

# 전달경로 해석을 이용한 운전 중 드럼세탁기 캐비닛 구조기인 방사소음의 실험적 분석

## The analysis of structure-borne noise due to cabinet vibration from operational drum type washing machine using TPA

강귀현\* · 박상길\* · 정정교\*\* · 박천권\*\*\* · 오재응†

Kwi-Hyun Kang, Sang-Gil Park, Jeong-Kyo Jeong, Chun-Kwon Park and Jae-Eung Oh

### 1. 서론

가전제품 중 드럼 세탁기의 경우 운전 시 높은 소음이 발생하며 이로 인하여 소비자 불만이 지속적으로 발생하고 있다. 이를 저감하기 위하여 다양한 연구가 진행 중이며 주요 소음원인 드럼, 터브, 모터, 캐비닛 등에 대한 연구가 주를 이룬다. 수음점 소음에 대한 여러 소음원의 전달경로해석 및 이를 통한 기여도 평가에 대한 정량화 연구가 지속적으로 수행되고 있다. 드럼세탁기 구조 상 밀폐된 공간 내 여러 소음원이 존재하므로 각 소음원 간 매우 높은 상관도를 보이게 된다. 이는 각 진동/소음원의 정량적 기여도분석을 어렵게 하는 주요 원인이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 드럼세탁기의 소음을 cabinet(frame)방사소음과 내부 소음원에 의한 소음으로 크게 나누었으며 연구의 첫 단계로써 cabinet의 구조진동에 의하여 발생하는 구조기인방사소음에 대한 규명을 실험을 통한 전달경로해석(TPA)을 이용하여 분석하였다.

### 2. cabinet의 구조기인 방사소음 특성 규명을 위한 진동,소음 측정 및 분석

1m 전방 소음에 대한 cabinet진동의 기여도 분석 수행 전 cabinet에서 발생하는 진동과 각 면에서 측정된 소음 간 상관관계 분석을 수행하고자 한다.

#### 2.1 5-mic 5-acc 이용한 각 면 진동-소음 상관관계분석

Cabinet 각 면의 중앙부 진동-cabinet 각 면 1m 거리 측정소음간 상관관계 분석 수행을 위하여 그림과 같이 각 면에 가속도계와 1/2" 마이크로폰을 설치한다.

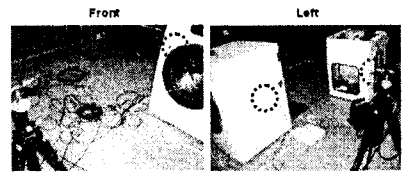


Fig.1 Experimental set-up

약 1280rpm 정속 운전 중 동시에 10 개의 위치를 측정하였다. 아래와 같이 진동-소음이 높은 상관도 보이는 0-1000Hz를 관심대역으로 선정하였다.



Fig.2 Coherence of vibration-acoustic (Front/Left side)

대표적으로 전면/좌측면 무부하 데이터를 표시 하였으며 나머지면 및 불평형조건 역시 높은 상관도를 보인다. 진동/소음 모두 Peak 주파수는 거의 일치하며 coherence 역시 1에 가까운 높은 값을 보인다. 이는 진동이 소음으로 방사될 가능성이 높다는 것을 의미하며 이에 대한 명확한 규명이 필요하다.

#### 2.2 각 면 별 Cabinet진동-근접소음 및 cabinet진동-1m 측정소음 간 상관관계 분석

세부적 분석을 위하여 다음 그림과 같이 각 면에 총 10 개의 가속도계/마이크를 부착 후 측정을 수행하였다.

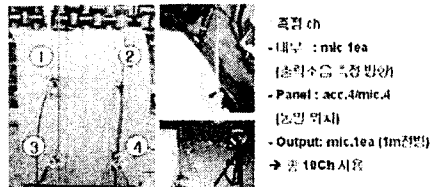


Fig.3 Experimental set-up

그림.4는 전면 분석결과 예시이다. 각 면 1m 거리에서 측정된 peak 크기 별 7개 관심주파수 및 저주파 상관관계 비교를 위한 21/43/64Hz에 대한 결과이다.

† 교신저자; 한양대학교 기계공학부

E-mail : E-mail : jeoh@hanyang.ac.kr

Tel : (02) 2294-8294, Fax : (02) 2299-3153

.. 한양대학교 대학원 기계공학과

.. 삼성전자 생활가전사업부

... 윌러비비엠코리아㈜

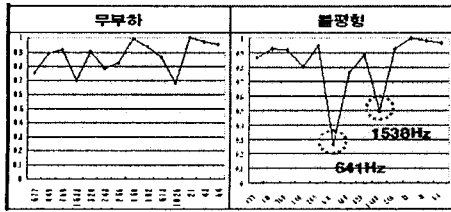


Fig.4 Coherence of Front side

무부하 시 전 관심주파수에서 약 0.7 이상의 높은 상관도를 보이거나 불평형 시 641/1538Hz 는 상관도가 매우 낮음을 알 수 있다. 해당 주파수는 cabinet 외 다른 소음원이 존재하고 있음으로 추정된다. 이를 통하여 cabinet 의 진동이 소음으로 방사됨을 간접적으로 알 수 있다. 다음은 전달경로해석을 통하여 진동이 소음에 미치는 영향을 알아보도록 한다.

