청음 평가를 이용한 자동차 OUTSIDE MIRROR 의 MIMIC 소음 개선

이정한*, 이강덕*, 정승균*
* 현대자동차 기능시험 2 팀

Reduction of Mimic Sound in Outside Mirrors Using Jury Test

Jeonghan Lee**, Kangduck Ih*
Hyundai Motor Company (trojans91@hotmail.com)

요약

차량 주행시 발생되는 소위 mimic 소음은 접이식 outside mirror의 접합부에서 발생하는 이음(異音)으로서 예민한 승객에게 지적된다. Mimic 소음은 2kHz이상의 고주파 영역에서 특정 대역에 간헐적으로 발생하는 소음이며, 시간에 대해 앙상블 에버리지를 하는 일반적인 분석 방법으로는 나타나지 않는다. 그러나 주의 깊은 청취에 의해 그 존재를 분명히 느낄 수 있으므로 다꾸찌 시험 계획법에 의거 실험 샘플을 제작하여 녹음한 뒤, 청음 평가를 통하여 개선하는 과정을 거쳤다. 분석 결과 mimic 소음은 folding gap의 폭보다는 균일도를 유지하는 것이 중요하며, gap내의 공동(空洞, cavity)을 메워 주는 것이 효과적이라는 결론을 얻었다.

1. 서론

자동차의 outside mirror는 차량 주행시 강력하고도 복잡한 공기의 흐름을 받는 부위로서 차량의 공력소음 성능에 큰 영향을 미친다. 특히 접이식 mirror의 구동을 위한 parting gap은 소위 mimic 소음이라고 하는 이음성 공력소음의 원인이 된다. 복잡한 3차원 유동과 gap 내부의 공동에 의해 발생되는 이 소음은 gap의 형상 및 mirror 장착 상태의 미세한 변화, 그리고 주행시 횡풍 조건 등에 의해 발생 유무가 결정되어 현상 규명이 어렵고, 소음 스펙트럼으로는 식별되지 않는 어려움이 있다.

본 연구에서는 mimic 소음의 발생 원인으로 추정되는 네 가지 영향인자에 대해 명확한 영향도 분석을 위해 다꾸찌 분석법을 적용하였다 [1]. 또한 스펙트럼 분석과 기타 sound metric에 의해 식별되지 않는 고주파 성분의 평가를 위해 음질 평가를 수행하였다.

2. 시험 방법

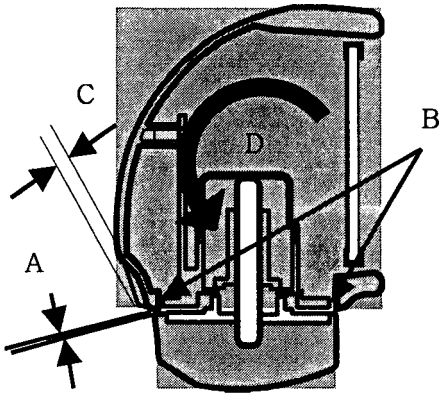


그림 1. Mimic 소음 발생의 원인으로 추정된 인자

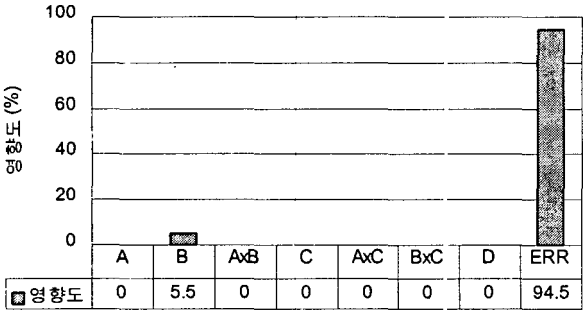
Mimic 소음의 원인으로 추정되는 네 가지 인자로는 (a) folding gap의 균일도, (b) mirror housing 과 frame 간의 gap, (c) folding gap 상하간 단차의 영향, 그리고 (d) mirror 조립과정에서 생기는 회전을 설정하였다. 이러한

인자들을 고려하여 mirror 샘플을 제작하고, 현대자동차 실차 풍동 내에서 샘플을 교체해 가며 실내음을 측정하였다. 시험조건은 110km/h이며, 바람에 대해 자동차의 받음각을 0도와 10도(조수석이 바람을 받는 방향)로 설정하여 운전석에 설치한 torso를 통해 on-line 측정하였다. 다음 표는 샘플 mirror 제작시 고려된 네 가지 인자를 가지고 내측 직교표를 작성한 것이다.

