

자동차 계기판 BSR 소음특성 평가

Evaluation of BSR Noise Properties of Instrument Panel in a Vehicle

신 수 현* · 정 철 웅† · 김 덕 환* · 정 성 수**

Su-Hyun Shin, Cheolung Cheong, Duck-Whan Kim and Sung-Soo Jung

(2010년 4월 6일 접수 ; 2010년 6월 28일 심사완료)

Key Words : Buzz(버즈), Squeak(스퀴크), Rattle(래틀), Sound Quality(음질), Vehicle(자동차)

ABSTRACT

Among various elements to affect customer's evaluation of vehicle quality, BSR(Buzz, Squeak, Rattle) are considered to be a mostly contributing factor. In this paper, we provide the test method which can be used to reduce the BSR noise of instrument panel in a vehicle. First, potential source regions of the instrument panel for BSR are localized by using the vibration-excitor and near-acoustic field visualization system. Then, subjective evaluation of BSR noise from the detected potential noise source regions is made with the Zwicker's loudness and time-varying loudness methods. This illustrative analysis reveals that current experimental methods can be used as a test procedure to systematically tackle BSR issues in early stage of the vehicle development cycle, which can result in the reduction of the production cost.

1. 서 론

자동차 실내소음은 제품의 품질과 신뢰성을 결정하는 중요한 요소 중에 하나이며, 이를 위한 소음진동저감기술은 소비자의 만족도를 높이기 위해 꾸준히 연구 개발되고 있다. 최근 자동차의 주요 소음원이었던 파워트레인, 구동계 등으로 인한 소음레벨의 감소와 더불어 차량 실내 모듈에서 발생하는 BSR (buzz, squeak, rattle)과 같은 부품간의 간섭이나 마찰 등에 의한 소음이 상대적으로 부각되고 있다. 특히 가벼운 차체와 재료의 사용, 전자 및 통신장치 사용 등의 증가는 이러한 소음발생 인자들을 증가

시키고 있다⁽¹⁾. 이로 인해 BSR 소음은 소비자들이 직접적으로 불만사항을 제시하는 요소이며, 차량개발과정에서 설계, 시험, 생산, 판매 후 품질 만족도까지 영향을 주는 요소가 되었다.

BSR 문제의 중요성에 따라 국내외 자동차 제작사들은 자체적으로 다양한 접근 방법을 사용하고 있으나 공통적으로 초기 차량 설계 단계가 아닌 양산 전 단계에서 관련 전문가의 주관적 평가에 의존한 이른바 'Find and Fix' 방법을 사용하고 있다. 그러나 이와같은 방법은 BSR 소음원의 다양성, 발생 메커니즘의 복잡성, 평가의 주관성에 기인하는 특성⁽²⁾으로 인해 정량적인 BSR 평가의 어려움을 가지고 있다.

이 논문에서는 차량 인테리어 모듈 중 가장 많은 소음진동 문제를 일으킨다고 보고되고 있는 계기판 (Instrument panel, 이하 IP)에 대한 BSR 소음을 측정 평가하고자 한다. 이 연구의 주된 목적은 자동차 인테리어 모듈의 BSR 소음 평가에 있어서 사람의 주관성을 최대한 배제한 객관화된 평가방법을 제시하고자 하는 것이며 이를 통하여 BSR 문제를 최종

† 교신저자; 정철웅, 부산대학교 기계공학부
E-mail : ccheong@pusan.ac.kr
Tel : (051)510-2311, Fax : (051)510-7640
* 정희원, 부산대학교 대학원 기계공학부
** 정희원, 한국표준과학연구원 기반표준부

이 논문 일부는 2010년 춘계 소음진동 학술대회에서 발표되었음.

생산제품이 아닌 초기 모듈별 설계단계에서 접근할 수 있게 함으로써 궁극적으로 자동차 개발 비용을 감소시킬 수 있을 것이다. 이를 위해 실차조건인 진동재현성을 갖춘 진동가진 시스템과 음장가시화(noise visualization)분석 기법을 통해 IP 모듈의 음원을 추정하였다. 추정된 음원은 인텐시티(intensity) 마이크로폰을 통해 음압레벨과 시간-주파수에 따른 음질평가를 수행하였다.

