

## 환기용 덕트내의 전달소음 특성에 관한 연구

최 한 립<sup>†</sup>, 김 경 환, 최 호 선, 오 세 기, 정 백 영

LG전자 HAC연구소

### A Study on the Transmitted Noise Characteristics through the Ventilating Duct

Han-Lim Choi<sup>†</sup>, Kyung-Whan Kim, Ho-Seon Choi, Saikee Oh, Baek-Young Chung

HAC Laboratory, LG Electronics, Seoul, Korea

**ABSTRACT:** The transmission noise characteristics through the ventilating duct was conducted numerically using SYSNOISE. A ventilating system is usually composed of mufflers for preventing noise transmission from the ventilator into indoors through the ducts and distributors for transferring air to or from each room. The transmitted noise characteristics of distributors which have different branch angles and of mufflers having different shapes were analyzed numerically. New duct element combining a muffler and a T-shaped distributor was developed for better noise reduction in this paper. New element's performance was shown numerically.

**Key words:** Duct acoustics(덕트 음향학), Ventilation(환기), Noise transmission (소음 전달)

#### 기 호 설 명

- $TL$  : Transmission Loss (투과손실)
- $P_i$  : 입력 음압 [Pa]
- $P_o$  : 출력 음압 [Pa]
- $S1$  : 소음기의 입력부 단면적
- $S2$  : 소음기의 확장부 단면적
- $L$  : 소음기의 길이
- $R$  : 소음기의 내부 blending 반지름
- $D, d$  : 분지덕트의 main, branch duct 지름
- $a$  : 분지덕트의 분지각도
- $P_{o1}$  : main duct측 출력 음압 [Pa]
- $P_{o2}$  : branch duct측 출력 음압 [Pa]

#### 1. 서 론

공기는 인간에게 없어서는 안 될 중요한 물질 이기에, 여타의 오염과 더불어 공기의 오염은 항상 많은 사람들의 관심의 대상이다. 특히 실내에 있는 공기는 시간이 가면 오염이 되어 이를 정화 하는 것은 건강한 삶을 위해 반드시 필요한 일이다. 현존하는 가장 효과적인 실내공기의 정화법은 바로 환기를 시키는 것이다. 환기의 방법에는 여러 가지가 있지만 근래의 고효율 고밀폐형 건축에서는 창문을 이용한 환기보다는 기계적인 환기시스템이 점차 필수화 되어가고 있다. 기계적인 환기시스템은 기존에 대형 건축물이나 사무용, 상가용 빌딩에서 주로 적용이 되었으나 최근에는 신규 아파트들에도 적용되면서 그동안 큰 문제가 되지 않던 소음 문제가 대두되고 있다.

가정용 환기 시스템은 천장내에 삽입이 되어

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.: +82-19-482-5755; fax: +82-2-6915-1065

E-mail address: airman10@lge.com

설치되는 것이 좋으나, 가정용 건물의 특성상 천장고가 낮아서 배란다에 노출하여 설치가 되는 경우가 많고, 낮은 천장고에 의해 환기 시스템에서 이용되는 덕트 역시 관경이 작아지게 되어 일정량의 공기를 공급해야하는 환기 시스템의 소음이 커지게 된다. 환기 시스템의 주요한 소음원은 시스템의 본체에서 직접적으로 방사되는 소음과 덕트를 통해 각 방으로 전달되는 소음으로 나뉘 볼 수 있다. 전자의 직접적인 방사 소음은 환기 유닛이 실내가 아닌 배란다 등의 실외에 설치되기 때문에 큰 문제가 되지 않지만 후자의 경우는 실내로 전달되는 소음이기 때문에 더 중요하다고 할 수 있다.

환기시스템의 덕트는 실외의 신선한 공기를 공급하는 공급덕트와 실내의 오염된 공기를 실외로 빼내는 배출덕트로 나누어지며, 효율적인 환기를 위해서 여러 개소의 디퓨저(diffuser)를 통해서 공기를 공급, 배출하게 된다. 이 때 필수적으로 이용되는 것이 바로 분지덕트이다. 분지덕트는 Y분지, T분지 등의 여러 가지 타입이 있으며, 덕트 설계 시 각 디퓨저 위치의 풍량에 맞게 설치를 해서 이용되고 있지만 분지덕트의 소음전달 특성에 대한 고려는 하지 않은 채 설계되는 것이 대부분인 실정이다. 또, 소음이 문제가 되는 경우 흡음재가 포함된 소음기를 설치함으로써 문제를 해결하고 있다.

