



자동차 잡소리 계측 및 추적장비 개발사례

김 영 기*

(에스엠인스트루먼트)

1. 머리말

소음진동 기술이 발달되어 차량의 실내소음이 감소하자 역설적으로 잡소리 계측 및 추적의 중요성이 커지고 있다. 국내 A자동차 회사에 따르면, '소비자 불만 중에 잡소리가 차지하는 비율이 최근 들어 급격히 증가하고 있다.' 고 한다. 마케팅 인사이트가 조사한 '2011~2012 자동차 최악품질 10개 항목⁽¹⁾' 에서도 잡소리의 중요성을 확인할 수 있다(표 1). 자동차 최악품질 10개 항목 중 잡소리(1, 3, 및 4항목) 관련 항목이 3개로 가장 많다. 그 잡소리 관련 3개 항목이 차지하는 비율은 37.4%에 달한다. 국제적인 품질평가기관으로 알려진 J.D. 파워사에서 조사하는 3년간 사용된 자동차의 품질평가인 VDS(vehicle dependability study)의 최악품질 10개 항목에도 잡소리 문제가 중요하게 다루어 지고 있다.

계측은 자동차 잡소리 문제 해결에 있어 특별히 강조되는 기술이다. 소음진동 분야에서 계측의 중요성은 널리 알려져 있지만, 잡소리 분야에서의 중요성은 더욱 크다. 대부분의 잡소리는 부품의 단순한 접촉, 늘어짐 등 비교적 명확한 원인에 의해 일어난다. 따라서, 문제 해결을 위한 대부분의 노력은 발생원인을 확인 하는데 집중된다. 차량 실내에서 발생하는 래틀(rattle, 달그락소리) 소음의 예에서 이러한 사실을 확인할 수 있

다. 래틀 소음은 차량의 쉐루프, 계기판(dash board) 등의 내장재에서 주로 발생한다. 소리의 발생 여부는 쉽게 인지되지만, 이를 평가하거나 발생위치를 추적하는 것은 경험과 시간을 필요로 한다. 반면 발생 위치를 일단 파악하게 되면 핀을 고정하거나 부품 수정을 통하여 문제를 쉽게 해결할 수 있다. 따라서, 잡소리를 측정하고 위치를 추적하는 기기가 잘 발달 되면 잡소리 문제를 훨씬 빠르게 해결할 수 있다.

잡소리 계측 및 추적의 중요성 증가로 소음진동 계측기 전문 개발업체인 필자의 소속사에서 다양한 계측 및 추적장비를 개발하여왔다. 국내 자동차관련 회사의 실제수요를 바탕으로 초기 시작품을 제작하고 이를 상용화하여 왔다. 2009년 국내 자동차 관련 회사들의 요청으로 가속도계를 이용한 잡소리 추적기법의 개발을 시작하였고, 잡소리 가시화 제품(음향카메라 SecSV-S205)의 상용화 개발로 본격적으로 잡소리 계측 분야에 참여하게 되었다. 필자의 소속사에서 개발된 잡소리 계측 및 추적제품은 추적장비, 평가장비 및 양산장비로 구분할 수 있다(표 2). 실제 산업 현장에서 잡소리 추적과 평가는 동시에 진행되며 양산 검사는 실제 양산되는 과정에서 차후 적용된다. 잡소리 분야에서 측정 규격이 많이 확보되어 있지 않은 만큼 관련 제품은 주로 고객의 산업현장에서의 요청 및 경험과 필자

* E-mail : youngkey@smins.co.kr

의 소속사 자체 연구에 근거하여 제작되었다.
이 글에서는 지난 수년간 필자의 소속사에서

개발된 제품(표 2)의 기능, 특징 및 개발 배경을
간략히 소개하고자 한다.

표 1 2011년부터 2012년사이 자동차 최악 품질 10개 항목(TGW-d Worst Items 2011 ~ 2012, 한국자동차품질백서 2008~2012 마케팅인사이드⁽¹⁾)

