

차량실내에서 음성출력장치의 소음비교특성에 관한 연구

한 영 출^{*1)} · 김 대 열²⁾ · 오 상 기²⁾

국민대학교 기계자동차공학부^{*1)} · 국민대학교 자동차공학전문대학원²⁾

A Study on the Characteristics of Noise Comparison in Voice Warning System in the automobile indoors

Young-Chool Han^{*1)} · Dae-Yeol Kim²⁾ · Sang-ki Oh²⁾

^{*1,2)}Graduate School of Automotive Engineering, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea
(Received 10 June 2002 / Accepted 16 January 2003)

Abstract : The object of this article is to study the plausibility of applying human voice warning system to automobiles. Human voice is considered the best tool for warning system in automobiles. For the purpose of comprehending the specific characteristics of relation between noises and properties of the automobiles indoors and voice warning system, researcher performed FRF test in order to examine the characteristics of voice output, and FEM simulation to learn the specific properties of the car indoors. And, furthermore, surveyed the quality of voice output, using the written inquiry to examine members. The result of the study shows that it is much possible to apply voice warning system to automobiles.

Key words : Voice warning system(음성출력장치), Force response frequency(주파수 응답함수), Finite element method(유한요소법), Acoustic mode(음향모드), Booming(부밍소음)

1. 서론

음성은 자연스럽고 확실한 정보통신 수단이라 할 수 있으며, 인간과 기계의 음성을 이용한 인터페이스가 이루어진다면 인간에게 더욱 효과적인 기계가 될 것이다. 차실 내는 좁으면서도 복잡한 형상을 하고 있어 공간음향특성에 의한 주파수 별로 음의 응답수준이 일정치 않게 되는 음향모드 등이 발생하여 음성청취에 영향을 주게 된다. 또한 자동차 내부에는 항상 엔진 소음 등에 의한 부가잡음이 발생하여 저하된 음을 듣게 된다. 자동차가 점점 고급화되는 결과를 이용하여 음성출력 장치와 차실 내의로

서 차실 소음 및 차체 진동의 저감에 대한 연구의 필요성이 증대되고 있으며, 이와 관련된 문제로 소음원의 규명, 소음전달특성, 그리고 차실의 음향 특성에 관한 많은 연구가 진행되어져 왔다. 본 논문은 자동차의 음성출력장치에 관한 것으로 차실 내의 공간특성을 고려한 소음과의 관계를 연구, 실험하였다. 실험과 유한요소해석을 통해 차실 내의 음향모드를 측정하여 고유모드를 규명하고, 이리소음과 진동간의 특성을 규명하여 차체 고유진동수와 차실의 고유진동수가 근접하게 될 때 일어나는 부밍 소음의 특성을 고찰하였다. 또한 주행 중에 자동차의 속도와 잡음에 따른 음성출력장치의 출력을 Scheff의 주관평가법을 통해 평가하여 음성정보의 인식 정도에 관한 실험을 하였다.

* To whom correspondence should be addressed.
hanyc@kookmin.ac.kr

2. 실험 장치 및 방법

2.1 실험장치

본 실험에서는 모든 각도로부터 동시에 도착하는 신호에 똑같이 응답할 수 있도록 설계된 랜덤 입사형 마이크로폰(브뤼엘&케이사)과 마이크로폰으로 들어오는 음압을 귀에 들리는 음압으로 전환하는 A-weighting을 위한 보정기, 엔진의 회전수를 측정하기 위한 타코메타(SE-1520, ONO_SOKKI)를 이용하여 국내시판중인 2,500cc급의 고급승용차의 차실에서 소음과 음성출력장치의 신호를 엔진 Sweep 시 rpm별로 CADA-X 3.5를 사용하여 데이터를 취득하였으며, Cavity Mode를 측정하기 위하여 SYSNOISE 프로그램을 사용하였다. Table 1은 실험 차량의 사양을 나타내고 있으며, Fig. 1은 실험장치의 개략도를 나타내고 있다.

