

차량의 실내 반사음패턴 측정기법

두세진*, 오양기**

* 동아방송대학 방송기술과, ** 목포대학교 건축공학과

Measurement of Reflection Patterns inside Automotive Cabin

Sejin Doo*, Yangki Oh**

* Dept. of Broadcast Eng., Dong-Ah Broadcasting College (sjdoo@dab-c.ac.kr)

** Dept. of Architecture, Mokpo National University (ohyangki@chungkye.mokpo.ac.kr)

요 약

근접 4 점법을 이용하면 음원으로부터 측정점까지 음파가 전달되어 오는 공간상의 반사음 패턴을 구할 수 있다. 그러나 차량과 같이 협소한 공간에서는 반사음간의 시간차가 매우 작게 되고 따라서 단지 몇 개의 초기 반사음을 제외하고는 측정이 어렵게 된다. 본 연구에서는 측정에 사용된 스피커의 특성을 역필터링하여 차실 내의 펄스 반사음 자체 특성만을 추출함으로써 좁은 공간에서도 반사음 패턴의 측정이 가능하도록 하였다. 실내 반사음 패턴은 음파의 경로를 보여 주는 것이므로 본 측정법은 차량의 실내 음향 특성 파악과 음질 개선에 중요한 도구로 활용될 수 있다.

1. 서 론

차량용 오디오의 음질은 앰프, 스피커 등의 품질에 의해서도 좌우되지만 스피커의 장착 위치 및 방향, 장착 방법, 차량 내장재 각 부위의 흡음특성 등 여러가지 요소에 의해서도 큰 영향을 받는다. 따라서 이들 요소들에 의한 음향의 변화를 파악하고 이를 바탕으로 스피커의 설치와 내장재 특성을 최적 설계하여야만 최상의 음질을 기대할 수 있을 것이다.

차량의 음향을 분석하는 데에는 RTA (Real Time Analyzer)를 이용하여 1/3 옥타브 밴드에서 평탄한 특성

을 갖도록 튜닝하는 것이 일반적으로 많이 사용되고 있으나 이 방법은 직접음과 반사음을 구분하지 않고 청취 위치에 도달하는 음파의 에너지를 전 대역에 걸쳐 일정하게 조절하며, 음파의 도달방향을 고려하지 않기 때문에 좌우 귀에 도달하는 음의 조정 등 보다 세밀한 음질 튜닝에는 한계를 갖게 된다.

건축물의 음향을 평가하기 위하여 사용되는 근접 4 점법[1]은 음파의 방향과 크기를 3 차원으로 측정할 수 있기 때문에 보다 다양하고 정확한 정보를 가지고 있다고 할 수 있다. 이 방법을 이용하여 건축물의 음향특성을 측정 한 결과는 현장 음장의 재생에도 사용할 수 있게 되므로 Yamaha 를 비롯한 서라운드 음장 재생 시스템에 적용하여 상품화되어 있다.

본 연구에서는 근접 4 점법을 이용하여 차량의 반사음 패턴을 구하여 차량용 오디오의 음질 개선을 위한 발판을 마련하였다. 이 과정에서 변환기, 즉 스피커의 특성을 역필터링함으로써 각 마이크로폰으로부터 얻은 임펄스 응답의 피크를 쉽게 얻도록 하여 보다 많은 수의 반사음에 대한 분석이 가능하도록 하였다.

2. 역필터링

근접 4 점법을 이용하면 3 차원적인 음향특성을 구할 수 있어 스피커의 방향과 차량 구조, 내장재의 차이에 의한 특성의 변화를 한 눈에 볼 수 있게 되므로 차후 음질 개선의 방향을 세울 수 있게 된다. 하지만 차량은

건축물에 비교하면 대단히 좁은 공간이어서 반사음들간의 시간차가 적으며 임펄스 응답을 구하여도 그림 1에서 보는 바와 같이 반사음의 피크를 분간하기 힘들게 된다. 주변 반사음들 간의 피크가 서로 합하여져서 직접음과 첫번째 반사음 외에는 분간이 불가능함을 볼 수 있다.

