화성학 및 조음특성을 이용한 차량 주행음 목표 연구

Study on the Development of a Vehicle Target Sound Using Harmonics and Articulation Characteristics

장경진† · 박동철*
Kyoung-Jin Chang, Dong Chul Park

1. 서 론

차량 주행음질의 경우, 단순히 소음을 저감하는 수준을 넘어서 고객에게 매력적인 음을 제공함으로써 차량의 상품성을 크게 높일 수 있다. 메이저급 자동차 회사들은 차량 주행음 목표 선정시, 자사 브랜드 이미지를 표현하고 아울러 차급 및 차종에 따라 차별화된 주행음 목표를 선정하는 시도를 하고 있다. 본 연구에서는 브랜드 정체성(brand identity)과 해당 차량의 개발 컨셉을 토대로, 화성학과 조음특성에 기반하여 차량 주행음질 목표를 선정하는 기술을 개발하고, 오디오 스피커를 이용한 능동소음제어 시스템을 통해 이를 차량에서 구현 및 검증하는 연구를 수행하였다.

2. 본 론

2.1 개발 전략

(1) 기아차 브랜드 정체성과 목표음 연계

기아차의 핵심정체성 (core identity)은 바이브런트, 디스팅크티브, 릴라이어블로서, 바이브런트는 맑고 활력이 넘치는 사운드를 의미하고, 디스팅크티브는 기아의 개성을 전달할 수 있는 사운드를 의미하고, 릴라이어블은 낮은 음대역을 활용하여 안정된 느낌을 전달하는 사운드를 의미한다.

(2) 주행음 개발 과정

먼저 화성학 기법을 이용하여, 각 브랜드 정체성을 대표할 수 있는 화음을 각기 저속/중속/고속 RPM 대역별로 선정하고 주행음 스펙트럼에서 엔진 오더를 통해 이들 화음을 표현하도록 하였다. 다음으로는 각 브랜드 이미지를 대표하는 상징적인 동물을 선정하고 이들의 성대구조를 이용하여 포르만트(formant) 필터를 합성한 후, 앞서 화성학적으로 얻어진 1차 목표 주행음에 필터를 결합하여 최종 목표 주행음을 도출하였다.

2.2 화성학 기법에 의한 주행음 개발

앞서 기아차 브랜드 핵심정체성에 맞는 화음을 선정한 결과, 다채롭고 다이나믹하게 변화하는 사운드를 전달하기 위해 완전8도/완전4도/완전5도와 장3도를 조합하고 Sus4 화음을 적절히 가미하였다. 먼저 2000rpm 이하 저속에서는 완전8도와 장3도 화음 위주로 구성된 C3/C4/E4/E5 음계를 사용하였고, 이를 엔진차수와 연결시키기 위해 4기통 엔진의 경우에는 엔진 2차/4차/5차/10차를 강화하고, 6기통 엔진의 경우에는 엔진 3차/6차/7.5차/15차를 강화하였다. 다음으로 2000~4000rpm 이하 중속에서는, 완전5도와 완전4도로 이루어진 Sus4 화음을 가미하고자 F3/C4/G4/C5 음계를 사용하였고, 이를 엔진차수와 연결시키기 위해 4기통 엔진의 경우에는 엔진 2.6차/4차/6차/8차를 강화하고, 6기통 엔진의 경우에는 4차/6차/9차/12차를 강화하였다. 마지막으로 4000rpm 이상의 고속에서는, 완전8도와 완전5도 및 장3도 위주로 구성된 C3/C4/G4/E5/G5 음계를 사용하였고, 이를 엔진차수와 연결시키기 위해 4기통 엔진의 경우에는 엔진 2차/4차/6차/10차/12차를 강화하고, 6기통 엔진의 경우에는 3차/6차/9차/15차/18차를 강화하였다. Figure 1에는 4기통 엔진에 대하여 rpm 축에서 일부 엔진 차수의 목표음 선도를 도시하고 있다. 흑색은 초기차량 레벨을, 적색은 목표음 레벨을 표시한다.

† 현대자동차
E-mail : changkj@hyundai.com
Tel : 031-368-6456
* 현대자동차

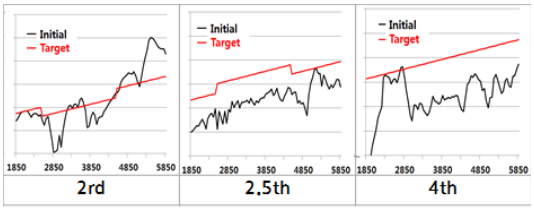

Figure 1. Target sound level estimated from a harmonics method depending on engine orders of 4-cylinders

2.3 조음특성을 이용한 주행음 개발

(1) 조음특성 분석법

포르만트(formant) 분석법은 음운론 연구 등을 위해 음의 발생과정 및 특징을 분석하는 기법이다. 본 연구에서는 동물의 울음소리가 갖는 조음특성에 착안하여 브랜드 이미지에 걸맞는 동물을 선정한 후, 그 성대구조의 고유진동수와 연관된 포르만트 필터를 추출하여 이로부터 목표 주행음을 합성하는 기법을 개발함으로써, 고객이 주행음을 듣는 것만으로 선정된 동물을 연상할 수 있도록 하였다.

