

# 감성 선호도 기반 능동 제어 활용 주행 음질 개발

## Development of Driving Sound Quality using Active Sound Design Based on Emotional Preference

김성현 † · 조은수\* · 김재권\* · 박동철 †

Seonghyeon Kim, Eunsoo Jo, Jaekwon Kim and Dong Chul Park

**Key Words :** Driving Sound(주행음), Active Sound Design(능동 음향 설계), Subjective Evaluation(주관 평가), Factor Analysis(인자 분석), Principle Component Regression Model(주성분 회귀 모델)

### 1. 서 론

차량의 음질은 감성 품질 측면에서 상품성을 결정짓는 중요한 속성이다. 따라서 자동차 분야의 연구자들은 단순한 저소음 차량이 아닌 좋은 음질의 차량을 개발하고자 많은 연구들을 진행하고 있다. 음질의 정의는 연구 분야에 따라 다양한 관점이 있지만 제품 음질 관점에서 R. H. Lyon의 정의에 따르면 제품의 소리에 대한 주관적인 반응을 의미한다고 할 수 있다. 즉, 제품의 성능과 특성에 부합하고 기대 수준에 만족할수록 좋은 음질이라 할 수 있다. 이에 따라 좋은 음질을 가진 자동차란 낮은 소음 크기를 가진 정숙한 차량일 수도, 혹은 그 반대일 수도 있다. 즉, 자동차의 성격에 따라 사용자가 기대하는 소리의 특성이 다양하므로 이를 정확히 파악하고 기대를 충족시켜줄 수 있는 소리를 개발하는 것이 올바른 음질 개발 방향이라고 할 수 있다. 이 연구에서는 고 출력 소형 스포츠 세단을 대상으로 음질 개발 방향 설정 및 능동 제어 기술을 활용한 효과적인 음질 구현 결과를 소개하고자 한다.

### 2. 주관적 음질 평가

연구 대상 차량인 고 출력 스포츠 세단 차량의 주행 음색 개발 방향 설정을 위하여 주관 평가를 실시

† 교신저자; 정회원, 현대자동차

E-mail : dc.park@hyundai.com

Tel : 031-368-0877, Fax : 031-368-1381

‡ 발표자; 정회원, 현대자동차

\* 정회원, 현대자동차

하였다. 주관 평가는 7대의 고 출력 차량에 대하여 의미 분별법을 사용한 주행 평가의 방법을 적용하였다. 의미 분별법에 의한 평가 결과는 인자 분석을 통해 평가 어휘들에 대한 주성분을 분석하였다. 인자 분석 결과 연구 대상인 고 출력 차량의 경우 박력감(powerfulness)과 안락함(comfort)의 감성 항목으로 음질 속성을 표현할 수 있음을 알 수 있었다. 인자 분석 결과를 토대로 도출된 주성분 인자에 대해 인자 점수를 계산하고 이를 통해 주성분 회귀 모델을 구성하였고 그 결과 다음과 같은 선호도에 대한 회귀 모델을 도출하였다.

$$Preference = 4.601 + 1.101Powerfulness + 0.447Comfort, R^2 = 0.96$$

Fig. 1은 박력감과 안락함의 주성분의 인자 점수를 나타낸다. 연구 대상인 G차량의 경우 안락함은 타 차량에 비해 높은 점수를 차지하지만 박력감의 점수가 미흡함을 확인할 수 있었다.

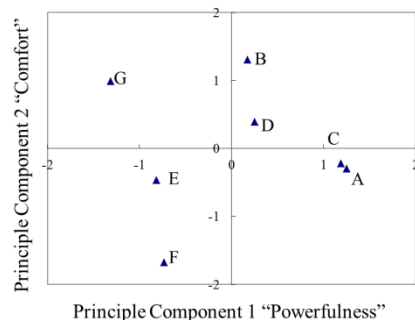


Fig. 1 Factor score with respect to test vehicles

### 3. 능동 음향 설계 구현 및 검증

이 연구에서는 능동 음향 설계(Active Sound Design) 기술을 적용하여 엔진 음색을 개발하고 이를 통해 선호도의 향상을 목적으로 하였다. Fig. 2는 제어 시스템의 구성도를 나타낸다. 차량에서는 시스템의 간소화를 위해 물리 센서 대신 캔(CAN) 통신을 통해 엔진 RPM 정보를 참조 신호(reference signal)로 사용하였다.