Table 1 The specification of the test automobile

Over all length	4,865 (mm)
Indoors	2,030(mm)
Over all width	1,825 (mm)
Indoors	1.495(mm)
Over all height	1,420 (mm)
Indoors	1,540(mm)
E/G type	V6 DOHC
Displacement	2493(cc)
Max. Power	180/ 6200 (ps/rpm)
Max. Torque	23.4/4000 (kg.m/rmp)

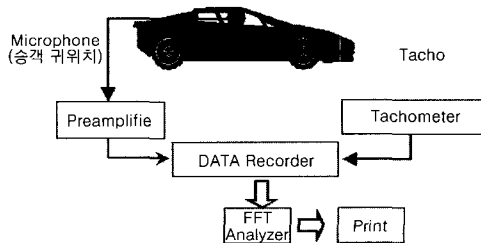


Fig. 1 Schematic diagram of experimental measuring apparatus

2.2 실험방법

2.2.1 소음과 음성출력장치의 특성

Fig. 2와 같이 구성된 스피커에 의한 랜덤가진 실험상태로부터 마이크로폰을 운전석과 뒷좌석을 번갈아 이동하면서 주파수응답함수를 측정하였다. 주변 소음이 낮은 곳 (암소음 35dB 이하)에 차량을 정

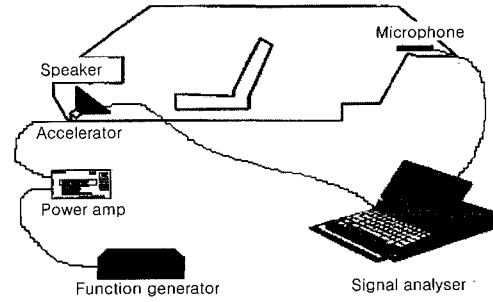


Fig. 2 Figure of experimental setting

차시키고 엔진은 충분히 가열된 상태(냉각수, 온도로 확인)에서 전장품(Lamp, Audio 등) 및 Air Conditioner를 끄고 변속레버를 중립단에 위치시킨 후 공회전에서 5000rpm까지 일정속도로 엔진 회전수를 상승시키며 운전석 및 뒷좌석 승객 귀 위치에서 측정하였다.

2.2.2 차실의 공간 특성

유한요소해석을 통해 차실 내의 음향모드를 추정하여 고유모드를 규명하고 이러한 결과를 이용하여 차실 내의 소음과 진동에 능동적으로 대응할 수 있다. 대상 차량의 차실 음향모드를 해석한 결과와 실험데이터를 비교하기 위해 차실 내부를 삼차원 모델링하여 유한요소 삼차원 모델의 해석 Tool인 Sysnoise의 음향모드 모듈을 이용하여 음향모드를 추정하였다. 실험 대상 차량의 차실 내부를 2개의 단면(횡방향 절면, 종방향 절면)으로 나누어 이 단면의 모드분석을 통해 Fig. 3과 같이 차실 음향모드를 추정하였다.

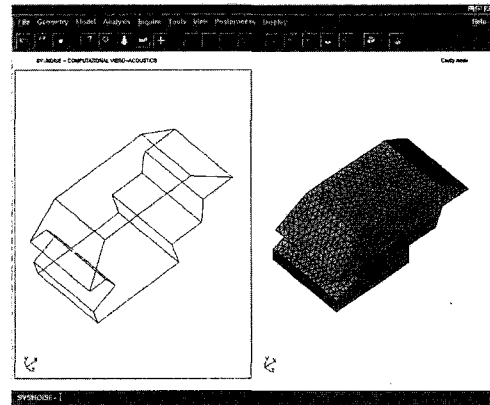


Fig. 3 Grid of simulation model

3. 실험결과 및 고찰

3.1 소음과 음성출력장치의 특성

본 실험은 차량 내에서 차량소음과 음성출력장치의 음성신호를 엔진 회전수에 따른 주파수별 음압의 특성을 나타낸 것이다. Fig. 4~Fig. 13까지는 2.2.1의 소음과 음성출력장치의 각 주파수 대역에서의 음압을 측정된 결과이다.

