

승용차 디젤 소음에 대한 음질 평가 기법 연구

Study on the Sound Quality Evaluation Method for the Vehicle Diesel Noise

권요섭† · 김찬목*

Jo-Seoph KWON and Chan-Mook KIM

1. 서론

최근 자동차 개발 동향은 엔진 고출력에 의한 차실내 소음 저감에 대한 연구와 더불어 음질 (Sound Quality)의 차별화된 브랜드 이미지 개발을 위해 다양한 연구가 진행되고 있다. 특히 하이브리드 차량 및 전기자동차 개발에 따라 소리가 기대치보다 작을 경우 차가 힘이 없거나 성능이 떨어진다는 인상을 줄수 있어 소비자의 주관적 평가를 대응할만한 객관적 음질평가 기법에 대한 연구가 요구된다.

종래 기술에서는 스포츠 쿠페 차량의 배기계 음질 튜닝, 중소형 SUV (Sport Utility Vehicle) 차량의 액슬 기어에 대한 화인 소음 (Whine Noise) 개선을 위한 객관적인 음질 평가 기준 연구, 승용차의 고급감 음질을 개발하기 위한 통계적인 상관성 분석 기법과 다중회귀분석 기법에 대한 연구가 수행되었으나, 승용 디젤 차량에 대한 체계적인 음질 분석 기법에 대한 연구는 미흡하였다. (1) (2)

본 연구에서는 승용 디젤 차량의 음질 평가 프로세스 구축을 위하여 인간 청각 모델을 기초로 하는 객관적인 평가 기준에 대한 연구를 수행하고자 한다. 이후 승용 디젤 차량의 음질 인덱스를 구축하고, 소음원의 차량 실내 소음에 대한 기여도를 파악하기 위한 소음 전달 경로 분석법 (Noise Path Analysis) 또는 전달계 기여도 분석 (Transfer Path Analysis)을 수행할 예정이며, 흡차음재 최적화를 통한 실차 평가 검증 과정에 대해 지속적으로 연구를 진행하고자 한다. 본 연구의 효과로 귀에 거슬리는 디젤 엔진 소리를 어떻게 평가할 것인가와 이들 소리의 음질을 어떻게 개선할 것인가에 대한 두 가지 문제에 명확한 방법을 제시하는 객관적 지수를 제공 가능하며, 음질의 수치화 도구로 사용하여 디젤 음질 개선 프로세스에 기여할것으로 예상된다.

2. 음질 평가 프로세스

2.1 디젤 소음의 음향 특성

디젤 엔진의 가속소음 수준은 가솔린 엔진 대비 저속 및 중속 범위에서 3~6 dB 정도 불리한 수준으로 분석된다. 이는 디젤의 충격 연소 소음이 디젤 엔진의 압축-점화 연소 시스템의 연소 압력의 높은 증가율에 기인한다. 나아가 디젤 엔진의 주요 운동 요소들은 높은 부하에 대비하여 상대적으로 무겁게 제작되며 이는 연소 소음에 비하여 높은 수준의 기계적 소음을 발생시킨다. 기계적 충격 및 연소 압력과 같은 충격적 힘의 요소들은 Fig.1 과 같이 디젤 소음에서 충격적인 간헐적 파형을 생성한다.

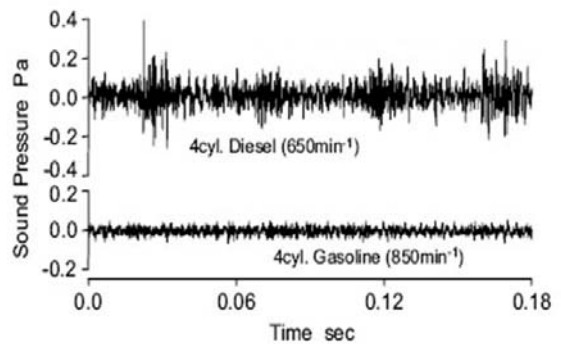


Fig.1 디젤 소음의 충격 파형

2.2 인간 청각 기능의 모델링

본 연구의 음질 평가 프로세스에서는 인간의 청각 모델을 기초로 한 생리학적 보고서에 근거하여 음원으로부터 이도 입구, 중이, 소골, 기저막, 용모의 전달계를 통하여 뇌의 신경 조직의 기능에 대하여 분석하였다. Fig.2 는 전기적 신경신호가 충격파로 이루어지며, 이러한 충격파의 수는 유입되는 신호의 진폭과 관계됨을 나타내고 있다. 이는 인간 청각 기관의 대수적 민감성을 규정한다. 또한, 20 dB 이하 범위에서 비선형 강화 함수가 존재함을 인식한다.