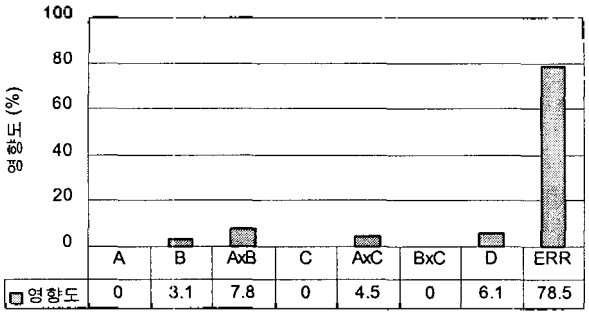
인자부호	A	B	C	D=-ABC
탐색내용	Folding gap 산포의 영향	Housing과 frame 간의 gap 영향	Folding gap 상하 간 단차의 영향	미러 조립과정의 산포 영향
수준 1 (-1)	불균일	Gap 있음	기본형상	회전
수준 2 (+1)	균일	Gap 없음	덧살추가	비회전
1	-1	-1	-1	1
2	-1	-1	1	-1
3	-1	1	-1	-1
4	-1	1	1	1
5	1	-1	-1	-1
6	1	-1	1	1
7	1	1	-1	1
8	1	1	1	-1

표 1. 다꾸찌 방법에 의한 인자의 조합표

다음으로는 Sound Pressure Level과 Zwicker Loudness를 통한 영향 인자를 분석하였다. 다음 그림은 두 가지 sound metric 을 이용하여 각 인자 별 영향도를 분석한 결과를 보여주고 있다.



(a) SPL량을 통한 각 인자 별 영향도 분석 결과



(b) Loudness량을 통한 각 인자 별영향도 분석 결과

그림 2. Sound metric량을 통한 영향인자 분석 결과

위의 그림에서 알 수 있듯이 SPL 과 Loudness 등의 metric을 이용한 최적화 결과는 모든 항목에 대해 미미하며, 나타난 차이는 시험 오차임을 말해주고 있다. 실제로 위의 계산을 토대로 얻어진 개선량은 SPL의 경우 0.04 dB, 그리고 loudness의 경우 0.06 Sone 정도이다. 따라서 이러한 metric량을 다꾸찌 방법에 적용하였을 때, 각 인자별 해상도가 매우 낮아 mimic 소음을 평가하기에 적합하지 않음을 알 수 있다. 실제로 mimic 소음은 스펙트럼 분석에도 나타나지 않을 정도로 미세한 소음이지만 민감한 운전자들에 의해 지적되는 소음 성분이다.

이러한 mimic 소음의 특성 때문에 청음평가를 실시하여 영향인자를 분석해 보고자 하였다. 평가 인원은 총 22명으로서 소음 전문가 7명과 15명의 비전문가를 구분 없이 평가토록 하였다. 앞에서도 언급했듯이 mimic 소음이 매우 미세하여 처음 청취하는 평가자가 mimic 소음을 식별해 내는 것이 쉽지 않으므로, 평가를 시작하기 이전에 각자에게 녹음된 샘플을 들려주어 mimic 소음을 구분해 낼 수 있도록 하였다. 8개의 mirror 샘플에 대해 110km/h의 주행조건을 재현해 풍동에서 녹음한 실내음을 평가, 0~10점 사이의 점수를 매기도록 하였다 (SAE 10점 Jury Testing법). 또한 횡풍이 소음에 끼치는 영향을 알아보기 위해 바람방향과 자동차가 10도의 각을 이루는 조건에서 녹음한 8개의 샘플도 아울러 평가토록 하였다. 이렇게 얻어진 평가 데이터를 회귀분석 하였다.