2. 자동차 BSR 소음특성

이 장에서는 자동차 BSR 소음의 일반적인 특성과 발생 메커니즘, 발생 원인에 대해 설명하고, BSR 평가 방법을 소개하고자 한다.

2.1 BSR의 일반적인 특성

BSR은 일종의 구조 전달음이라 할 수 있다. BSR을 발생시키는 진동원은 파워트레인, 구동계, 노면 진동이 대표적이다. 최근 차량 자체 진동저감기술의 발달에 따라 노면을 통하여 실내로 전달되는 진동이 BSR의 주된 원인으로 작용하고 있다. 따라서 노면에 따른 운전상태의 다양성이 곧 BSR 소음의 다양성과 연관된다. 또한 BSR 평가를 위해서는 노면의 특성과 차량진동과의 관계, 진동조건과 BSR 발생 메커니즘 등에 대한 분석이 선행되어야 한다.

비교적 평탄한 노면진동에 의한 소음, 파워트레인, 동력전달계 등의 일반적인 차량 소음에 대해서는 대부분의 운전자의 감성반응이 비슷한 경향을 나타내지만 자동차 인테리어 모듈에서 발생하는 BSR 소음은 운전자의 감성반응에 큰 편차를 나타낸다. 이로 인한 소비자들의 다양한 요구조건을 만족시키는데 어려움이 따르며, 실내 환경조건과 주행조건, 심지어 운전 시 운전자의 감정 상태에 따라 달라지는 BSR 반응은 이러한 어려움을 가중시킨다.

이와같은 특징들을 고려할 때 차량 개발과정에서의 BSR 평가 방법 역시, 다양한 조건에서 BSR 발생 메커니즘을 규명해야 된다. 또한 진동에 의한 구조전달 소음과 BSR에 의한 소음특성을 음질분석에 기준한 물리적, 주관적 음질평가 기법이 필요하다.

요컨대 자동차 실내에서 발생하는 다양한 소음원 중 BSR은 도로노면조건과 운전상태, 차체 구조 및 인테리어 부품의 특성, 차량 노후화에 따라 그 크기와

소음원의 위치는 다르며, 개발단계에서의 물리적 평가와 실제 소비자가 느끼는 주관적 평가도 다르다고 할 수 있다.

2.2 BSR 발생 메커니즘

‘Squeak’은 접하고 있는 면 사이에 스틱-슬립(stick-slip) 현상의 상대운동에 의한 마찰 유발 소음이라 할 수 있다. 이는 미끄러지는 속력이 증가함에 따라 감소하게 하는 마찰력이 스틱-슬립 현상의 주된 원인이 된다. Fig. 1과 같이 가장 간단한 모델을 사용하여, 두 면이 정적으로 접촉하고 있는 면에 평행한 힘이 작용하고 있다면, 힘은 면의 탄성 변형을 일으키고 위치에너지는 저장 될 것이다.

또한 가해지는 힘이 정지 마찰력보다 커지게 되면 면은 미끄러지기 시작하며 운동마찰력이 정지마찰력보다 크거나 같으면 위치에너지는 그대로 유지되거나 증가할 것이다. 반대로, 운동마찰력이 정지마찰력보다 작으면 초과된 만큼의 위치에너지가 방출될 것이다. 이러한 방출 에너지가 표면의 다른 반응들과 함께 부분적인 진동을 유발한다.