		2012	2011
		MY'09(3YIS)	MY'08(3YIS)
1	주행시 바람소리 심함 (Excessive wind noise)	21.48	20.70(2)
2	히터·에어컨 작동시 냄새가 남 (Air from vents smells moldy/stale)	20.32	23.29(1)
3	차체 밑부분에서의 소음/잡소리 (Noise/Unusual noise from the lower part of body)	10.60	10.75(3)
4	소음/잡소리에 대한 기타 고장/문제점 (Other Noise/Unusual sound problems)	9.20	8.74(6)
5	엔진 힘이 너무 딸림[출력부족] (Engine lacks power)	8.94	8.16(8)
6	타이어 편마모가 심함 (Unequal tire wear out)	8.57	9.55(5)
7	바닥 매트 밀림/고정 안됨 (Floor mat shoved/not fixed well)	8.33	8.08(9)
8	제동시 쇠 마찰음 소리 남 (Grinding noise(squeak) when braking)	8.26	10.51(4)
9	라디오 수신 불량/주파수 잘 안 잡힘 (Radio has poor or no reception-AM/FM)	7.35	8.29(7)
10	변속이 거침/충격 있음 (T/M Shifts roughly)	7.19	6.87(11)

표 2 에스엠인스트루먼트에서 2009년 이후 개발한 주요 잡소리 계측 및 추적 장비

대구분	중구분	측정장비 (모델명)	장비주요특징
추적 장비	가시화	휴대형 음향카메라 (SeeSV-S205)	휴대 가능한 실시간 마이크로폰 어레이로 실내 외 곳곳의 잡소리 가시화
		파노라믹형 음향카메라 (SeeSV-S305)	구형(Sphere)형태의 마이크로폰 어레이로 잡소리 일괄/누적 가시화
	정밀추적	가속도계이용 추적장비 (Noise Observer)	가속도계를 이용해서 차량 새시에서 발생되어 전달되는 잡소리의 정밀 추적
평가 장비	음질평가	N10 라우드니스 평가 (BeeSQ)	라우드니스 측정 및 통계적 처리에 따른 잡소리 음질 평가
		스피커 잡소리 평가 (BSR Scanner)	차량 스피커에 의해 발생하는 잡소리의 정량적 평가
		정치소음평가장비 (N/A)	각종 작동압력에 의한 잡소리 평가
	작동음평가	차량 작동음 평가장비 (BeeMS)	차량 실내 외에 장착된 모터에 의해 작동되는 각종 부품의 잡소리 및 음질 평가
검사 장비	양산검사 장비	베어링 잡소리 검사 (N/A)	양산라인에서의 자동차 부품 베어링 잡소리의 전수검사
		충격음 검사 (N/A)	양산라인에서 자동차 부품의 충격음 전수검사



Portable Real-Time Sound Camera SeeSV-205
Real-Time Squeak and Rattle Detection
Video Reporting of Squeak and Rattle Noise



See the exemplary videos and applications of SeeSV-S205 at <http://www.youtube.com/sminstruments>.

그림 1 음향가시화를 이용한 잡소리 추적 장비 음향카메라 SeeSV-S205(차량 내부의 잡소리 발생 위치를 화면에서 실시간으로 확인 할 수 있음)

2. 잡소리 추적장비

잡소리 추적 장비는 잡소리의 발생 위치를 빠른 시간 내에 파악하기 위해 개발되었다. 음향카메라와 가속도계를 이용한 정밀 추적장비(noise observer)가 대표적인 장비이다.

음향카메라는 잡소리가 발생하는 위치를 실시간으로 화면에 표시하여 주는 장비이다. 사용자가 신속하게 잡소리를 파악할 수 있도록 도와준다. 음향카메라는 30개의 마이크로폰으로 소리의 방향을 탐지한다. 전면에 장착된 한 개의 화상카메라(optical camera)는 실제 사물의 영상을 촬영하는데 사용된다. 측정된 영상은 소음원의 위치와 함께 겹쳐져 사용자의 화면에 표시된다. 음향카메라는 기존에 유럽 등에서 제품으로 출시된 바 있으나 필자의 소속사에서는 잡소리 측정을 위해 많은 성능을 개선하였다. 휴대가 가능하도록 장비를 간소하게 만든 것이 큰 특징이다. 또한, 카메라의 반응을 빠르게 개선하여 순간적으로 발생하는 잡소리를 측정할 수 있도록 하였다.

미소전자기계시스템(MEMS, micro-electric mechanical system)을 이용한 마이크로폰 기술과 FPGA(field programmable gate array)기술이 제품 개발에 사용되었다(그림 1).

차량 하부(밀바닥)와 같이 음향카메라로 접근하기 힘든 위치의 잡소리를 추적하기 위해 가속도계를 이용한 추적 장비도 개발 되었다. 잡소리의 원인이 패널과 같은 의장 부품 뒤에 가려져 있거나, 차량 하부의 구조물에 존재할 경우 음향카메라로 측정하기 어렵다. 가속도계를 이용한 방법은 잡소리 발생이 예상되는 지점에 가속도계를 붙여 잡소리의 원인을 추정한다. 잡소리 원인이 가속도계에 가까울 수록 신호가 먼저 도착한다는 간단한 원리를 이용한 장비이다. 그림 2는 가속도계를 이용한 측정 장비의 설치 및 측정 신호의 예를 보여준다. 실제 상황에서는 신호가 측정 위치에 따라 변형되고 잡음이 섞이게 되므로 통계적인 신호처리 방법을 사용한다²⁾.