이에 본 논문에서는 일반적으로 알려진 단순형상의 소음기와 압력손실이 작도록 설계된 소음기 및 분지덕트의 분지각도별 소음 전달특성에 대해 수치적으로 해석함으로써 실제 덕트 설계 시 소음을 고려하여 설계할 수 있도록 가이드를 제시하고, 소음기와 분지덕트를 결합한 새로운 형상을 제안하고 그 소음기 일체형 분지덕트의 전달 소음 특성을 해석하였다.

## 2. 해석결과 및 고찰

### 2.1 소음 전달 해석 방법

덕트 요소의 전달 특성은 일반적으로 투과손실(Transmission Loss) 값을 비교함으로써 확인할 수 있다. 투과 손실은 Fig. 1과 같은 덕트 요소의 입력 압력  $p_i$ 와 출력 압력  $p_o$ 를 이용해서 결정되며 “식(1)”과 같이 쉽게 계산된다.

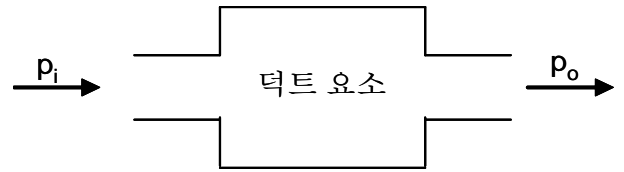


Fig. 1 덕트 요소와 입력 압력 및 출력 압력

$$TL = 20 \text{Log} \left( \frac{p_o}{p_i} \right) \quad (1)$$

본 연구의 투과손실 해석은 상용 소프트웨어인 LMS사의 SYSNOISE를 이용하여 해석하였다.

### 2.2 소음기(Muffler) 투과손실 해석 결과

총 4가지의 소음기 형상에 대해 투과손실을 해석하였다. Fig. 2와 같이 축대칭 형상의 단순 소음기 형상 외에 유동손실을 줄이기 위해 소음기의 외곽 형상을 블렌딩(blending)한 형상의 해석을 병행하였다. 블렌딩한 R값의 변화에 따른 소음기의 투과손실변화량도 해석하였다. 기본적인 단순 머플러는 일반적인 환기유닛의 주요 소음역인 360Hz를 목표 주파수로 하여 설계하였으며, 면적비  $S_2/S_1$ 은 4로 일정하게 적용하였다. 360Hz를 목표로 하였을 때, 이론적인 소음기의 필요길이  $L$ 은 약 236 mm이다.

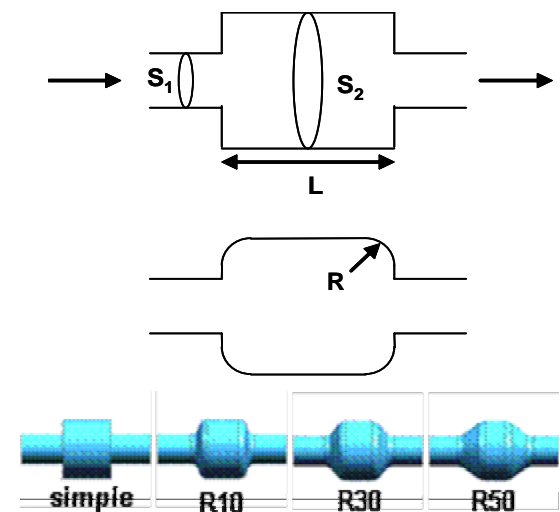


Fig. 2 축대칭 소음기의 형상

Fig. 3은 소음기의 길이  $L=236mm$ 인 원통형 소음기의 형상에 따른 주파수별 투과손실값을 해석한 결과를 나타내주고 있다. 이론적인 최고 투과손실 주파수인 360Hz에서 약간 이동되어 수치적으로 해석한 목표 주파수가 형성되어 있지만 소음기의 형상 변화에 의한 투과손실의 경향을 파악하는데는 큰 문제가 없는 수준의 오차라고 할 수 있다. 또, 소음기의 R값이 커짐에 따라 투과손실량이 줄어들어 결국 소음기를 통과하는 투과량이 많아짐을 알 수 있다. 즉, R이 0인 simple 소음기의 경우 소음기의 성능은 가장 좋다고 할 수 있겠다. 하지만 첫 번째 목표 주파수인 360Hz에서는 R값이 변화함에 따른 상대적인 투과손실량 차이가 다른 고차주파수 영역보다는 작아서 360Hz 근처의 소음이 상대적으로 크다면 다양한 R값의 소음기를 사용해도 좋을음을 알 수 있다.