방출되는 에너지가 충분하고 진동하는 면적이 크다면 가청소음 또는 ‘squeak’ 소음이 발생한다. 차량의 현가장치, 차체 판넬, 도어의 힌지(hinge) 등에서 발생하는 소음이 전형적인 예이다. 차량이 울퉁불퉁한 노면을 지나갈 때 ‘squeak’ 현상을 자주 인지

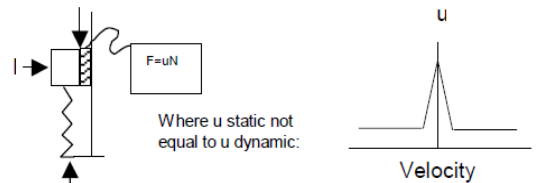


Fig. 1 Squeak mechanism(take from(3))

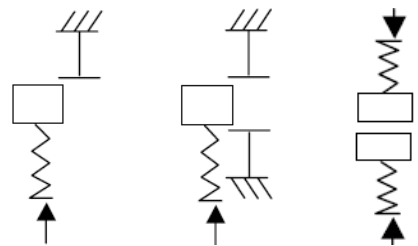


Fig. 2 Rattle mechanism(take from(3))

할 수 있다.

‘Rattle’은 요소 혹은 부품사이에서 접촉을 짧게 잃어버리는 상대운동이 있을 때 나타나는 부딪힘 현상이다.

이것은 일반적으로 Fig. 2와 같이 시스템이 헐거운 혹은 유연성이 있는 덮개 요소들이 강제 진동 아래에 있을 때 일어난다. 불충분한 연결 혹은 구조적인 힘으로 인하여 서로 이웃한 면이 수직방향으로 운동하면서 이것이 붙었다 떨어졌다하는 반복운동을 나타내어 부딪힘을 야기한다. ‘squeak’과 마찬가지로 가진력은 주로 도로면에서 야기되고 이것이 부품들을 관성력에 따라 진동하게 한다. 이런 운동이 충격을 일으키고 유격이 충분하지 않으면 진동이 증가하게 된다. 서로에게 수직으로 움직이는 면의 충돌은 접촉면이 가청 소음레벨을 발생시킬 만큼 클 때만 소음으로 인지된다.

일반적으로 ‘buzz’는 고주파의 ‘rattle’을 뜻하고, 넓은 의미로는 구조진동 유발 소음이라 할 수 있다. 따라서 자동차 인테리어 부품에서 발생하는 ‘squeak’과 ‘rattle’을 일으키는 필요충분조건은 세 가지로 요약할 수 있다. 첫째, 부품들이 서로에 대해 미끄러지거나 충격을 주도록 야기하는 힘이 존재해야 한다. 두 번째, 미끄러지는 운동인 경우, 국부적인 진동을 일으킬 수 있게 변화하는 마찰력을 발생시킬 수 있는 운동이어야 한다. 셋째로, 진동 혹은 충돌하는 부품들이 가청 소리를 발생시킬 수 있을 만큼 충분한 면적을 가지고 있어야 한다. 반대로, 이러한 소음들을 설계단계에서 제거하고 싶으면, 이 세 가지 요소를 제어해야 한다는 것을 알 수 있다.

BSR 소음은 높은 동적특성에 따라 측정/분석의 어려움을 가지고 있다. 주로 10 ms 이하의 매우 짧은 시간 동안 발생하고 실제 운전 환경조건에 따라 다르게 발생하여 BSR은 매우 복잡한 소음진동 발생 메커니즘을 가지고 있다고 할 수 있다. 또한 실제 주행 시험을 통한 BSR 평가가 아닌 실험실에서의 BSR 발생 메커니즘을 규명하기 위해서는 정량화된 진동조건 및 환경조건 등을 고려한 BSR의 측정 평가가 이루어져야 한다.

2.3 자동차 BSR 발생원인

대부분의 자동차 BSR 문제는 대표적으로 구조적 결함, 맞지 않는 접촉재료(incompatible material

pairs), 나쁜 기하학적 제어와 정렬(alignment)의 세 가지 원인에서 발생한다. BSR의 근본적인 특징은 어떤 임계값을 초과하는 상대운동으로 발생한다는 것이다. 상대운동이 항상 BSR을 일으키지는 않지만 BSR은 항상 상대운동에 의해 발생된다는 점이다.