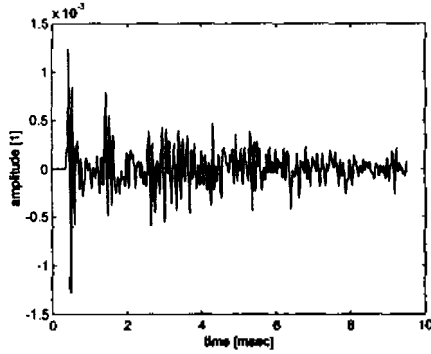


그림 1. 차량 실내의 임펄스 응답

위 그림과 같은 차량 실내의 임펄스 응답을 구하기 위한 장치를 그림 2에 나타내었다. 신호 발생으로부터 분석기까지 신호가 전달되는 과정 중에는 전력증폭기, 스피커, 마이크, 전치증폭기의 여러단계를 거치게 되며 이 전달과정이 시스템의 전달함수 혹은 임펄스 응답으로 나타나게 된다. 차량 실내 반사음 특성은 그림에서 $H_R(\omega)$ 이며 그 외의 입출력 시스템이 전체 전달함수에 미친 영향을 제거해야만 $H_S(\omega)$ 가 정확하게 얻어진다. 즉 전체 전달함수에서 $H_1(\omega)$, $H_2(\omega)$, $H_M(\omega)$, $H_3(\omega)$ 가 제거될 때 순수한 반사음 특성을 얻을 수 있다. 따라서 $H_1(\omega)$, $H_2(\omega)$, $H_M(\omega)$, $H_3(\omega)$ 를 역필터링할 필요가 있는데 증폭기와 마이크로폰의 특성은 상당히 이상(ideal)에 가까우므로 역필터링이 크게 필요치 않지만 스피커의 경우는 전달함수에 큰 왜곡을 갖고 있으므로 스피커 특성 $H_S(\omega)$ 의 역필터링은 필요성이 크다.

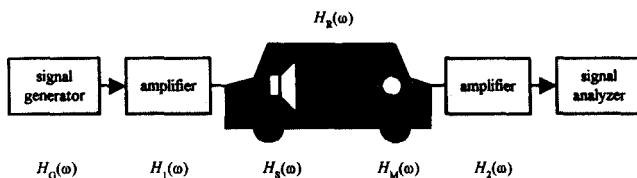


그림 2. 차량 실내 임펄스 응답을 측정하기 위한 장치

그림 3은 실험에 사용한 소형 스피커의 임펄스 응답이며 그림 4는 스피커의 전달함수 $H_S(\omega)$ 에 해당하는 주파수 특성과 위상특성을 보여주고 있다. 그림 3의 스피커 임펄스 응답이 차량 실내의 임펄스 응답과 결합, 즉 convolution 되어 그림 1과 같이 피크의 분간이 어렵게 된 것이다.

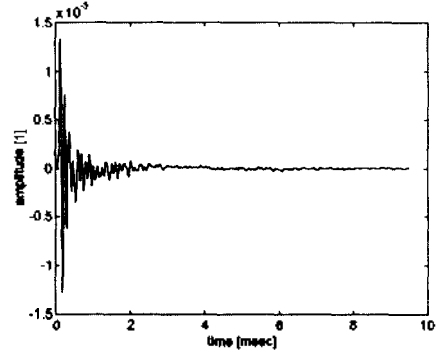


그림 3. 실험에 사용한 스피커의 임펄스 응답

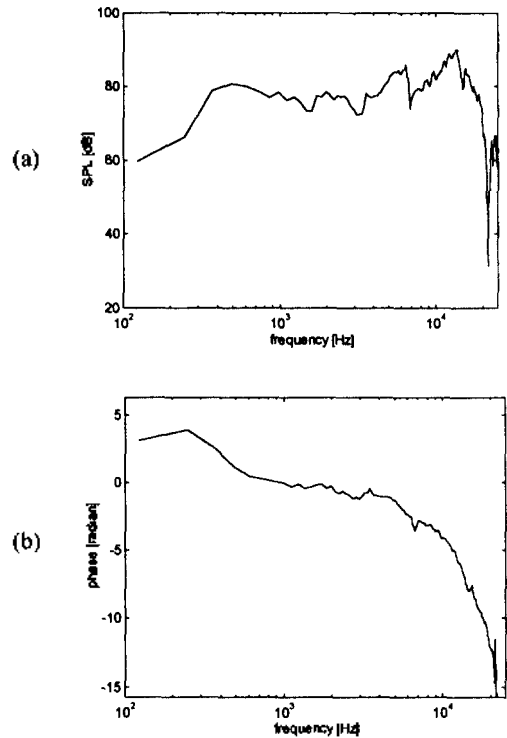


그림 4. 실험에 사용한 스피커의 전달함수
(a) 주파수 특성 (b) 위상 특성

그림 1의 임펄스 응답으로부터 그림 3의 스피커 특성을 deconvolution 한 결과를 그림 5에 보였다. 그림 1의 임펄스 응답을 고속푸리에 변환(FFT)한 전달함수를

