

타이어 종류에 따른 차량 주행 소음의 음질 인덱스 구축

Sound Quality Evaluation of Interior Noise of Driving Vehicle according to the Tire Type

정재은* · 양인형* · 박군동* · 이유엽** · 오재웅†

Jae-Eun Jeong, In-Hyung Yang, Gon-Dong Park, You-Yub Lee and Jae-Eung Oh

검증을 수행한다.

1. 서론

종래 차량 개발은 성능에만 의존하는 기계라는 개념이었으나, 최근 소비자들의 안락하고 쾌적한 환경에 대한 요구가 증가하며, 차량은 단순 기계가 아닌 생활의 문화공간 매개체로 자리잡아 가고 있다. 이와 관련해 과거에는 차량에서 발생하는 소리에 대해 음압 레벨의 저감에 한하여 다루었으나 최근에는 소음 저감과 함께 소비자들의 요구에 맞는 쾌적하고 듣기 좋은 소리를 제공하기 위해 많은 연구가 진행 중이다.

사람이 소리를 듣는 것은 다분히 감정적이고 주관적으로 이루어진다. 따라서 소음 측정의 척도로 주로 사용되는 dB(A)와 같은 청감을 고려한 수치로 표현하기 어렵기 때문에 때와 장소, 차량에 따라 주관적이고 사람의 감정에 맞는 주관적 척도가 요구된다. 따라서, 인간의 감성적 측면인 음질을 평가하기 위해서는 음질인자 사이의 비선형 특성을 고려해야 한다. 즉, 평가하고자 하는 음질인자 항목들은 독립적 관계가 아닌 서로 상관관계의 특성을 고려하여 음질 평가를 수행해야 한다. 그러므로 인간의 청감에 가깝고 정확한 음질 평가를 위해서는 음질인자 별 다변량 분석이 필요하다. 본 장에서는 차량 주행 소음을 대상으로 특성인자간 상관관계를 고려해 시스템을 분석할 수 있는 마할라노비스 거리(Mahalanobis distance, MD)를 통해 음질 인덱스를 구축하고자 한다. 그리고 가상음원을 제작하여 로드노이즈의 목적 주파수 별 음질 영향도를 분석하고 음질 개선을 위한 방향을 설정한다. 초기 음원과 최적 음원의 음질 지수 비교를 통해 음질 지수가 향상된 것을 검증하고 실제 구조 변경에 따른 차량 실내 소음의 음질개선

2. 차량 주행 소음의 음질 인덱스 구축

2.1 마할라노비스 거리(Mahalanobis Distance)

마할라노비스 거리(Mahalanobis Distance)는 다차원의 단위공간으로서 마할라노비스 공간을 정의하고 임의의 대상이 그 공간으로부터 얼마나 떨어져있는가를 거리로 나타낸 것이다. 마할라노비스 공간의 식은 다음과 같다.

$$D^2 = \frac{Z_1^2}{V(Z_1)} + \frac{Z_2^2}{V(Z_2)} = \frac{u_1^2 + u_2^2 - 2\rho u_1 u_2}{1 - \rho^2}$$

$$(Z_1, Z_2 : \text{변수 } Z_1 = \frac{u_2 + u_1}{\sqrt{2}}, Z_2 = \frac{u_2 - u_1}{\sqrt{2}}$$

$$u_1, u_2 : \text{표준화변량 } u_1 = \frac{x_1 - \mu_1}{\rho_1}, u_2 = \frac{x_2 - \mu_2}{\rho_2}$$

$$x_1, x_2 : \text{변수, } V : \text{분산, } \rho : \text{상관계수}$$

2.2 마할라노비스 거리 계산 및 식별능력 확인

음질평가를 위한 정상그룹과 MD 값을 Table.1 에 나타내었다.

Table.1 The characteristic data of reference group

No.	SPL(C)	Loudness(Sone)	Sharpness(acum)	Roughness(asper)	Fluctuation(vacil)	Amoy-ance	Lou d	No.	MD
1	77.4	7.47	0.435	0.637	0.0334	5.0	3.6	1	1.1873
2	77.9	7.55	0.437	0.635	0.0333	5.1	3.8	2	1.2355
3	79.1	8.05	0.444	0.659	0.0334	5.2	4.3	3	1.1507
4	78.7	7.97	0.443	0.661	0.0335	5.0	4.2	4	1.5296

비정상 그룹의 식별능력을 확인하기 위해 정상그룹의 MD 를 계산하는 방법과 마찬가지로 MD 값을 계산하였다. Table.2 는 비정상 그룹의 특성인자 별 측정값과 MD 를 나타내고 있다.

Table.2 The standardization of values

SPL(C)	Loudness(Sone)	Sharpness(acum)	Roughness(asper)	Fluctuation(vacil)	Amoy-ance	Lou d	MD
81.5	10.4	1.32	1.09	0.0474	4.3	4.6	31

† 교신저자; 한양대학교 기계공학부

E-mail : jeoh@hanyang.ac.kr

Tel : (02) 2220-0452, Fax : (02) 2299-3153

* 한양대학교 기계공학과

** 호원대학교 자동차기계공학과

2.3 음질 영향도 주효과 분석

실험 결과에 대하여 목적 주파수 별 음압 레벨 감소에 따라 음질인자의 특성이 어떠한 경향을 나타내는지 분석하기 위해 주효과 분석을 실시하였다.

