

다차원 스펙트럼 해석법을 이용한 진공청소기 출력소음의 전달경로 해석

Transfer Path Analysis of Output Noise Using Multi-dimensional Spectral Analysis Method For Vacuum Cleaner

정재은*·이정환*·정창욱**·황근배**·오재응†

Jae-Eun Jeong, Jung-Hwan Lee, Chung-Ook Chong,
Geun-Bae Hwang and Jae-Eung Oh

1. 서론

최근 산업사회의 고도화와 복합화로 인해 모든 시스템이 운영상 효율의 극대화 및 신뢰성의 향상을 요구하는 추세이고, 저소음화에 대한 사용자들의 요구가 날로 까다로워짐에 따라 각종 가전제품에서 발생하는 소음 문제에 관하여 많은 관심이 집중되고 있다. 특히 많은 가전제품 중 생활필수품인 진공청소기는 수요가 급증함에 따라 제품의 질적 고급화 현상이 두드러지고 있다. 이에 따라 에너지 효율 문제와 더불어 진공청소기의 저소음화가 제품의 품질을 판단하는 척도가 되고 있다.

종래에는 진공청소기의 소음 저감을 위해서 공진점 회피 및 팬모터의 유동해석 위주의 연구가 주로 행해져 왔다. 하지만 정확한 소음원의 분석이 선행적으로 연구되어야 하며, 파악된 소음원들이 어떤 경로로 전달되어 출력소음에 영향을 미치는지 기여도 분석이 필요하다.

진공청소기 작동 시 팬모터의 고회전으로 인해 큰 소음이 유발되며 진공청소기 내부는 진공상태가 되어 유동장이 형성되어 공기 마찰음이 발생한다. 이와 같은 소음원들이 방사되어 출력소음으로 나타나게 된다. 진공청소기와 같이 작고 복잡한 시스템의 경우에는 소음원들의 상관관계가 존재하여 해석이 복잡해진다. 이와 같은 복잡한 해석의 경우에는 종래에 주파수 응답 함수법(frequency response function; FRF)이 많이 사용되었지만 이 방법은 소음원들 간의 상호 작용이 존재하지 않는 독립성을 나타내는 경우에만 사용되는 단점이 있다. 따라서, 소음원들간의 상관성분을 제거하여 출력소음에 대한 소음원의 순수한 기여 정도를 파악할 수 있는 다차원 스펙트럼 해석법(multi-dimensional spectral analysis; MDSA)을 적용할 필요가 있다.

본 연구에서는 다차원 스펙트럼 해석법을 이용하여

† 교신저자; 한양대학교 기계공학부

E-mail : jeoh@hanyang.ac.kr

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

* 한양대학교 대학원 기계공학과

** LG 전자 HACC 연구소

출력소음 측정점까지의 소음에 영향을 주는 입력원을 선정하고 다입력 단일 출력계로 모델링을 통해 입력원과 출력원 사이의 기여 관계를 파악한다.

2. 다차원 스펙트럼 해석법

Fig. 1 은 다중입력 문제에 대한 입력과 출력 사이의 기본적인 관계를 파악하기 위한 모델이다.

다중입력/단일출력 모형에서 입력들 사이의 상호상관이 존재할 경우 일반적인 기여도 함수에 의해서는 각각의 입력들이 출력에서 차지하는 과위의 양을 파악하는 것은 어렵다. 그러나 상호상관이 존재하더라도 입력들 사이의 인과 관계를 알 수 있으면 그에 따라 새로운 모형을 도입한 뒤 다차원 스펙트럼 해석법을 적용하여 입력원의 규명이 가능하게 된다.

입력간의 상관관계를 제거하여 순수한 입력에 대한 출력의 비를 나타내는 최적 전달 함수

$L_{yy}(f)$ 를 이용하여 Fig. 1의 다중입력/단일출력 모형에서 입력들 사이의 상관성분을 제거한 상태의 모형으로 바꾸어 표현할 수 있다.

Fig. 2는 최적 전달 함수 $L_{yy}(f)$ 를 사용하여 간단한 형태로 다시 구성한 모형이다.

입력간의 상관관계를 제거하는 과정에 의하여 각 입력원의 순수한 기여도를 나타낸 부분기여도함수(Partial Coherence Function; PCF)라고 하며, 식 (1)과 같이 나타낸다.

$$\gamma^2_{iy-r!} = \frac{|S_{iy-r!}(f)|^2}{S_{ii-r!}(f)S_{yy-r!}(f)} \quad (1)$$