### 2.3 입력 상관관계 고려에 따른 각 면 별 Cabinet 진동과 내부소음- 1m 측정소음 간 기여량 분석

2.2 에서 사용한 데이터를 이용, 다음과 같은 MISO 전달경로 network 를 구성 후 band pass filter 를 이용, 10-1000Hz 대역에 대한 전달경로해석을 수행한다.

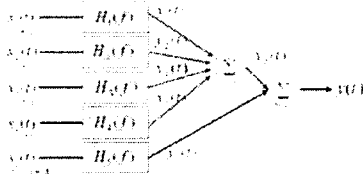


Fig.5 TPA network

Table 1 Result of contribution analysis (dBA)

	Unloaded			Unbalanced		
	$y_a(t)$	$y_s(t)$	Output 합성/측정	$y_a(t)$	$y_s(t)$	Output 합성/측정
Front	62.2	62.0	66.3/58.5	62.6	63.8	67.2/59.5
Right	58.6	58.8	63.0/54.2	55.3	58.1	61.5/53.9
Left	63.4	62.3	67.7/59.2	63.2	62.2	67.5/59.9
Back	62.1	61.5	65.5/57.7	56.4	59.8	62.5/57.1
Top	57.8	56.1	61.7/55.1	61.7	61.3	65.7/57.6

무부하 시 각 면 별 내부 소음과 cabinet 진동에 의해 발생하는 구조기인 방사소음의 기여량이 유사하다. 하지만 불평형 구동 조건에서는 좌/우측면에서 내부소음 영향이 구조기인 방사소음보다 약 3dBA 높게 분석되고 있다. 이를 통하여 구조기인 방사소음이 출력소음에 적지 않은 영향을 미침을 알 수 있다.

다음으로 cabinet 진동을 출력소음에 대한 소음 입력원으로 선정하여 tub assy 와 cabinet 이 1m 전방 소음에 기여하는 정도를 알아보도록 한다.

### 3. 출력소음에 대한 cabinet 구조기인 방사소음

#### 과 내부소음 기여량 분석

#### 3.1 Cabinet 전체 면의 구조소음과 내부소음 입력에 대한 전방 출력소음 기여도 분석

전달경로해석을 이용하여 tub assy 와 cabinet 이 1m

전방 출력소음에 미치는 기여량을 분석하였다. 측정위치 및 TPA network 는 다음과 같다.

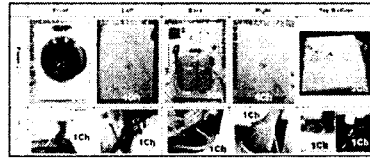


Fig.6 Experimental set-up and TPA network

측정 및 분석에는 필러비엠사의 PAK 을 사용하였으며 TPA 를 이용하여 1m 전방 출력소음에 대한 기여량을 분석하였다.

Table 2 Result of contribution analysis (unloaded/dBA)

Output	Front	Back	Left	Right	Top
Overall: 측정(합성)	52.8(55.4)	55.2(58.2)	53.7(56.1)	52.6(55.4)	49.9(52.6)
Mic. Inside	53.3	56.7	54	53.5	51.2
Panel Front Total	41.5	42.3	39.3	38.7	36.1
Panel Back Total	42.5	46.3	41.5	42.1	38.1
Panel Left Total	44.4	48.4	43.2	43.8	39.9
Panel Right Total	45	47.7	44.7	44.5	41.5
Panel Top Total	43.4	44.8	41.9	42.4	40.8
*AB/SB total	53.3/50.6	56.7/53.7	54.0/49.9	53.5/50.5	51.2/47.0

Table 3 Result of contribution analysis (unbalanced/dBA)

Output	Front	Back	Left	Right	Top
Overall: 측정(합성)	53.9(56.4)	56.5(59.7)	54.4(57.0)	54.2(56.8)	51.3(54.3)
Mic. Inside	54.1	58	54.7	54.9	52.7
Panel Front Total	43.7	44.2	42.9	41.7	38.1
Panel Back Total	43.7	47.6	42.8	43.6	39.6
Panel Left Total	46.5	50.1	45.9	46.3	41.8
Panel Right Total	47.6	49.6	46.1	47.2	43.2
Panel Top Total	45.2	47.2	44.3	44.9	42.5
*AB/SB total	54.1/51.6	58.0/54.1	54.7/50.8	54.9/51.5	52.7/47.9

Tub assy 에 의한 내부 소음 영향이 Cabinet 구조기인 방사소음보다 약 3~5dBA 크게 작용(\*참조)하고 있다. 또한 부하조건/출력방향에 따른 결과가 유사한 경향을 보이며 구조기인 방사소음 중 좌/우측에서 발생하는 소음이 가장 큼을 알 수 있다.

### 4. 결론

1. 구조기인 방사소음 규명을 위한 진동·소음 측정 및 상관관계 분석을 통하여 드럼세탁기 cabinet 각 면에서 발생하는 진동이 소음으로 방사됨을 규명
2. 전달경로해석을 통한 cabinet 전체 면 진동과 내부소음에 대한 1m 전방 출력소음 기여도 분석을 통하여 cabinet 구조기인 방사소음 기여량 분석 수행

### 후 기

본 연구를 위하여 많은 도움을 주신 삼성전자 담당자 여러분과 계측장비를 지원해 주신 필러비엠코리아 박천권이사님/이정환차장님께 감사의 말씀 드립니다.