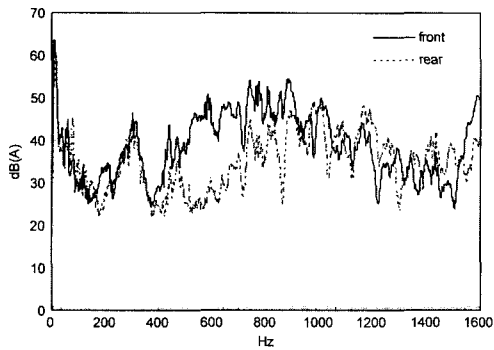


Fig. 4 Result of voice output(volume 1)

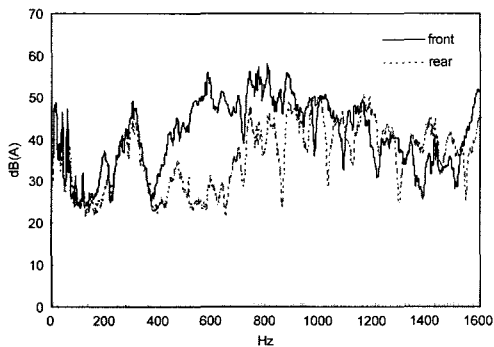


Fig. 5 Result of voice output(volume 2)

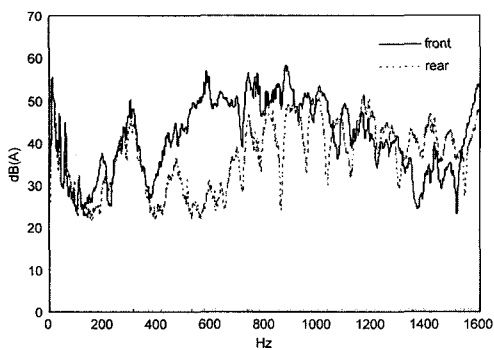


Fig. 6 Result of voice output(volume 3)

Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6은 운전자의 귀 위치(C)와 뒷좌석 승객의 귀 위치(D)에서의 소음을 음성출력장치의 볼륨 1, 2, 3 인 상태에서 측정된 결과로 가정에서의 평균소음 40dB수준에서 일상대화의 60dB, 음악을 감상하는 수준의 소음 85dB 정도의 소음강도이며, 400 ~ 600Hz인 중·저주파수 지역에만 (C)와 (D)의 차이가 있을 뿐 나머지 주파수 대에는 거의 같

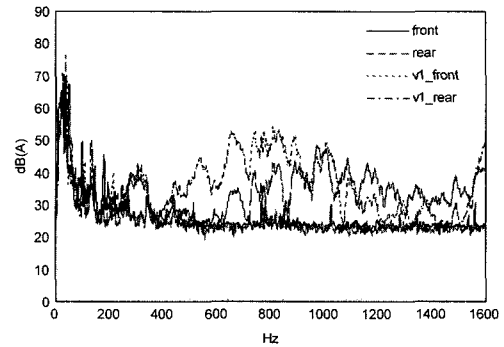


Fig. 7 Result of noise level and voice output (rpm : Idle, vol : 1)

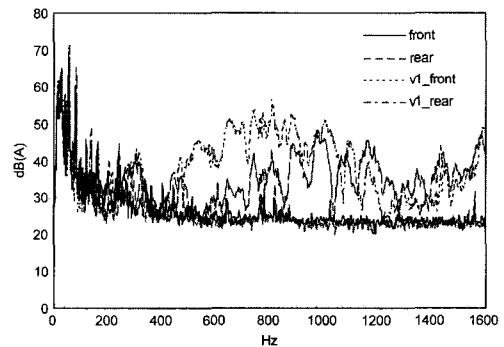


Fig. 8 Result of noise level and voice output(rpm : 1500, vol : 1)

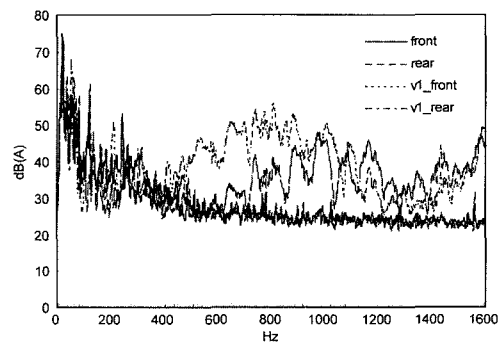


Fig. 9 Result of noise level and voice output(rpm : 2000, vol : 1)

