한국소음진동공학회 2002년도 춘계학술대회논문집, pp. 1157~1160.

승용차 풍절음의 주관평가와 객관인자의 상관관계 분석

Correlation of the subjective feeling and the objective value for Wind Noise of Passenger Cars

박동철 · 이강덕 · 정승균*

Dong Chul Park, Kang Duck Lee and Seung Gyoon Jung

Key Words : Wind Noise (풍절음), Sound Quality(음질), Jury Test (주관평가)

ABSTRACT

This paper describes an investigative study for Wind Noise of Passenger Cars. Using statistical method of analyzing jury preference data, we extract important sound quality metrics for subjective feeling and also find important frequency band. It will be helpful for development of wind Noise improvement.

1. 서 론

차량의 고급화 및 저소음화 추세와 함께 감성적은 측면에서의 NVH 개발이 요구되고 있다. 일반적으로 소음개발에 사용되는 음압레벨이 모든 소음특성을 대변해 주지 못한다. 특히 풍절음과 같이 고주파소음이 많이 포함하고 있는 경우에는 음압레벨이 잘못된 판단을 주는 경우가 있다. 본 연구에서는 승용차에서 발생하는 풍절음의 주관평가결과와 객관인자(Sound Quality Metrics)를 분석하여 감성에 기여하는 인자를 추출하여 풍절음 개선에 활용코자 하였다.

2. 본 론

2.1 연구 방법

차량 소음을 개발시에 판단의 기준이 되는 요소를 추출하기 위하여 가장 보편적으로 사용하는 방법은 특정한 소음을 듣고서 그 해당하는 느낌을 점수로 표현하고 그 점수와 가장 밀접한 관계를 갖는 요소를 추출하는 방법이다.

본 연구는 중형 세단형 차량 5 대의 풍절음을 대상으로 수행되었으며 다음의 과정으로 진행되었다.

-실차풍동에서 풍절음 측정
-청음평가
-통계분석
-객관인자(Sound Quality Metrics) 추출
-객관인자와 주관평가 결과 분석

2.2 풍절음 측정

주관평가를 실시하기 위한 풍절음 측정은 다음의 조건을 사용하였다.

측정장소 : 현대자동차 무향 풍동
측정장치 : Headacoustics 사 Dummy Head
측정속도 : 110kph(Yaw angle 0 도)
측정위치 : 운전석

2.3 청음평가

청음평가를 위한 방법으로는 크게 Pair comparison 법, Rating 법, Ranking 법 등이 있다. 각각의 방법은 서로 장단점이 있는데 본 연구에서는 이들 방법의 장점을 살려서 개발된 방법을 사용하였다. 이 방법은 Ricardo 사에서 개발된 것으로 Rating 과 Ranking 법의 혼합형으로 청음횟수의 제한이 없고 대상소음의 비교에 제한이 없으므로 높은 정확도를 얻을 수 있다. 청음평가를 위한 녹음된 풍절음 재생은 Fig. 1 에서 보는 바와 같이 Headacoustics 사에서 나온 Headphone Playback system 을 이용하였다. Fig. 2 는 청음평가에 사용된 Program 의 주요화면을 보여준다. Sound A,B,,E 보턴을 누르면 해당 풍절음이 재생되고 슬파이드바를 이용하여 점수를 부여한다. 하단의 순서재밸열 보턴을 수행하여 높은 점수 순서로 각 소리를 정렬 후 각 소리간의 Ranking 을 확인하여 최종적인 값을 결정하는 방

* 현대자동차 남양연구소 기능시험 2 팀
dc.park@hyundai-motor.com
Tel : (031) 369-5683, Fax : (031) 369-5699

식이다. 또한 프로그램에서 평가결과에 대한 통계분석을 수행한다. 신뢰구간표시, 전체의견에 대한 각 개인의 의견사이의 상관도를 계산하며 Principle Component Analysis 를 수행할 수 있다.

Fig. 1 청음평가 장면

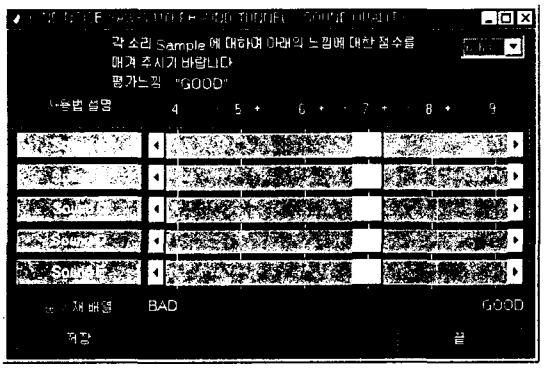

Fig. 2 자동화된 Playback & Data 수집 Program

평가기준은 SAE Jury Test 10 점법을 기준으로 수행하였다. 즉 6 점은 불만수준 7 점은 양호, 8 점은 우수 수준이다. Program 상에서는 풍절음의 좋은 정도를 4~9 점 사이의 점수로 선택하게 하였다. 평가 집단으로 NVH 전문가 20 명이 선택되었다.