구조적 결함에서 발생하는 상대운동은 과도한 입력, 강성불균형, 나쁜 기하학적 제어와 정렬이 주된 원인이 되며, 접촉면에서의 불충분한 지압적 강성은 ‘squeak’과 ‘rattle’을 발생시키는 상대운동을 유발한다. 한편 부품자체의 기능과도 관련이 있는데, 예를 들면, 차량 시트는 앞뒤로 미끄러져 움직일 수 있어야 하고 접을 수도 있어야 한다. 차량 도어의 손잡이와 창문조절장치는 자체의 존재의 목적을 충분히 충족시키기 위하여 움직임이 필요하다. 그러나 차량 운행 기간 동안 이들 시스템들의 닳아 해짐은 연결 부위를 헐겁게 만들어 BSR 현상을 만들어 낸다.

실내 온습도 조건이 차량 인테리어 부품의 치수변형을 줄 수 있는데, 특히 폴리머(polymer)를 포함하는 부품들은 환경조건에 따라 치수 및 표면특성의 변화를 가져와 접촉면의 마찰소음특성에 영향을 준다⁴⁾.

3. 자동차 실내 BSR 측정

이 연구에서는 자동차 인테리어 모듈 중 BSR 발생인자의 50% 이상을 차지하는 IP(환경진동 노화가 된 샘플)에 대해 BSR을 측정 평가하였다. 자동차 IP 모듈은 글로브 박스(glove box), 오디오 시스템(A/V system), 온도조절 장치(climate controller), 속도계(speed meter), IP 트림(IP trim) 등으로 이루어져 있으며, 이들 부품들은 항상 BSR 발생의 주된 소음원이 될 가능성을 가진다.

주행 시 자동차 IP에 전달되는 진동경로는 노면 진동이 차체 골격을 따라 IP 모듈의 지지점을 통해 CCB(cross car beam)에 전달되고, 이는 다시 인테리어 부품으로 전달된다. 이때 타이어와 차량현가장치는 저역통과필터 역할을 하여, 약 100 Hz 이상의 비교적 높은 고주파수 성분은 상쇄되어 인테리어 부품까지 전달된다. 또한 차체가 무겁고, 방진이 잘 된 고급차종일수록 입력 가진신호는 더욱 낮아진다.

3.1 차량 인테리어 모듈 BSR 평가시스템

노면으로부터 IP 모듈로 유입되는 진동신호는

타이어와 현가장치가 저역통과필터로 작용하여 비교적 낮은 10~100 Hz의 주파수 성분이며, 이들 입력가진에 의한 인테리어 모듈의 거동은 비틀림 진동보다는 상대적으로 수직의 굽힘 진동을 더 받는다⁵⁾. 따라서 이 연구에서는 실차조건과 유사한 진동 구속조건인 지그(jig)를 제작하고, 1축 수직 전자식 진동 가진시스템(B&K 4828)과 진동신호피드백 시스템(VR 8500)을 이용하여 진동재현성을 높였으며, 10~100 Hz의 랜덤(random) 진동가진신호를 사용하였다.

지그시스템은 가볍고 높은 강성을 가질 수 있도록 설계 제작하였으며, Fig. 3은 진동 모달측정을 통해 분석한 모드형상을 나타내었다. 72 Hz의 진동저감대책으로 국부적으로 다이내믹 댐퍼를 사용하여 진동저감과 진동 취약점을 보완하였다. IP 모듈의

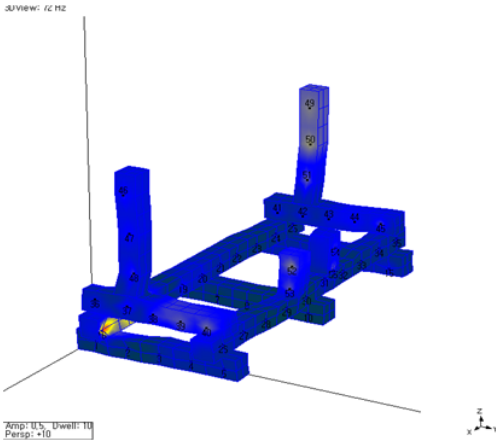


Fig. 3 Mode shape for the fixture at 72 Hz



Fig. 4 BSR measurement system for vehicle interior module

소음원 추정을 위해서는 48 채널의 소음 측정시스템(B&K 3560D)과 인텐시티 마이크로폰(B&K 4951), 측정 분석프로그램(B&K 7712)을 사용하였다. IP 모듈의 진동에 의한 BSR 소음평가 시스템은 Fig. 4와 같이 구성하였으며, 실험을 위해 배경소음(22 dBA, 0.19 sone)과 온·습도(22.5℃, 35%) 환경조건을 항시 유지하였다.