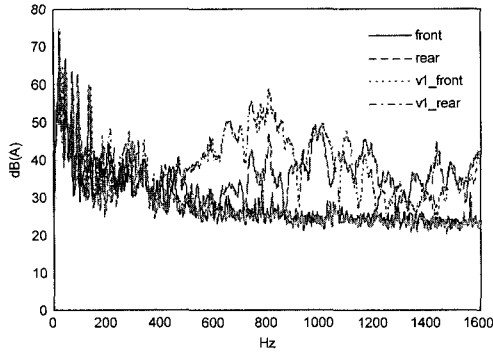


Fig. 10 Result of noise level and voice output (rpm : 2500, vol : 1)

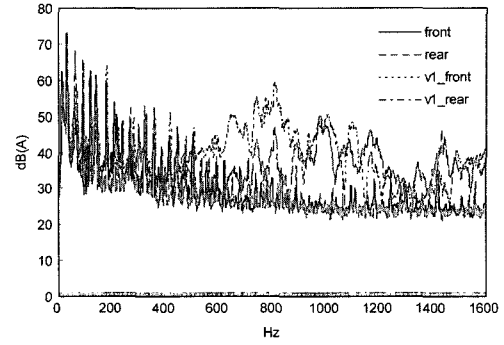


Fig. 12 Result of noise level and voice output (rpm : 3500, vol : 1)

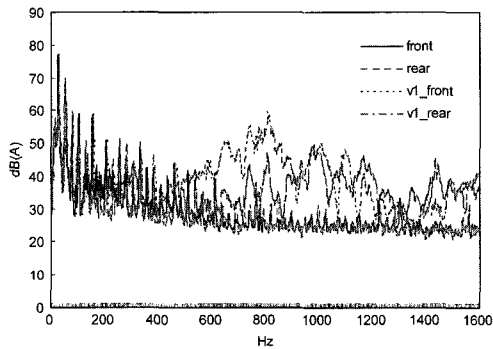


Fig. 11 Result of noise level and voice output (rpm : 3000, vol : 1)

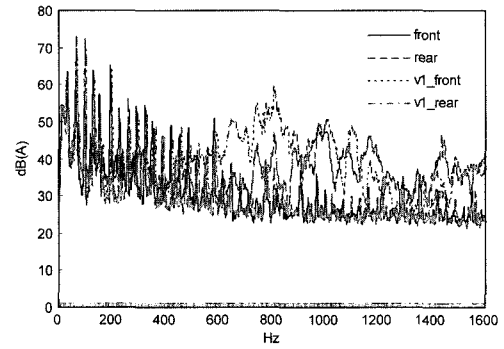


Fig. 13 Result of noise level and voice output (rpm : 4000, vol : 1)

음을 알 수 있다. Fig. 7 ~ Fig. 13까지는 공회전 상태, 1500~4000rpm 까지 500rpm 씩 증가시키면서 차량 실내소음(A)과 음성출력 + 차량 실내소음과 혼합된 소음(B)의 두가지 경우에 대하여, 운전자의 귀 위치(C)와 뒷좌석 승객의 귀 위치(D)의 소음 측정 결과로, CA는 운전자 귀 위치에서의 차량 실내소음, CB는 운전자 귀 위치에서의 음성출력 + 차량 실내소음, DA는 뒷좌석 승객 위치에서의 차량 실내소음, DB는 뒷좌석 승객 위치에서의 음성출력 + 차량 실내소음의 측정 데이터이다.

Fig. 7~Fig. 13에서 CA, CB의 데이터는 저주파수 대역에서 60~75dB을 중, 고주파수 대역에서 20~30dB로 차량의 실내소음은 대체로 조용한 수준이며, Fig. 4~Fig. 6의 음성출력신호는 주로 중·고주파수 대역에서 40~60dB 수준이므로 음성출력 신호를 인식하는데 무리가 없는 것을 확인할 수 있으며, Fig. 7~ Fig. 13의 CA, CB의 음성출력 + 실내소

음에서 rpm이 상승함에 따라 중 주파수 대역의 소음 강도는 상승함을 보이고 있으나 어느 것도 80dB를 넘지 않으므로 시끄러움을 느끼지 않음을 알 수 있다.