2.4 통계분석

전체 평균과 신뢰구간을 계산하였으며 전체의견과 개인 의견의 상관성을 확인하여 일부 평가자의 의견을 제외하는 방법(전체의견과 개인의견의 상관도 60%미만인 개인은 분석에서 제외함)을 통하여 수집된 DATA 의 신뢰도를 높였다. 일반적으로 80~90% 정도의 전체의견과의 상관도를 가짐으로 본 청음 평가는 상관도가 높은 편이었다.

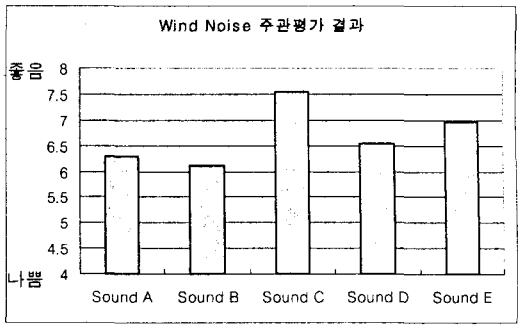

Fig. 3 주관평가 결과

2.5 객관인자 분석

청음평가에 사용된 DATA 를 기준으로 여러가지 객관 인자를 추출하여 주관평가의 결과와의 상관도를 살펴보았다. 계산된 객관인자는 Sound Quality metrics, Time related metrics, 1/3 octave band level 이며 LMS 사의 CADA-X SQ-mon 에서 계산되었다.

Table 1. 시험차량의 주요 Sound Quality Metrics

차종	주관평가	Sound Pressure Level			Zwicker	Sharpness
		dB(LIN)	dB(A)	dB(C)	sone	acum
Sound A	6.3	104.8	67.5	84.7	23.8	1.00
Sound B	6.1	106.3	67.3	82.6	24.3	1.02
Sound C	7.5	109.1	65.2	83.5	20.5	0.98
Sound D	6.5	106.8	66.2	85.5	23.1	1.06
Sound E	7.0	106.1	66.1	84.1	22.3	1.01
상관도	-1.00	-0.802	0.936	0.040	0.996	0.489

차종	주관평가	Roughness vacil	Fluct. strength	AI	SIL	PSIL
Sound A	6.3	0.049	0.68	0.64	54.5	57.4
Sound B	6.1	0.052	0.53	0.60	55.7	58.9
Sound C	7.5	0.033	0.75	0.75	51.3	54.2
Sound D	6.5	0.063	0.57	0.62	55.1	58.6
Sound E	7.0	0.051	0.49	0.67	53.7	57.0
상관도	-1.00	0.691	-0.408	-0.938	0.945	0.907

풍절음은 주관평가 결과와 Zwicker 의 Loudness(sone)와 가장 높은 상관도를 가지고 있었다. 또한 고주파특성을 표현하는 AI, SIL 등과도 높은 상관도를 가지고 있었다. Time related metrics 의 상관도를 확인한 결과 풍절음이 연속음인 관계로 인하여 낮은 상관도로 나타났다.