국내의 자동차 제조사에서 사용하는 공통된 BSR 측정평가기법은 A가중 음압레벨(A-weighting sound pressure level) 또는 ISO 532의 정상외(stationary) 라우드니스(loudness) 측정이 있다 그러나 BSR의 강한 비정상적인 신호특성, 즉, 실제 운전 상황에서의 BSR 소음은 10 ms 이하의 매우 짧은 소음특성과 비반복적, 다양한 음향분포를 가지기 때문에 기존의 평가방법은 많은 오차를 가질 개연성이 있다⁶⁾. 또한 운전자의 소음 인지적인 측면에서는 음압레벨과 같은 물리적인 양에 대해 선형적으로 지각하지 않는 점을 고려하여, 다양한 음질분석기법을 적용해야 된다. 이를 위해 이 연구에서는 인간의 주관적 소리인지를 고려하여 정의된 Zwicker의 음질분석과 시간변화에 따른 라우드니스를 측정 분석하였다⁷⁾.

3.2 IP 모듈의 진동에 의한 BSR 음원추정

시스템에서 방사되는 다양한 구조 전달 소음을 분리하기 위해서 비정상 공간 음향전달(non-stationary spatial transformation of sound fields)의 측정 프로그램을 사용하여 음장가시화(acoustic field visualization)를 하였으며, 추정된 음원에 대해서는 시간-주파수-음압레벨 분석을 하였다.

Fig. 5와 Fig. 6은 랜덤가진에 의한 IP 모듈의 음장가시화 결과이며, 10초 동안 측정된 시간변화에 따른 음압레벨 중 음향강도 및 소음발생빈도가 높은 데이터를 표현하였다.

IP 모듈 A-part에서는 속도계와 오디오 시스템에서 BSR이 발생하는 것을 알 수 있다. 속도계에서는 IP 트림간의 유격에 의한 ‘rattle’ 소음과 속도계 지침에서 발생하는 ‘buzz’ 소음이 발생하며 오디오 부품에서는 IP 트림간의 ‘rattle’과 오디오 부품 내부에 장착된 전자부품 등의 소음이 발생하였다.

IP 모듈 B-part에서는 온도 조절장치와 글로브 박스에서 ‘squeak’과 ‘rattle’ 소음이 발생하였으며, 에어벤트(air-vent)에서는 벤트날개(vent-wing)의 ‘buzz’ 소

음과 롤러(roller)와 내부 부품간의 ‘rattle’ 소음을 확인하였다.

3.3 음원에 대한 음질분석

인간의 청감반응을 잘 표현한 Zwicker 파라미터 중 사람이 인지하는 소리에너지 크기를 나타내는 라우드니스, 소리의 날카로움 정도를 나타내는 샤프니스(sharpness)와 저주파 대역에서의 소리 거침 정도를 나타내는 러프니스(roughness)를 적용하였다. 또한 음질에 대한 물리적 평가를 위해 음질분석 프로그램(B&K 7698)을 이용하였으며, 대상 소음원은 3.2절에서 음장가시화를 통해 추정된 여섯 지점(Table 1 ; Point 1~Point 6, 이하 P-1,...,P-6)에 인텐시티 마이크로폰을 이용하여 음원을 레코딩하였다.

측정결과는 Table 2와 같이 각 소음원별 Zwicker 파라미터를 나타내었으며, 분석 주파수 범위는 20 ~ 5000 Hz 의 1/3 옥타브 밴드에 대한 각각의 음향 특성을 나타내었다. 라우드니스 레벨은 12.0 sone 의 P-1이 가장 높았으며, Fig. 7의 음압레벨 곡선에서도 80~1200 Hz 주파수 대역에서 높은 에너지 레벨을

나타내고 있다. 실제 음장가시화 결과(Fig. 5)에서의 음향강도 및 소음발생 빈도에서도 다른 부품보다 높음을 알 수 있었다.