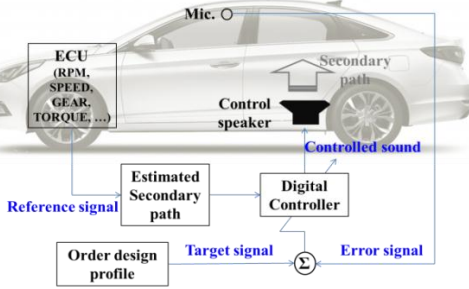


Fig. 2 Schematic diagram of active sound design system

14 엔진인 대상 차량의 경우, 회전수의 2차 성분인 엔진의 폭발 주기에 해당하며 이를 C2 성분이라 표현한다. 각 차수들의 RPM에 따른 분석 결과, 저 엔진 회전수 대역에서의 메인 차수 성분의 음량 부족에 기인한 발진감이 미흡하였다. 또한 메인 차수 및 조화 차수(harmonic order)의 음량 대비 반(half) 차수 성분의 비율이 낮은 관계로 럼블(rumble) 및 거친(rough)음색이 미흡하여 박력감이 부족한 것으로 분석되었다. 이에 따라 2500 RPM을 기준으로 저 회전수 대역에서는 메인 차수의 비율을 증대하여 발진감을 향상시켰고 중고속 회전수 대역에서는 정수 배 및 소수점 등의 반 차수 성분의 비율을 증대시켜 럼블성 거친 음색 및 으르렁거리는 음색(growl)을 강화하였다. Fig. 3은 메인 차수와 반 차수의 정규화된 크기 비율을 표현하는 그래프로 개발된 차수 프로파일의 특성을 나타낸다. Fig. 4은 대상 차종(G)에 대해 차수 별 크기 프로파일을 능동 음향 설계 기술을 적용하여 구현된 결과로 급 가속 조건에서 실내 음향을 측정된 결과이다. 배기계 특성에 주요한 발진 부밍음과 흡기계 특성에 주요한 럼블성 음색을 능동 음향 설계 시스템을 이용하여 효과적으로 구현할 수 있었다. 개발된 엔진 음색은 대상 차종에 구현 후 주관 평가를 실시하여 개발 음색의 음질 선호도 향상도를 검증하였다. 2장에서 기술한 평가 조건과 동일한 환경 하에 주관 평가를 실시한 후 각 항목에 대한 점수를 구하였다. 항목 별 평가 점수는

주성분 인자에 대한 인자 점수를 계산하여 박력감의 개선 여부를 확인하였다. 박력감의 경우 기존 -1.31에서 -0.03으로 약 1.3점 개선되었으며 전체 선호도 점수 또한 기존 3.9점에서 5.0으로 1.1점 개선을 확인할 수 있었다.

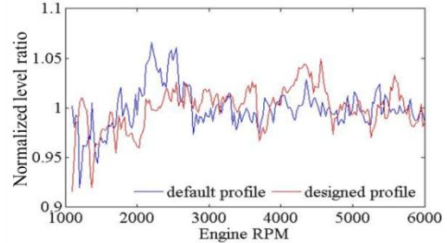


Fig. 3 Order level ratio between harmonic orders of main and half component

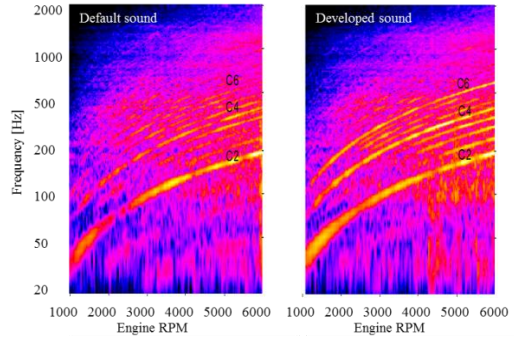


Fig. 4 Comparison to default and designed engine sound

### 4. 결론

이 연구에서는 소형 스포츠 세단에 적합한 음질 특성을 설정하기 위해 주관 평가를 통해 감성 모델을 구성하였고 이를 기초로 음질 개발 방향을 설정하였다. 음질 선호도는 박력감과 안락함의 인자로 표현할 수 있으며 박력감이 안락함 대비 주요함을 확인할 수 있었다. 박력감을 향상시켜 선호도를 증대시키고자 능동 음향 설계 기술을 적용하였다. 오디오 시스템을 이용한 부가음을 적용하여 저 엔진 회전수 대역에서는 배기계의 발진 부밍감을, 중고속 엔진 회전수 대역에서는 흡기계의 럼블성 음색을 강화하였다. 개발된 가속 음색은 주관 평가 결과, 기존 차량 대비 박력감이 향상되어 음질 선호도가 향상됨을 확인할 수 있었다. 이 연구에서 적용한 주관 평가 기법과 능동 음향 설계 시스템을 이용한 목표 음질의 구현 기법은 기존의 음량 저감 목표를 위한 수동적인 접근 방법 대비 효율성 측면에서 유용한 방법이라 판단된다.