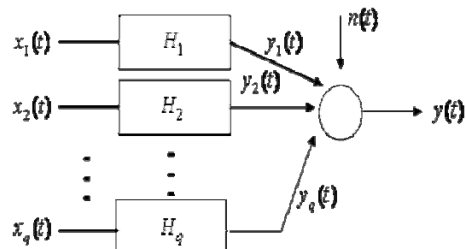


Fig.1 Multiple input / single output model

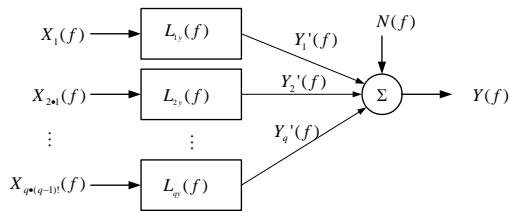


Fig. 2 Conditioned multiple input/single output model

3. 실험

KSC 9101 의 규격에 따라 진공청소기의 상면 1m 에서 작동모드를 강으로 했을 경우의 출력소음을 측정하였다. 또한 입력원 부분의 소음 측정은 진공청소기 내부와 외부로 나누어 실시하였다.

외부의 소음 전달경로 해석을 위해 입력원을 진공청소기의 배기구, 먼지 유입구, 흡입 노즐로 선정하였으며, 내부의 소음 전달경로 해석을 위해 입력원을 진공청소기의 사이클론 출구, 모터 입구, 먼지 유입구로 선정하였다.

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 목적주파수 선정 및 일반기여도 함수

출력소음의 스펙트럼을 통해 목적주파수를 operating frequency(562.6Hz)와 1st BPF(5062Hz)로 선정하였다.

외부소음 및 내부소음의 입력들간의 상관관계가 0.5 이상의 높은 상관도를 나타내고 있고, 외부소음 및 내부소음의 입출력간의 상관관계가 0.5 이상의 높은 상관도를 나타내므로 다차원 스펙트럼 해석의 적용이 가능하다는 것을 알 수 있다.

4.2 각 소음원과 출력소음의 기여관계

각 소음원(입력원)의 출력소음에 대한 부분기여도 함수 값을 Table. 1 와 Table. 2 에 나타내었다.

외부소음에 대한 전달경로 해석의 경우는 Operating frequency 와 1st BPF 에서 동일하게 먼지유입구>배기구>흡입노즐의 순서로 기여도 순위가 나타났다.

내부소음의 경우는 Operating frequency 에서는 모터입구>사이클론 출구>먼지유입구의 순서로 기여도 순위가 나타났으며, 1st BPF 에서는 먼지유입구>모터입구>사이클론 출구의 순서로 기여도 순위가 나타났다.

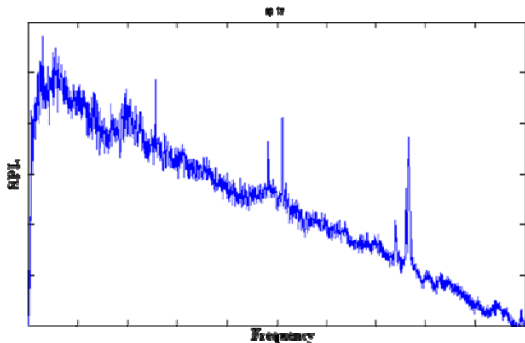


Fig. 5 A-weighted sound pressure level of output(Up 1m)

Table. 1 The partial coherence function among input and output signals(outside noise)

Freq. (Hz)	$\gamma^2_{1y_{23}}$	$\gamma^2_{2y_{13}}$	$\gamma^2_{3y_{12}}$
operating Freq. (562.5Hz)	0.4677	0.6486	0.3006
1st BPF (5062Hz)	0.3577	0.63	0.1616

Table. 2 The partial coherence function among input and output signals(inside noise)

Freq. (Hz)	$\gamma^2_{1y_{23}}$	$\gamma^2_{2y_{13}}$	$\gamma^2_{3y_{12}}$
operating Freq. (562.5Hz)	0.4297	0.7201	0.4099
1st BPF (5062Hz)	0.3268	0.3515	0.7127

5. 결론

이 연구에서는 진공청소기를 3입력 1출력 모델로 구성하여 외부소음 및 내부소음의 입력간의 상관관계 및 전달 특성을 규명하였다. 또한, 다차원 스펙트럼 해석법을 이용하여 입력원과 출력의 기여 관계를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 다입력 단일출력 시스템에서 입력들간의 상관관계가 존재하고 있을 때 입력원의 출력에 대한 기여 정도를 알아보기에 다차원 스펙트럼 해석법이 유효함을 검증하였다.
- (2) 본 실험에서 사용된 진공청소기의 작동 중 발생하는 출력소음에 대한 전달경로상의 부품들의 기여 순위는 외부소음의 경우는 먼지유입구>배기구>흡입노즐과 같고, 내부소음의 경우는 모터입구>먼지유입구>사이클론 출구의 순서로 되어 있음을 알았다.
- (3) 고려한 입력원들이 출력에 충분히 반영이 되었음을 알았다.

후 기

본 연구는 LG전자 HACC 연구소의 연구비 지원으로 수행되었으며, 관계자 여러분의 지원에 감사 드립니다.