샤프니스는 Table 2에서 P-3과 P-5가 비교적 높은 값을 나타내었으나, Fig. 7의 2000 Hz 이상에서는 P-2와 P-3이 각각 높은 음압레벨을 나타내었다. 인간의 가청 영역 중 가장 예민한 반응을 나타내는 3000~4000 Hz 영역과의 관련성 등을 종합했을 때 P-3의 온도조절장치의 소음 개선이 음질평가 측면에서 필요하다 할 수 있다. 또한 샤프니스의 청감특성은 날카로운 고주파수음과 연관하며, 소리의 크기와 관련된 라우드니스와는 독립적이라는 점⁽⁷⁾을 감안했을 때, Table 2의 P-5의 샤프니스(0.66 acum)가 높은 반면 라우드니스(6.8 sone)는 가장 낮음을 확인할 수 있다.

전통적인 BSR 평가기법 중 A가중 음압레벨과 음질평가는 Table 2와 Fig. 7을 통해 알 수 있었다. 그러나 최근의 자동차 인테리어 BSR 평가기법은 BSR 소음의 매우 짧고 큰 소음발생과 비주기적인 발생 특성을 시간변화에 따른 라우드니스 레벨 분석과 시간-주파수-음압레벨 분석을 병행하여 평가한다^(8,9). 특히 시간변화에 따른 라우드니스 분석 방법은 시간에 따라 변하는 비정상상태 소음이나 신호들을 계산하는 알고리즘으로 사용된다.

차량 실내소음에 대한 음질분석 기법 중 음향 고저의 변동 폭을 음압레벨로 분석하는 방법과 시간-

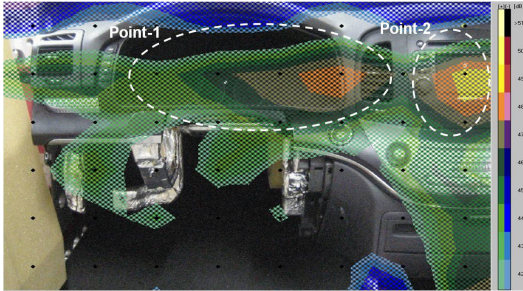


Fig. 5 Noise source identification for instrument panel module(A part)

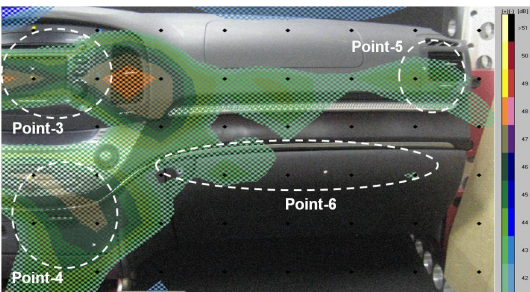


Fig. 6 Noise source identification for instrument panel module(B part)

Table 1 Microphone set point at noise source

주파수-음압레벨 특성을 시간변화에 따른 라우드니스로 분석하는 방법이 있다. Fig. 8에서는 10초 동안

Table 2 Sound quality values for each potential source regions for instrument panel

Point	Overall SPL (dBA)	Loudness (sone)	Sharpness (acum)	Roughness (asper)
1	60.0	12.0	0.53	0.78
2	58.1	11.2	0.61	1.08
3	54.8	8.9	0.65	1.11
4	54.9	8.5	0.58	0.98
5	51.4	6.8	0.66	0.89
6	51.8	7.0	0.62	0.75

시간변화에 따른 라우드니스레벨은 P-1의 결과 곡선이 가장 높았으며, 동시에 변동 폭의 고저 역시 가장 높음을 알 수 있다. 그 다음으로는 P-2의 오디오 시스템이 높은 결과 값을 나타내었으며, P-6의 글로브 박스는 시간변화에 따른 라우드니스레벨의 변화 폭과 크기가 상대적으로 가장 낮음을 알 수 있다.