3.2 차실의 공간 특성

본 실험은 측정된 주파수 응답함수 데이터를 근거로 모드분석을 수행하였고 분석도구로는 LMS CADA-X의 Modal Analysis Module을 이용하였다. 측정된 주파수 응답함수를 모두 합한 FRF Sum을 이용하여 Stabilization Diagram을 구하고 유한요소해석결과를 바탕으로 음향모드를 추정하였다. Fig. 14~Fig. 19는 차실 내의 음향모드를 추정한 시뮬레이션으로서 각 모드에서의 차실내의 고유진동수 특성을 나타내고 있다. 각 모드는 61~143Hz 사이의 낮은 주파수로 소음에 상당히 영향을 나타내고 있지만, 2.2.2의 실험 데이터를 고려할 때 차량소음과 음성출력은 800Hz 대역에서 큰 특성을 보이므로 저

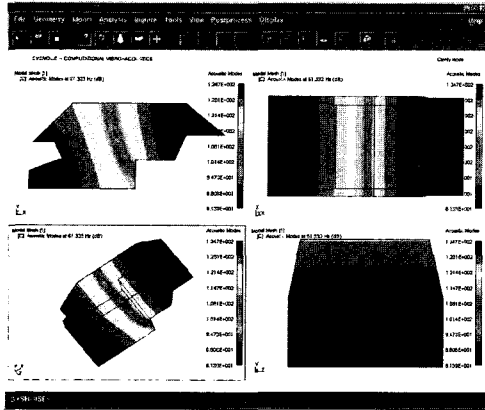


Fig. 14 FEM : 1st mode(61.333Hz)

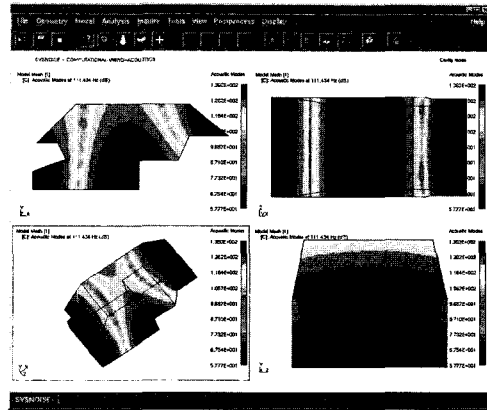


Fig. 17 FEM : 4th mode(111.434Hz)

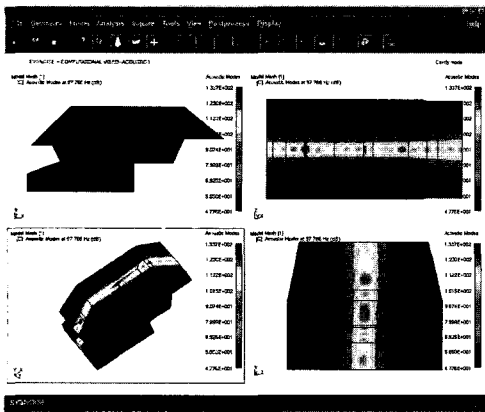


Fig. 15 FEM : 2nd mode(97.766Hz)

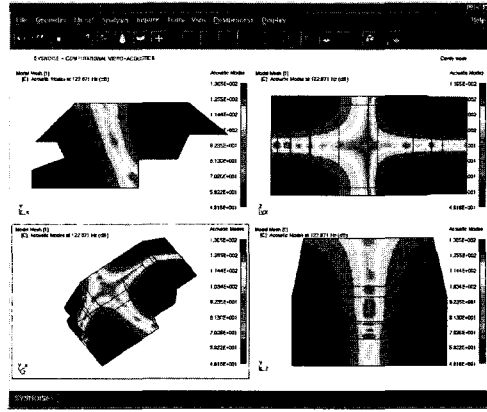


Fig. 18 FEM : 5th mode(122.871Hz)