품질검사 단계에서 사용하는 특수 목적의 음향카메라도 개발되었다. 최근 자동차 제조사에서는

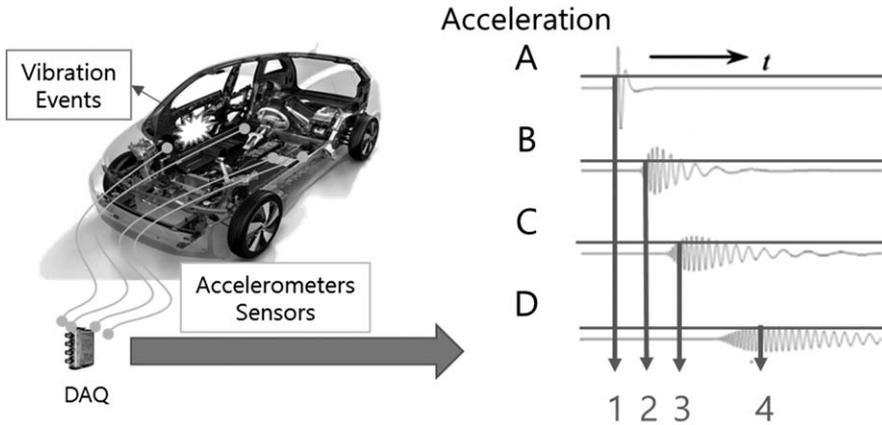


그림 2 가속도계를 이용한 잡소리 추적 방법의 원리(가속도계에 도착한 신호의 순서를 추정하는 방법을 이용해서 잡소리의 발생위치를 추적함)

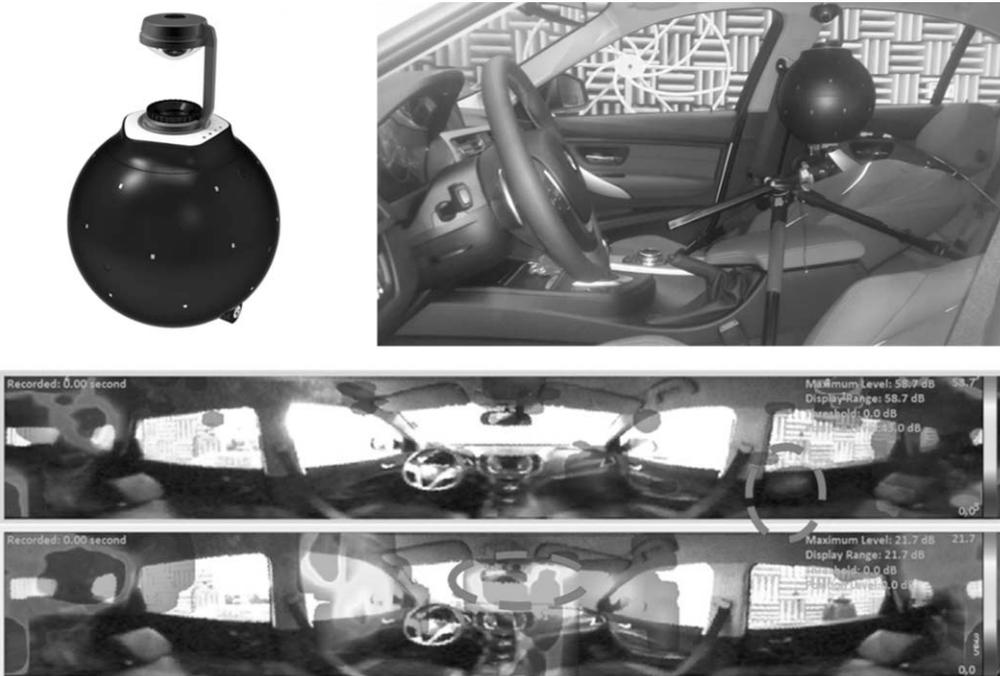


그림 3 파노라믹 음향카메라(panoramic sound camera)를 사용한 자동차 실내 잡소리 품질검사(구(球, sphere) 표면에 30개의 마이크론을 장착하여 전방향의 잡소리원을 파악함)