3. 결과

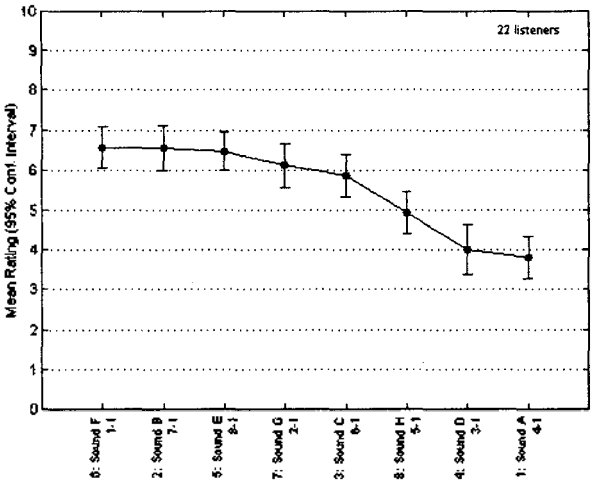


그림 3. 횡풍이 없는 경우와 음질평가 결과

횡풍이 없는 경우에 대한 22명의 평가 결과가 그림 3에 나타나 있다. 점수가 높을수록 mimic 소음이 작음을 뜻하며, 상위 3 모델의 경우에는 점수의 차이가 거의 없다. 22명의 평가자들 중 21명이 평균적인 의견과 70% 이상의 의견일치를 보였다. 이들 중 80% 이상의 의견 일치를 보인 평가자가 평가 인원의 절반인 11명이었다.

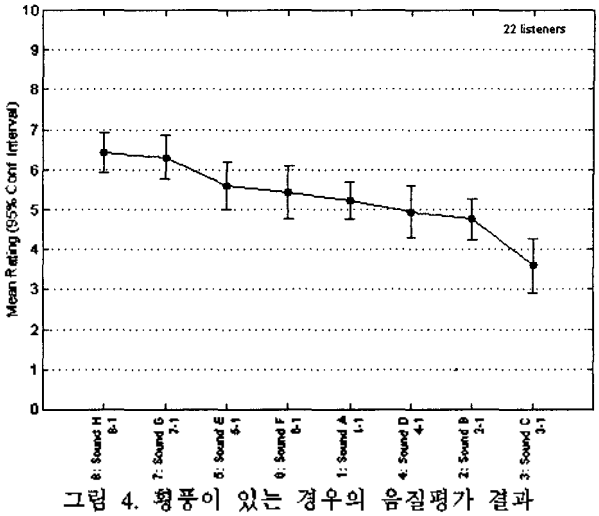
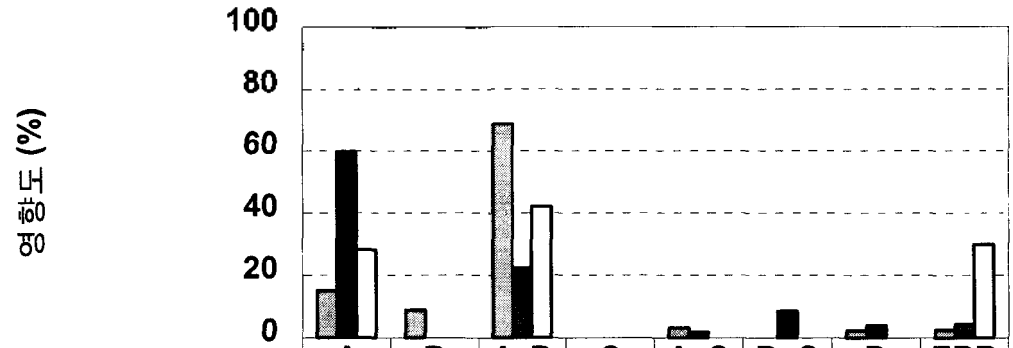


그림 4. 횡풍이 있는 경우의 음질평가 결과

그림 4는 횡풍이 있는 경우, 즉 바람에 대해 차량을 10도 비스듬히 위치시킨 경우이다. 22명의 평가자 중 14명이 전체적 의견과 70% 이상의 의견 일치를 보였고, 80% 이상의 의견 일치를 보인 안원은 11명이었다. 횡풍이 없는 조건에 비해 기타 소음이 크기 때문에 판별이 좀더 어려운 경우라 하겠다.



	A	B	AxB	C	AxC	BxC	D	ERR
YAW = 0 ONLY	15	8.7	68.5	0	3.1	0	2.3	2.5
YAW = -10 ONLY	59.7	0	22.3	0	1.7	8.4	3.8	4.2
COMBINED	28.2	0	42.1	0	0	0	0	29.8

그림 5. 영향도 분석결과

위의 그림 5는 청음평가에 의해 판별된 각 인자의 영향도를 분석하여 바 그래프로 나타낸 것이다. 우선 영향도가 가장 큰 인자는 A (folding gap 산포)와 B (frame과 housing 간의 gap)의 교호작용인 것으로 판별되었다. 횡풍이 있는 조건의 경우에는 인자 A의 영향이 가장 크며, 인자 B의 영향은 그 자체로는 작지만 인자 A와 인자 B의 교호작용에는 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 인자 C 와 D의 영향은 미미한 것으로 나타났

다.