† 교신저자; 정희원, 국민대학교 자동차공학전문대학원
E-mail : noisecenter@hanmail.net
Tel : (031) 948-8535, Fax : (031) 948-8539
* 국민대학교 자동차공학전문대학원

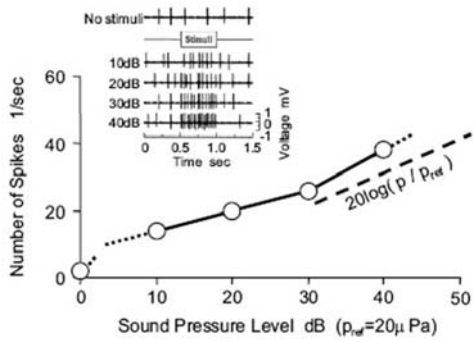


Fig.2 청각 신경 섬유에 있어서의 반응

용모에서의 화학 반응의 반응 속도는 일차 지연 시스템의 반응으로 모델링되고, Fig.3 과 같이 멈춤 신호에 민감하지는 않지만 발생하는 신호에 반응을 보인다.

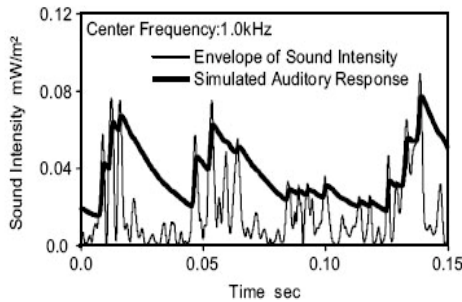


Fig.3 시뮬레이션된 청각 반응

2.3 음질 평가 방법

소리에 대한 느낌을 객관적으로 표현하기 위한 많은 음질 인자들이 개발되었으며, 대표적인 4 가지는 라우드니스(Loudness), 샤프니스(Sharpness), 러프니스(Roughness), 변동강도(Fluctuation Strength)를 들 수 있다.

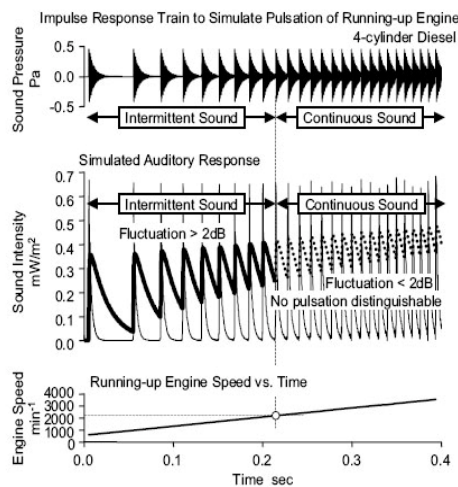


Fig.4 디젤 소음의 파동이 보이는 청각 분해능

인간의 인식의 변화는 Fig.4 와 같이 용모의 화학 반응에서 나타난 일차 지연 시스템을 통하여 해석적으로 설명될 수 있다. 그림은 세 개의 부분으로 이루어지는데 하단의 그림은 가속시의 엔진 속도 변화, 상단의 그림은 자유도 1 의 충격반응 급수로 시뮬레이션된 충격 디젤 연소 소음, 그리고 중간 그림은 음질 평가 시스템에 있어서의 인간 청각 모델의 출력을 보여준다. Fig.5 는 6 개 실린더를 갖는 디젤 엔진의 피스톤 슬랩을 조정 한 경우의 음질 평가 결과의 한 예를 보여준다.

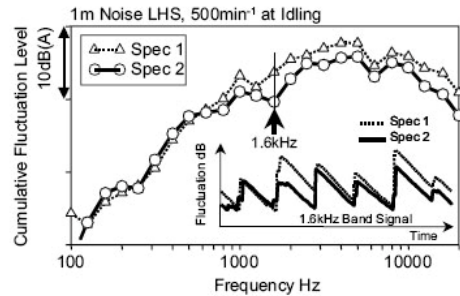


Fig.5 고출력 디젤 엔진의 개선 평가

음질 평가를 위한 표준화의 필수 항목은 측정기기 선정과 시험환경, 음질 분석 방법 등 다양한 항목들이 존재하며, 차량의 최적 실내 음질을 평가할 수 있는 표준화 규격이 완성되어야 한다.

3. 결론

소비자의 감성품질 요구에 맞추어 듣기 불편한 소음을 제어하고 음질을 개선하여 최종적으로 소음을 브랜드 사운드화 하는 추세는 지속적으로 진행될 것이다. 본 논문에서는 인간 청각 모델을 기초로 하는 객관적인 평가 기준에 대한 연구를 수행하였으며, 중대형 디젤 차량에 대한 흡차음재 기여도 평가를 통하여 승용 디젤 차량의 음질 평가 프로세스 구축을 하고자 한다. 디젤 음질 평가 기법에 대한 연구를 통하여 주관적인 평가를 대응할수 있는 객관적인 평가 기준에 대해 지속적으로 연구 예정이며, 설계 초기 단계 음질 평가 효율성 증대 효과가 예상된다.

참고 문헌

- (1) Kootae KANG, 2008. " Trend of Vehicle Sound Quality Development" , Auto Journal, April
- (2) Jongtae LIM, Sangkwon LEE, Yunkyong JO and Jongyoun KIM, 2007. " Development of Sound Quality Index of a SUV' Axle for Evaluation of Enhancement of Sound Quality Based on Human Sensibility" , Transactions of the Korean Society of Noise and Vibration Engineering, Volume 17, Number 4, pp.298-309