그림 4의 전달함수로 나누고 그 결과를 역고속푸리에 변환(IFFT)하여 그림 5의 결과를 얻었다. 그림 1과 비교하면 반사음의 피크의 구분이 월등히 수월해졌음을 볼 수 있다. 반사음이 시간에 따라 펄스의 형태를 잃는 것은 반사면의 흡음특성에 의한 것이다.

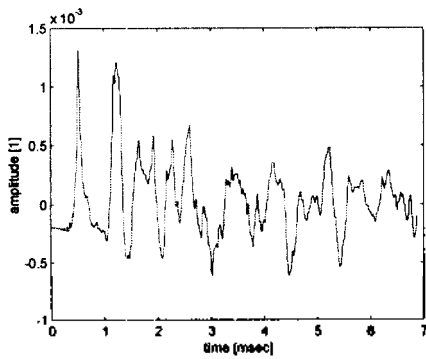


그림 5. 스피커 특성이 제거된 차량 실내 임펄스 응답

3. 가상음원의 측정

근접 4점법을 이용하여 4 위치의 마이크로폰으로부터 각각 임펄스 응답을 구하고 같은 시간대에 들어온 반사음들이 4개의 마이크로폰에 도달한 작은 시간차를 이용하면 음파의 도달 방향을 알 수 있게 되며 가상음원(image source)를 구성할 수 있게 된다[1].

임펄스 응답의 측정을 위하여 사용한 음원은 표본화 주파수 160 kHz, 길이 65535 sample의 MLS (Maximum Length Sequence)로서, 16384 sample을 Cross-correlation 하여 50회 평균함으로써 신호대 잡음비가 높은 임펄스 응답을 구하였다. 반사음이 인접하여 구분이 쉽지 않으므로 마이크로폰 간의 거리는 18.4 mm로 비교적 가까이 설정하였으며 측정 샘플 수가 많은 편이 피크의 위치를 찾기에 유리하므로 높은 표본화 주파수를 사용하였다. 인접 반사음의 구별을 위하여서는 7 위치의 마이크로폰으로부터 얻은 신호를 이용하는 방법[2]이 있으나 본 연구에서는 4 위치의 임펄스 응답을 이용하였다.

그림 6은 차량의 전면 우측(FR)에 스피커를 설치하고 운전석 귀 높이 위치의 4 위치에 마이크로폰을 설치하여 얻은 임펄스 응답이다. 가로축의 시간은 음파가 스피커로부터 마이크로폰에 도달하기까지의 시간을 나

타낸다.