험로 및 극한 환경을 실내에서 재현하며 잡소리 검사를 시도하고 있다. 차량에 단계별로 진동 및 온도를 가하고, 일정시간 시험하며 잡소리를 검사한다. 파노라믹 음향카메라(panoramic sound camera)는 이런 품질검사 단계를 위해 개발되고 있다³⁾. 구(球, sphere) 주변에 30개의 마이크론을 설치하여 차량 실내의 전면, 천정, 뒷면 및 옆면을 동시에 모

니터링 한다(그림 3). 파노라믹 음향카메라는 휴대형 음향카메라와 마찬가지로 빠른 반응 속도를 갖추고 있다. 뿐만 아니라 잡소리가 발생하면 자동으로 인식하는 기능과 일정기간 측정된 데이터를 누적하는 기능을 갖추고 있다. 그림 3은 관련 알고리즘을 구현하여 실차에서 시험한 예를 보여준다. 2016년 본격 상용화를 목표로 개발되고 있다.

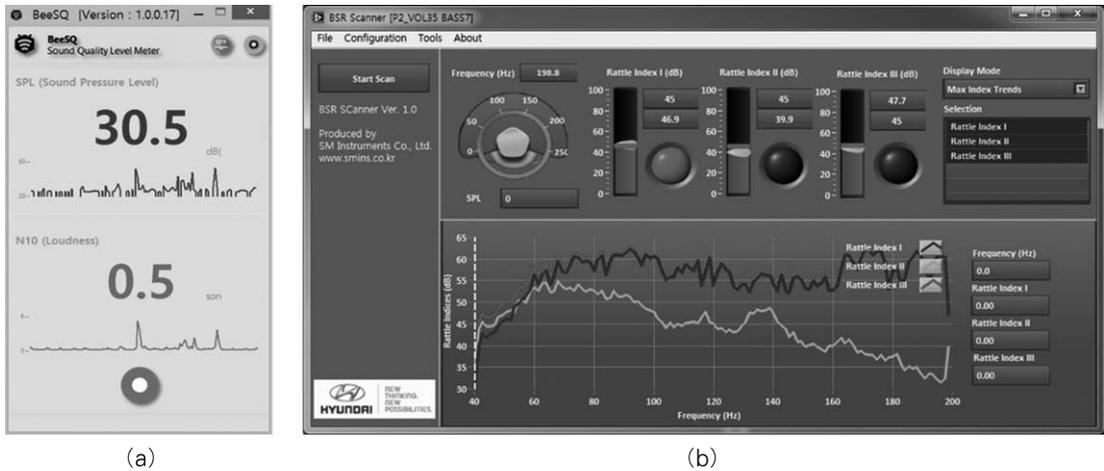


그림 4 (a) N10 라우드니스를 이용한 잡소리 크기 측정 소프트웨어(GMW-14011반영) (b) 스피커의 잡소리 측정 소프트웨어

3. 잡소리 평가장비

음질(sound quality)를 이용해 잡소리의 크기를 평가하는 장비가 개발되었다. 이 장비는 가진기로 자동차 부품을 가진하며 잡소리가 발생하는지를 시험하기 위해 사용한다. 잡소리 발생여부를 정량적으로 정확히 감지하기는 쉽지 않다. 현재는 음질을 이용해서 제정한 “B”사의 측정법이 업계에서 받아들여지고 있다⁽⁴⁾. 이 측정법은 비교적 단순한 통계 기법을 사용하는데, ISO 및 KS에 규정된 라우드니스(loudness)를 근간으로 한다. 라우드니스를 일정시간 측정한 후, 측정결과값의 N10(90 퍼센트값)을 계산하여 잡소리 지표로 사용한다. 간헐적인 소음이 많이 발생하는 잡소리의 특징을 반영하기 위하여 평균값이 아닌 N10값을 사용한 것으로 이해할 수 있다. 이 측정 방법은 개인용 컴퓨터의 사운드 카드를 사용하여 구현할 수 있다. 개발된 잡소리 음질크기 측정 소프트웨어인 BeeSQ(표 1)는 사운드 카드 및 USB 형태의 간단한 계측장비를 사용한다. 개선된 소프트웨어는 2015년 하반기에 홈페이지를 통해 무료로 배포될 예정이다(그림 4).