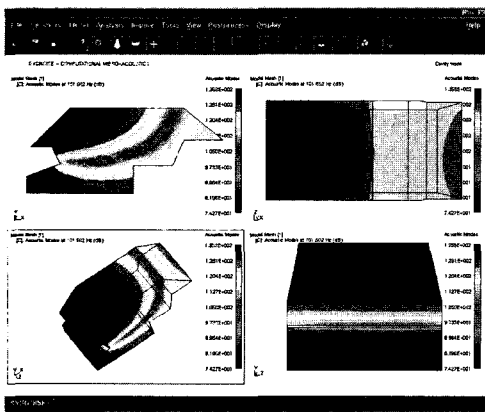


Fig. 16 FEM : 3rd mode(101.692Hz)

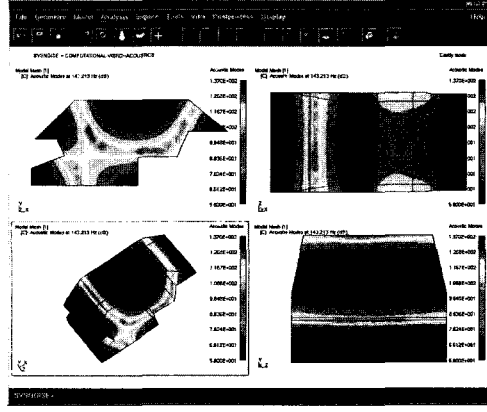


Fig. 19 FEM : 6th mode(143.213Hz)

주파수 대역에서의 차량 공간 특성은 음성출력 장치의 출력과 공진하여 booming 노이즈를 만들어 내지 않을 것을 알 수 있다.

3.3 주행 중 출력음성의 청취도

주행 중에 자동차의 속도와 잡음에 따른 음성출력장치의 음성을 개인의 주관적 평가법을 통해 평

가하여 음성정보의 청취도를 경험적 방법으로 평가하였다. Scheffe'의 7점법을 사용하여 샘플 대해 사람들이 선호하는 순서를 찾는 방법을 제안하였다. 임의의 2개의 샘플을 A₁과 A₂라 하고, 평가자에게 A₁과 A₂을 들려주어 다음과 같이 점수를 평가자들이 선택하도록 하였다. Table 2는 평가자에 대한 실험결과표이다. n개의 샘플을 2개씩 쌍으로 나누어 m명의 평가자들에게 비교시킬 때에 샘플 쌍들의 수는 $\frac{1}{2}n(n-1)$ 이다. 여기서 A₁은 음성 칩으로부터 저장된 음성을 차량의 속도에 따른 차량 잡음에 의해 잘 안 들리는 것을 감안해 볼륨을 올린 음성과 차량잡음과 혼합된 샘플 음원이고, A₂는 본래 음성 칩으로부터 저장된 음성을 차량잡음과 혼합된 샘플 음원이었다. 비교할 때 전체 샘플을 평가의 정확성이 떨어지지 않게 무질서하게 배열하여 들려주었다. 본절은 실험과 시뮬레이션에 의한 정량적 평가와 실제 사람이 느끼는 정도를 직접 비교하기 위하여 표본 집단을 선정하여 음성인식 정도를 경험적으로 측정하는 것이다. 비교할 전체 샘플의 쌍들은 5*4/2=10개하였고, 참여인원은 10명이었다.

Fig. 20은 평가자들로부터 샘플을 들어보고 A₁ 볼륨 올린 것이 평가자 B, D, F, G가 Table 2에 나타

Table 2 Jury test result for 10 persons

+3	A ₁ is most better than A ₂
+2	A ₁ is more better than A ₂
+1	A ₁ is better than A ₂ .
0	A ₁ is same A ₂ .
-1	A ₁ is worse than A ₂
-2	A ₁ is more worse than A ₂
-3	A ₁ is most worse than A ₂