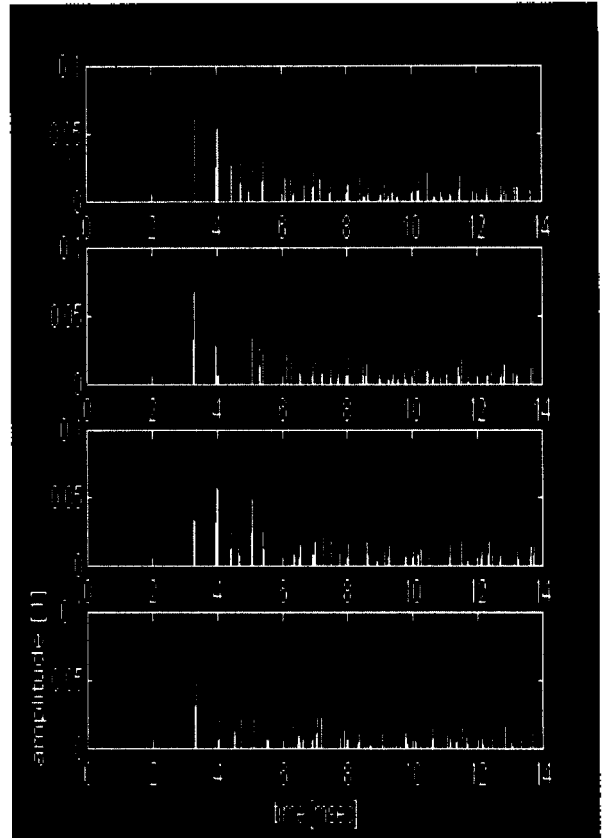


그림 6. 4 위치의 마이크로폰에서 얻은 차량내 임펄스 응답

그림 7은 4개 임펄스 응답상의 각 반사음 쌍들간의 시간차를 이용하여 구한 가상음원이다. 그림은 2차원 평면상에 표시하기 위하여 수평 방향의 가상음원 위치를 구한 것으로서 수직 방향의 음원도 같은 방법으로 구할 수 있어 3차원적인 음원의 위치를 알 수 있다. 원점이 마이크로폰의 위치이고 원의 중심이 음원의 위치이며 원의 크기는 음압의 상대적 크기를 나타낸다. FR 스피커의 음이 천장과 창에 반사하여 들어오는 양상을 쉽게 파악할 수 있으며 그 도달시간과 방향, 크기가 시각화되므로 차후 스피커의 장착 위치 및 방향 변경과 내장재의 변경 등에 의한 영향을 파악할 수 있다.

그림 8은 전면 좌측(FL)에 스피커를 설치하고 운전석 위치에 마이크로폰을 설치하여 얻은 가상음원이다. 가상음원의 위치가 전후 평면상에 주로 위치함을 알 수 있다.

참고문헌

- [1] 山崎芳男, 伊藤, “近接4点法에 의한 콘서트홀의 음響測定”, JAS Journal, 1987.
- [2] 방희석, 안철용, 성평모, “1 점 7 마이크 수신법에 의한 음장 측정”, 한국음향학회 학술발표대회 논문집 제 16 권 2 호, pp.221~224, 1997.

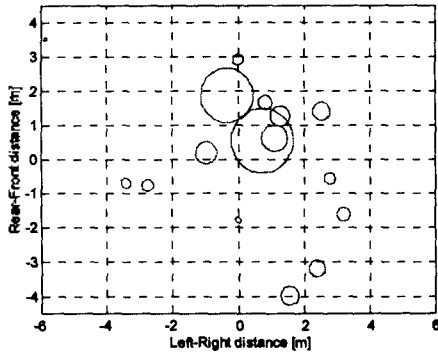


그림 7. 차량 실내 가상음원의 위치 (전면 우측(FR) 스피커)

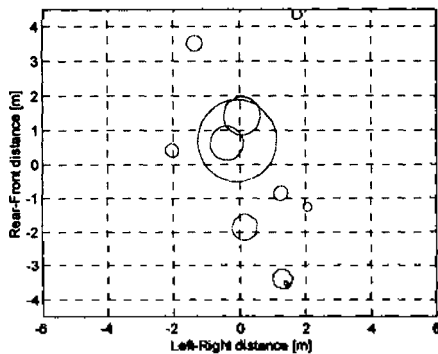


그림 8. 차량 실내 가상음원의 위치 (전면 좌측(FL) 스피커)

4. 결론

차량 실내 음향 특성을 파악하기 위한 Echogram 을 측정하는 데 있어서 스피커의 영향을 제거하기 위하여 스피커 특성을 역필터링하여 반사음의 시간, 크기를 보다 정확하게 구할 수 있게 됨을 알 수 있다. 스피커의 역필터링을 통하여 인접한 반사음을 구분할 수 있게 되었으며 이를 이용하여 가상음원의 방향 및 크기를 구할 수 있었다. 건축물의 Echogram 을 구하는 데 있어서도 스피커의 특성을 역필터링하면 반사음의 피크를 정확하게 구할 수 있으므로 적용의 가치가 있다. 차량 및 건축물의 내장재에 의한 흡음에 의해 임펄스 응답의 후반부로 갈수록 파형이 변화하므로 시간에 따른 내장재 흡음의 특성을 역필터링하게 되면 더욱 날카로운 반사음 피크를 얻을 수 있게 되어 보다 개선된 결과를 얻게 될 것이다.