자동차의 잡소리는 험로를 운행할 때뿐만 아니라 스피커의 울림에 의해서도 발생한다. 스피커에서 발생하는 저주파수 음은 스피커가 장착된

차량 문이나 계기판 등을 가진하여 잡소리를 발생시킬 수 있다. 자동차 제조사에서는 저주파수(20 ~ 150 Hz)의 신호를 스피커를 통해 인위적으로 재생하며 잡소리의 발생여부를 파악한다. 자동차 제조사인 “A”사와 같이 개발된 BSR스캐너(BSR scanner)는 신호 발생 시 잡소리 발생여부를 자동으로 판정한다. 잡소리가 발생하면 고조파 하모닉스(higer harmonics)가 커진다는 원리를 이용하여 개발하였다⁽⁵⁾. 실제 운전자가 느끼는 감성을 반영하기 위하여 마스크효과(masking effect, 5)를 고려한 계측인자를 사용하였다(그림 4).

차량의 잡소리는 차량 창문, 쉐루프, 사이드미러와 같이 모터로 움직이는 장비의 작동 중에도 발생한다. 정지해 있던 모터가 움직이면서 충격음(impulsive noise)을 발생시키는 것이 대표적인 예이다. 일정 속도로 움직이는 구간에서는 회전 속도의 변화로 다양한 소음을 발생시킬 수 있다. 모터가 정지할 때도 마찬가지로 각종 부품에서 충격음을 발생시킬 수 있다. “B”사에서는 이러한 잡소리를 측정하기 위하여 자체 규격을 공개하고 있다⁽⁶⁾. BeeMS(표 1)는 “B”사의 규격과 국내 “A”사의 경험을 바탕으로 제작되었다. 간단한 휴대용 USB장비를 이용해 구현되어 사용이 편리한 장점을 가지고 있다. 향후 양산 라인의 검사 장비로도 활용이 가능하다.

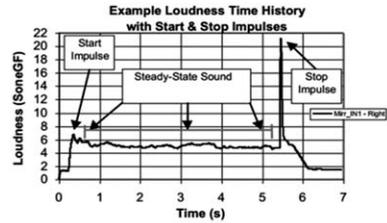


그림 5 잡소리가 발생할 수 있는 작동음의 종류 및 측정 방법(오른쪽 위의 그래프는 작동음의 대표적인 라우드니스 그래프로 GMW14155에 포함된 그래프임)

4. 잡소리 검사장비

잡소리 문제가 부품의 생산 품질 산포(散布)에 따라 발생한다고 판단되면 양산과정에서 잡소리 검사를 실시할 수 있다. 대표적인 적용 사례로 모터의 베어링 잡소리 검사가 있다. 베어링 검사는 전통적으로 시행되어 오던 기기의 고장 검사로 볼 수 있다. 하지만, 최근 자동차 부품에 사용되는 모터는 짧은 시간 급격한 회전을 하는 부품이 많아 전통적인 고장진단 신호처리 방법으로 잡소리 검출이 어렵다. 앞 장에 소개한 잡소리 측정 방법을 이용하여 양산 라인에서 불량품을 검출하는 시도가 성공적으로 이루어진 바 있다. 부품에서 발생하는 충격음은 대부분 차량 실내로 유입되기 때문에 마찬가지로 양산라인에서 전수 검사할 수 있다.

5. 맺음말

잡소리 측정 및 추적에 대한 요구가 높아가고 기술이 빠르게 발전하고 있다. 이 글에서는 필자의 소속사에서 개발한 제품 및 사례를 중심으로 최근의 잡소리 측정 및 추적 기술에 대해 살펴보고, 개발된 잡소리 검사 제품을 적용 분야에 따라 크게 추적 장비, 평가 장비 및 검사 장비로 구분해 보았다. 각각의 분야에 대한 독자의 이해를

돕고 잡소리 측정 분야에 새로운 기술 및 적용 사례를 개발하는데 도움이 되었으면 한다. **KSNVE**

참고문헌

- (1) 김진국, 이건호, 김영호, 한국자동차 품질백서 2008~2012, 마케팅인사이드, pp. 67~68.
- (2) 플필립, 강준구, 최성욱, 이종호, 2015, 진동 측정을 통한 분산 매질에서의 임펄스 추적 기법, 2015 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집.
- (3) 강준구, 이명환, 2015, BSR 블랙박스 - 파노라믹 BSR 음향카메라, 2015 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집.
- (4) GM Worldwide Engineering Standard, Test procedure Noise&Vibration, "Objective subsystem/component squeak and rattle test," GMW14011, General Motors.
- (5) 이태웅, 김영기, 임경실, 2015, 차폐 효과를 활용한 차량 내부 래틀노이즈 정량화, 2015 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집.
- (6) GM Worldwide Engineering Standard, Test Procedure, Subsystem or Component Sound Master Laboratory Recording and Evaluation Procedure, Customer Actuated Sound, GMW14155, General Motors.