MD의 망소 특성으로 Fig.1 과 같이 목적 주파수에 따른 주효과 결과 그래프를 나타내었다.

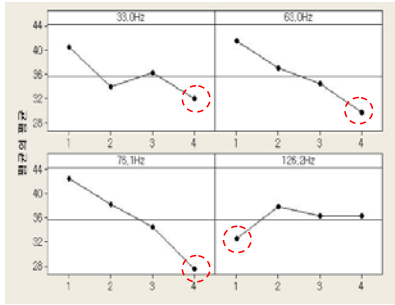


Fig.1 The main effect for mean of MD

주효과 분석 결과를 바탕으로 최적의 가상음원을 제작하여 마할라노비스 음질 지수의 변화를 다음과 같이 나타내었다.

Table.3 The predicted MD of the optimal sound

SPL(C)	Loudness(Sone)	Sharpness(acum)	Roughness(asper)	Fluctuation(vacil)	Amoy-ance	Lou d	M D
78.2	8.7	0.875	0.801	0.0126	4.1	4.2	7

음질 지수가 상당히 향상된 결과를 바탕으로 steel belt 타이어의 내부 구조를 변경한다면 음질 개선을 기대할 수 있다.

3. 구조 변경에 따른 음질 개선 검증

3.1 음질 개선을 위한 타이어 제작

음질 개선을 위해 기존의 steel belt 대신 내부 재질을 wrap 소재를 사용하였다. Wrap Type은 open 형태, Edge 형태로 구분하였다.

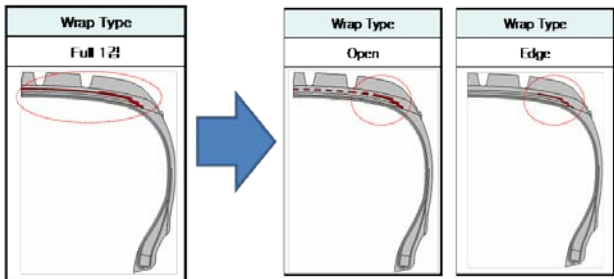


Fig.2 The tire construction of the wrap type

3.2 음질 개선의 검증

Wrap type 타이어를 장착하고 측정된 실내 음압을 이용하여 마할라노비스 음질 인덱스에 적용한 결

과를 Table.4에 정리하였다.

Table.4 The predicted MD according to the tire type

	SPL(C)	Loudness(Sone)	Sharpness(acum)	Roughness(asper)	Fluctuation(vacil)	Amoy-ance	Lou d	M D
Wrap open	79.0	8.5	0.66	0.765	0.0334	5.2	4.3	14
Wrap edge	78.9	8.2	0.59	0.704	0.0335	5.0	4.1	11

MD 음질 지수는 Wrap type을 open한 것보다 edge형상으로 제작한 타이어를 장착했을 때 더 좋은 음질 지수를 나타내었다. 또한, Wrap edge형상으로 제작한 타이어가 집중 하중 및 내구성을 향상시킬 수 있고, 제작 비용 측면에서도 우수한 특성을 나타내었다. 최초 Steel belt 장착 시 31이었던 음질 지수를 Virtual simulation을 통해 최적 음원을 적용한 결과 MD 지수가 7까지 향상되었다. 타이어 구조 변경을 통해 음질 지수를 11과 14로 향상하였으나, 최적 가상 음원 대비 실제 음원의 음질 지수가 나쁘게 나타났다. 이는 실험 오차 등 잡음의 영향으로 시뮬레이션 음질 지수보다 나쁘게 나타난 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- (1) 마할라노비스 지수를 이용한 주행 중 차량 실내 소음의 음질인덱스 구축하여 정상그룹 대비 Steel belt Tire 장착 차량의 식별능력 확인
- (2) Virtual simulation을 통해 가상 음원을 제작하여 음질 영향도를 분석하고, 최적 음원을 도출하여 음질 지수 향상을 검증하였다.
- (3) Wrap type의 타이어 구조 변경을 통한 음질 개선 및 음질 인덱스의 타당성을 검증하였다.

참고문헌

- (1) M. Blommer, A. Eden and S. Amman, 2005, "Sound Quality Metric Development and Application for Impulsive Engine Noise", SAE 2005 Noise and Vibration Conference and Exhibition, 2005-01-2482.
- (2) C. H. Cho, T. W. Kim and J. E. Oh, 1995, "A study on the characteristics analysis of transmission path for vibration/noise of automobile", Annual autumn conference of the KSAE, pp. 365~371.
- (3) S. G. Park, J. E. Oh, 2007, "Transfer Path Analysis and Interior Noise Estimation of the Road Noise Using Multi-dimensional Spectral Analysis Method", Transaction of the KSNVE, Vol. 18, No. 11, pp.1206.