(2) 기아차에 적합한 조음특성을 이용한 목표음

많은 고객들이 기아차로부터 가장 많이 연상되는 동물로 호랑이를 선택하였기에 호랑이의 울음소리 음원들의 파워스펙트럼으로부터 포르만트 필터를 추출하였다. 에너지가 가장 큰 몇 개 주파수 대역 중 특히 710Hz 부근 대역이 가장 크게 강조되었는데 호랑이 성대 공명과 연관된 것으로 추정된다.

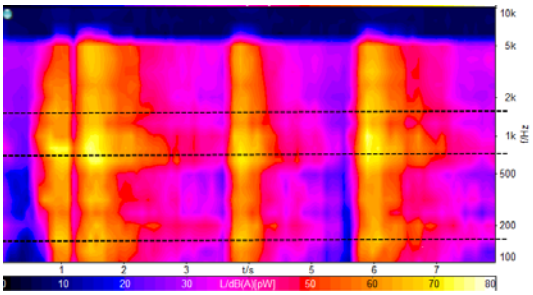

Figure 2. Power spectrum of a tiger's cry for estimating a formant filter

2.4 목표 주행음 합성 결과 및 실차 검증

(1) 목표 주행음 합성 결과

앞서 2.2절에서 화성학적인 방법으로 1차 도출된 목표음에, 2.3절의 포르만트 필터를 추가하여 최종적으로 4기통과 6기통 엔진 각각에 대한 목표음을 합성할 수 있었다. 기존의 초기음이 저음만 두드러졌던 반면 합성된 목표음은 각기 원하는 차수가 균형있게 강조되고, 특히 포르만트 필터에 의해 710Hz 대역이 더욱 강조된 것을 볼 수 있다.

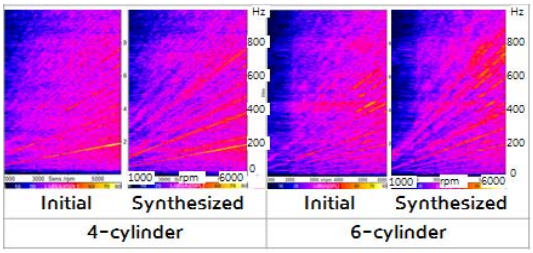

Figure 3. Sound comparison between the initial and synthesized target

(2) 능동소음제어시스템을 이용한 실차음질 검증

앞절의 합성음을 제어 목표로 두고, 차량 스피커를 통한 능동소음제어 시스템을 적용하여 4기통 중형차에서 목표음의 적정성을 재확인하였다. 이때 초기 대비 음량을 저감하거나 증가하는 과정에서 FxLMS 알고리즘에 기반한 능동소음저감 및 목표음 추종 로직을 적용하였다. 실차 주행시 초기값이 목표음 합성시 초기값과 달라서, 주행시 주관적인 음질평가를 기준으로 차수별 목표값에 대한 미세조정 과정을 추가로 거쳤고, 목표음을 좀더 강화한 스포티형과 일반형의 두가지 목표음에 대하여 능동소음제어시스템으로 실차에서 구현하여 측정한 결과를 초기값과 함께 아래에 비교하였다. 결과적으로 초기 대비 브랜드 이미지 및 차량 컨셉에 잘 어울리는 주행음질을 수립 및 구현할 수 있었다.

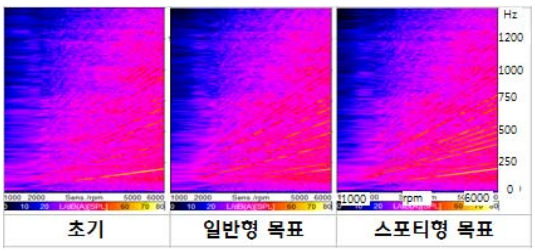

Figure 4. Final vehicle test results using ANC system

3. 결 론

본 연구를 통해 화성학과 조음특성을 이용하여, 목표주행음에 브랜드 정체성과 차량 컨셉을 반영하는 기술을 개발하였고, 실차에서 능동소음제어 시스템을 이용하여 이를 검증하였다.