결과적으로 mimic 소음의 개선을 위해서는 인자 A와 B에 관련된 두 가지 개선을 실시해야 함을 알 수 있다. 우선 인자 A와 관련하여 folding gap의 전체적 폭 보다는 산포를 관리하여야 함을 알 수 있다. 특히 횡풍이 있는 경우 인자 A의 영향은 매우 크다는 것을 그림 5에서 알 수 있다. 또한 교호작용의 경우 큰 영향을 미치는 인자인 frame 과 housing 간의 gap을 삭제하여야 한다. (그림 6)

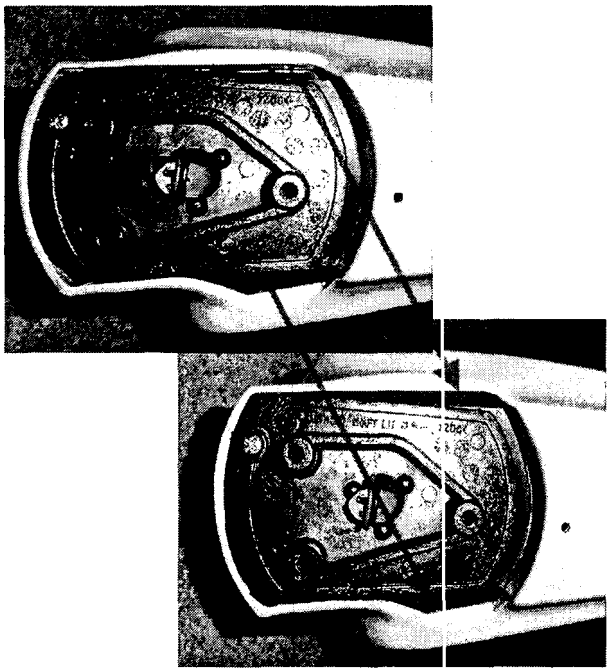


그림 6. 인자 B의 개선

청음 평가에서 얻어진 각 모델의 점수를 토대로 최적화 추론을 실시한 결과 횡풍이 없는 경우는 현사양 6.6점에서 최적화 후 6.73점, 즉 2%의 개선 효과를 얻을 수 있는 것으로 나타났다. 이 경우 최적화는 folding gap의 균일도 개선과 frame 과 housing 간의 gap을 삭제함으로써 얻을 수 있다. 횡풍이 있는 경우 (차량 yaw각이 10도) 마찬가지의 개선안을 적용하고 25%의 점수 개선을 얻을 수 있는 것으로 추정된다. 마지막으로 횡풍이 있는 경우와 없는 경우를 동시에 분석하면 현 사양 대비 9.3%의 점수 개선을 얻을 수 있을 것이다. 풍동 내부와 같이 제어된 환경이 아닌 실제 주행 조건에서는 거의 항상 횡풍이 존재한다는 사실을 상기한다면, 이러한 개선안들의 적용으로 mirror의 공력 소음 성능이 크게 향상됨을 알 수 있다.

4. 결론

일반적인 분석법으로 그 원인 및 개선 효과를 정량적으로 표현하기 어려운 간헐적 고주파 소음인 mimic 소음을 평가하기 위해 그 발생 인자를 4가지로 추정하여 다꾸찌 시험 계획법과 음질 평가법에 따라 평가하여 주요 발생 인자를 파악할 수 있었다. 본 연구에 사용된 mirror의 소음을 개선하기 위해서는 folding gap의 폭 관리 보다는 균일도 관리를 행해야 하며 함께 frame 가도부와 mirror housing간의 gap을 삭제해야 한다. 10점법을 이용한 평가의 경우 이러한 개선안 적용시 횡풍이 있는 경우 25%의 개선 효과를, 횡풍이 있는 경우와 없는 경우를 동시에 고려한 경우에는 9.3%의 점수 향상을 얻을 수 있다.

참고문헌

1. 박성현, "품질공학; 다꾸찌 방법과 통계적 공정관리를 중심으로 한", 민영사, (2000).