IP 모듈의 구조적인 측면에서, BSR 발생 메커니즘이 서로 상반되는 두 지점(P-2, P-4)을 선정하여 시간-주파수-음압레벨을 Fig. 9와 같이 비교 분석하였다. Fig. 9(a)의 전 주파수 대역으로 음향분포를 가지는 차량용 오디오 시스템은 다양한 전기전자부품으로 구성되어 많은 소음특성을 나타내었으며, 반면 Fig. 9(b)는 몇 개의 특정 주파수 대역의 소음이 지배적임을 알 수 있다. 이는 운전자 물품보관상자(driver storage)는 오디오 시스템과 달리, 상자와 상자문으로 구성된 간단한 구조로 이루어졌기 때문이며, BSR 발생 역시 보관상자의 구조적인 결함에 따른 비교적 낮은 저주파수의 ‘rattle’ 소음과 보관상자 문의 연결 고리의 고주파수의 공진이 소음

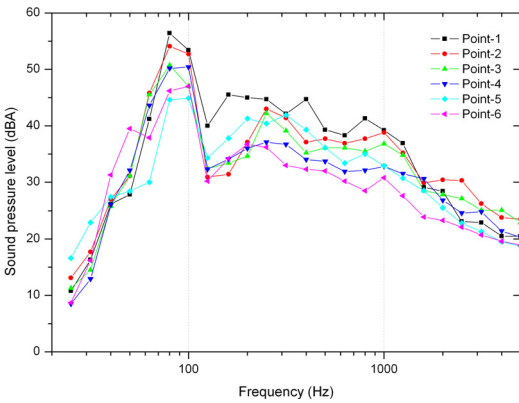
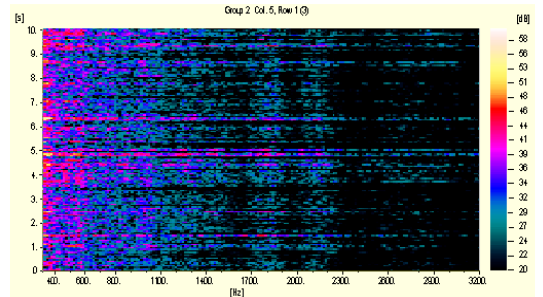


Fig. 7 A-weighted sound pressure level for each potential noise source



(a) Point-2 ; Audio/Video system

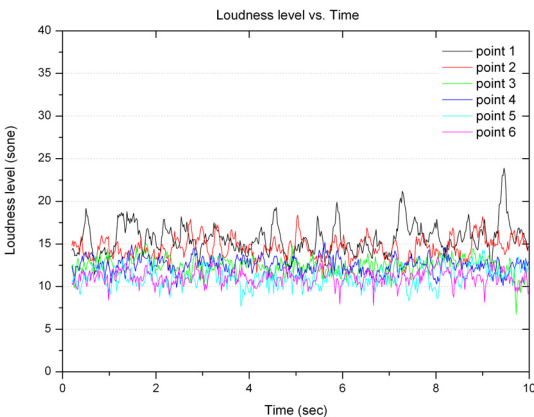
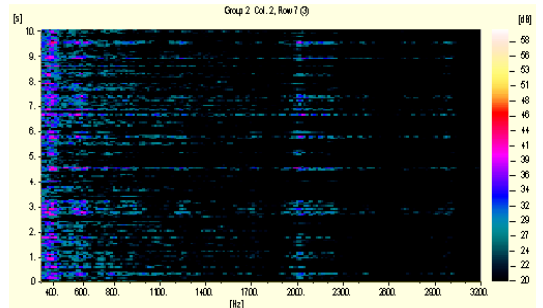


Fig. 8 Time variation-loudness function for the noise source of IP module



(b) Point-4 ; Driver storage

Fig. 9 Time-frequency-analysis of the signals measured at the point shown in Fig. 5 and Fig. 6

지배하기 때문이라 할 수 있다.

