. fonseca, Samir N. Y. Gerges, Robert P. Dougherty, 2008, " Pass-by noise measurements using beamforming technique" , Inter noise 2008, in08-0935.
- (4) S.-H. Park, 2001, Visualization of noise generated by moving band-limited noise sources by means of an improved moving frame acoustic holography, Ph.D. dissertation, KAIST, ch.5.