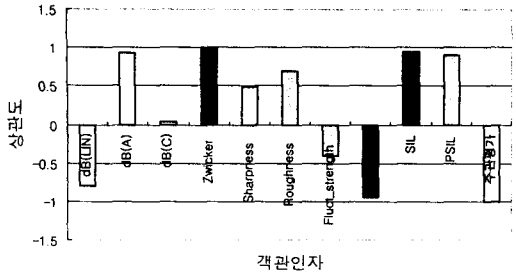

Fig. 4 Sound Quality metrics 와 주관평가 상관도

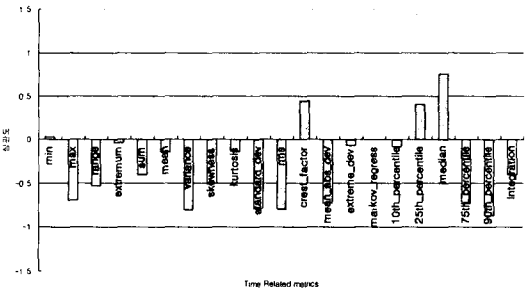

Fig. 5 Time Related metrics 와 주관평가 상관도

2.6 1/3 Oatave 분석에 의한 주파수 대역과 주관평가 상관도 분석

시험차량의 풍절음을 1/3 Octave band 분석을 수행하여 각 Band 의 값과 주관평가 결과와의 상관도를 파악하여 중요한 4 개의 주파수밴드 구간으로 분류하였다. 즉 31.5Hz ~ 40Hz band 구간의 Ls 로, 50Hz ~ 160Hz band 구간을 Ll 로 200Hz ~ 630Hz band 구간을 Lm 로, 800Hz ~ 1.6kHz band 구간을 Lh 로, 2kHz ~ 10kHz band 구간을 Leh 로 정의하였다.

$$Ls = 10\log(10^{L31.5/10} + 10^{L40/10})$$

: 31.5~40Hz

$$Ll = 10\log(10^{L50/10} + 10^{L63/10} + 10^{L80/10} + 10^{L100/10} + 10^{L125/10} + 10^{L160/10})$$

: 50~160Hz

$$Lm = 10\log(10^{L200/10} + 10^{L250/10} + 10^{L312/10} + 10^{L400/10} + 10^{L500/10} + 10^{L630/10})$$

: 200~630Hz

$$Lh = 10\log(10^{L800/10} + 10^{L1K/10} + 10^{L1.25K/10} + 10^{L16K/10})$$

: 800~1.6kHz

$$Leh = 10\log(10^{L2K/10} + 10^{L2.5K/10} + 10^{L4K/10} + 10^{L6.3K/10} + 10^{L8K/10} + 10^{L10K/10})$$

: 2k ~ 10kHz

Fig. 6 평가차량의 1/3 Octave band 분석결과

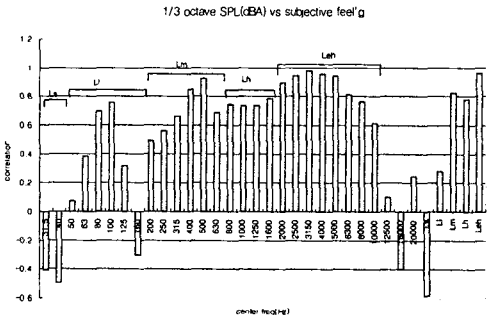

Fig. 7 1/3 Octave band 와 주관평가의 상관도

풍절음의 1/3 Octave band SPL 에서 가장 큰 기여를 하는 band 는 200~ 630Hz 대역(Lm)이지만 주관평가와의 Correlation 은 82%로 2kHz ~10kHz 대역(Leh)의 96%에 비해서는 낮은 편이다.
효과적인 풍절음 개선을 위해서는 개선을 위해서 감성적인 측면에서 가장 많은 영향을 주는 주파수 Band 인 2kHz ~ 10kHz 의 대역의 개선 및 Tuning 이 요구된다.

3. 결 론

- 중형 세단형 차량을 대상으로 풍절음의 음질개선을 위한 선행작업으로 주관평가에 미치는 객관인자의 상관관계를 분석하였다.
- 실차풍동에서 측정한 110kHz 풍절음과 주간평가와 가장 높은 상관도를 가지는 인자는 Zwicker 의 loudness 로 99.6%의 상관도를 가짐. 두번째는 AI 값으로 93.8% 상관도를 가지고 있었다. 감성적인 측면에서의 개발을 위해서는 이 두 인자의 개선이 필요하다.
- 1/3 octave band 해석 결과 2kHz ~ 10kH 대역의 소음이 감성적인 측면에서 중요한 기여를 하였고, 효과적인 풍절음 개선을 위하여 4 개의 Banded Sound Pressure Level 을 새로이 정의하였다.
- 본 연구에서는 풍절음 개발시 표준적으로 사용되는 조건에서 진행되었다. 향후 연구로 다양한 속도 변화와 Yaw Angle 변화에 따른 영향을 파악코자 한다.

참고문헌

(1) N. Otto, S.Amman, C.Easton and S. Lake, 1999,"Guidelines for Jury Evaluations of Automotive Sounds", Proc. Of the 1999 Noise and Vibration Conference, pp.1315~1334

(2) R M S Maunder, 1998, "An interactive subjective assessment method for recorded sound", ImechE 1998, pp. 345~354

(3) LMS CADA-X SQ-MON USERS GUIDE

(4) Headacoustics AtrmiS USERS GUIDE