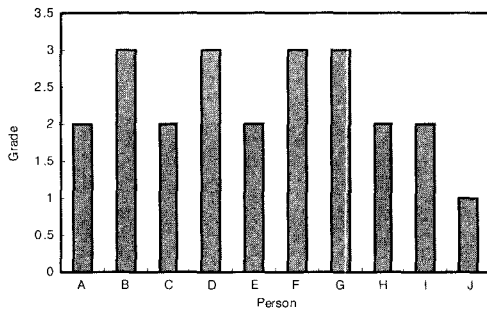


Fig. 20 Result of 7 point method of Scheffe

난 것과 같이 주어진 점수가 높은 것으로 평가되어 잘 들리는 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구는 실험과 유한요소해석을 통한 음향모드 시뮬레이션에 의한 정량적 평가와 실제 사람이 느끼는 정도를 직접 비교하기 위하여 표본 집단을 선정하여 음성인식 정도를 경험적으로 측정하는 것으로 차실 내의 소음 정도와 음성출력 장치의 운전자와 승객의 청취 여부를 정량적 데이터로 나타내었으며, 차 실내의 공간 특성을 시뮬레이션하여 음성출력장치와의 공진에 의한 booming 노이즈의 특성을 고려하였다. 또한 정상적인 청취도를 10명의 표본 집단을 통하여 확인하여 실험데이터와 사람의 감각을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 차량의 소음은 저 주파수 주파수성분을 음성출력 장치는 중, 고 주파수 주파수성분을 주로 가지므로 음성출력 장치의 신호를 청취하는데 지장이 없다.

2) 차량의 소음과 음성출력장치의 출력에 의한 소음특성은 어떠한 경우에도 80dB를 넘지 않았으며, 이는 사람이 대화 및 음악을 듣는 정도의 소음으로 시끄럽게 느끼지 않는다.

3) 차 실내의 공간은 150Hz 아래에서 주요 음향모드의 영향을 받으며, 음성출력 신호는 1200Hz와 1600Hz의 주파수성분을 가지므로 음성출력 장치의 출력에 의한 차 실내의 부밍 노이즈는 생기지 않는다.

따라서 차량에 음성 출력 장치를 적용, 사용함이 가능하며, 소음의 특성도 우수함을 확인하였으며, 추후 주행시 도로에 의한 소음과 풍절음에 의한 소음특성의 연구가 요구된다.

후 기

이 논문은 2002년도 두뇌한국 21 사업에 의하여 지원되었음.

References

1) Y. C. Han, D. J. Kim, A New Edition of Internal

- Combustion Engine, Munun-dang Press, 1997.
- 2) D. Anderton, "Origins of Reciprocating Engine Noise-Its Characteristics, Prediction, and Control," ASM to WA/DGP-3, 1970.
 - 3) D. F. Nefske, "Structural-Acoustic Finitic Element Analysis for the Automobile Passenger Compartment;A Review of Current Practice," Journal of Sound and Vibration, Vol.80, No.2, pp.147-205, 1982.
 - 4) J. W. Lee, S. H. Kim, D. C. Park, "Noise Estimation in a Passenger Compartment and Trunk Coupled System by Using the Vibro-Acoustic Reciprocity," Transactions of KSAE, Vol.9, No.6, pp.178-185, 2001.
 - 5) Y. K. Kim, B. K. Bae, Y. H. Kim, M. G. Kim, "Transfer Path Identification of Road Noise, Using Multiple Coherence Function and Relative Acceleration," Transactions of KSAE, Vol.5, No.4, pp.84-92, 1997.
 - 6) J. S. Kim, T. H. Lee, W. H. Shin, T. Y. Yang, W. G. Kim, C. Y. Lee, D. H. Youn, I. W. Cha, "Implementation of Speech Recognition System for Car Navigation," University of Yonsei, 1999.
 - 7) H. W. Ruehl, S. Dobler, J. Weith, P. Meyer, "Speech Recognition in the Noisy Car Environment," Speech Communication, Vol.10, NO.1, pp.11-12, Feb. 1991.
 - 8) S. T. Park, "A Study on the Car Audio Sound Quality Enhancement under Vehicle Noise and Its Subjective Evaluation," Noise Control Engineering Journal, Vol.18, No.8, pp.111-114, 1999.
 - 9) L. G. Lee, "Characteristics of Noise in a Car," University of Inha, 1999.