차량 인테리어 부품에 대한 BSR 발생 메커니즘을 분석하는 방법 중 이 논문 외에도 입력된 진동가진이 랜덤신호가 아닌 스위프사인(sweep sine)신호를 이용하여 주파수와 스위프속도(sweep rate ; 1초)를 통해 BSR 발생 메커니즘을 추정할 수 있는데, 이는 Fig. 9의 Y축의 시간 축과 입력가진 곡선의 시간데이터를 상호 비교하여 분석할 수 있다.

4. 결 론

이 연구에서는 차량 인테리어 모듈에서 발생하는 BSR 소음을 진동가진 시스템과 음장가시화 시스템을 이용하여, 자동차 IP 모듈의 BSR 음원을 추정하고, 소음원에 대해서는 Zwicker 파라미터 기법을 통해 소음 분석을 하였다.

랜덤가진에 의한 IP 모듈의 음장가시화 결과, 이 종재질의 접촉재료로 구성된 속도계와 다양한 전기전자부품으로 구성된 오디오 시스템에서 높은 음압레벨을 나타내었다.

추정된 소음원에 대한 음질분석을 위해 전통적인 A-가중 음압레벨 측정방법과 Zwicker 파라미터를 적용하여, 6지점의 소음원에 대한 물리적 음질분석을 하였다. A-가중 음압레벨과 라우드니스 레벨은 속도계와 오디오 시스템이 높은 값을 나타내었으며, 고주파수음과 관련한 샤프니스는 온도조절장치의 소음이 비교적 높은 값을 나타내었다.

특히 온도조절장치의 높은 샤프니스레벨은 소리 에너지 크기와 관련한 라우드니스와는 독립적이라는 점을 확인할 수 있었으며, 인간의 청감특성과 관련한 고주파수음에 대해 음질평가 측면에서 개선이 필요함을 알 수 있다.

시간변화에 따른 라우드니스 레벨과 시간-주파수-음압레벨 분석을 통해서는 각 부품의 'squeak'과 'rattle'의 상대운동은 시간변화에 따라 음향변동패턴과 주파수 기여도가 다를 수 있었다.

또한 기존의 BSR 평가기법과 최근의 분석방법에 대한 비교에서는 기존의 평가방법(A-가중음압레벨과 ISO 532 정상의 라우드니스)은 정상소음에 대한 음향 고저의 변동 폭의 측정만 가능하지만, Zwicker 파라미터를 시간-주파수-음압레벨분석에 적용 할 경우, BSR 발생 메커니즘을 보다 더 인간의 감성에 근접

한 물리적 평가가 가능함을 알 수 있었다.

후 기

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- (1) Shin, S. H., Cheong, C. and Jung, S. S., 2007, "Experimental Evaluation of Buzz, Squeak and Rattle Noise of Vehicle Doors and Its Prevention," Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 17, No. 12, pp. 1217~1222.
- (2) Shin, S. H., Cheong, C. and Kim, D. W., 2009, "Characteristics of Noise for Squeak and Rattle of Vehicle Interior Module," Proceedings of the ASK Annual Fall Conference, pp. 152~155.
- (3) Grenier, G. C., 2003, The Rattle Trap, SAE Technical Paper, 2003-01-1525.
- (4) Nashif, A. D., Jones, D. G., Henderson, J. P., 1985, Vibration Damping, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- (5) Shin, S. H., Cheong, C., etc., 2007, "Experimental Identification of Buzz, Squeak and Rattle Noise in Automotive Doors and Its Prevention," Proceedings of the Inter-noise 2007 Conference, p. 210.
- (6) Jay, M. and Gu, Y., 2001, "Excitation and Measurement of BSR in Vehicle Seats," SAE paper, No. 2001-01-1552.
- (7) Zwicker, E., Fastl, H., 1999, Psycho-acoustics, Springer, New York.
- (8) Society of Automotive Engineers, http://www.sae.org/automag/nvh_reduction/.
- (9) Shin, S. H., Cheong, C., 2008., "Experimental Characterization of BSR Noise Source in Automotive Doors Using Acoustic Visualization Technique with Four Post Excitation System," Proceeding of the 15th ICSV.