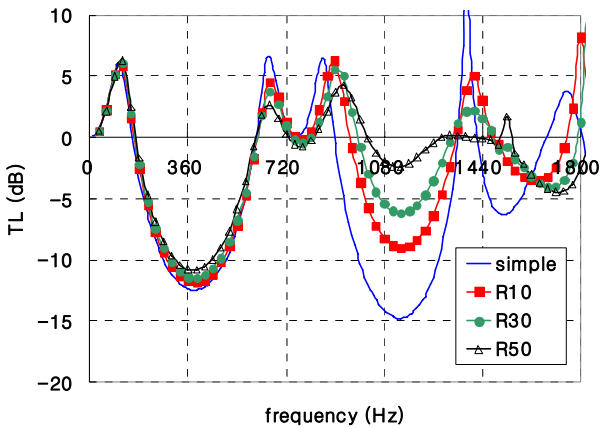


Fig. 3 소음기 형상별 투과손실

### 2.3 분지덕트 투과손실 해석 결과

본 연구에서 해석한 분지덕트는 Fig. 4와 같은 2 분지덕트이다. 분지 각도  $a$ 를 변화시키면서 분지방향 1과 분지방향 2에 대한 투과손실을 해석하였다. main duct 방향의 투과손실을  $p_{o1}$ , branch duct 방향의 투과손실을  $p_{o2}$ 라 명명하였다. main duct의 직경  $D=135mm$ 이고, branch duct의 직경  $d=90mm$ 인 분지덕트에 대해 해석

을 수행하였다. Fig. 5는 main duct에 대한 branch duct의 각도에 따른 분지덕트의 형상을 보여주는 그림이다.

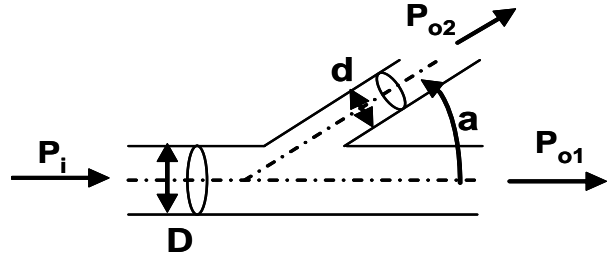


Fig. 4 분지 덕트 형상

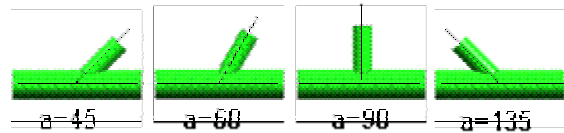


Fig. 5 a값 변화에 따른 분지 덕트 형상

Fig. 6-1과 6-2는 여러 분지 덕트 형상에 대한 main duct와 branch duct의 투과손실 해석 결과를 보여주는 그림이다. 1kHz 미만의 저주파 영역에서는 비록 작은 양이지만 모든 경우에 있어서 마치 소음기와 같이 일정한 주파수와 고차주파수에서 주기적인 투과손실값을 보임을 알 수 있다. 특히,  $a=45, 60, 90$ 도에서는 전체적인 투과 손실값과 주파수 대역이 비슷하고, main duct와 branch duct에서도 비슷한 투과손실을 보임을 알 수 있다. 하지만  $a=135$ 도의 경우에는 다른 경우들과는 달리 주요 투과손실을 유발하는 주파수 자체가 높은 영역으로 이동되어 있으며, 이는 main duct와 branch duct 모두 동일한 경향을 보인다. 반면에 1kHz 이상에서는 main duct와 branch duct에서의 경향이 매우 달라진다. 고주파로 가면서 큰 차이가 없는 main duct와 달리 branch duct는 투과 손실값이 매우 커지는 것을 확인할 수 있으며, branch의 각도  $a$ 가 커짐에 따라 투과 손실값이 커지는 것을 확인할 수 있으며, 고주파로 갈수록 이같은 경향은 두드러지게

나타난다. 즉, 분지덕트를 이용해서 고주파 대역의 전달 소음을 제어할 수 있음을 말해주는 결과라 하겠다.

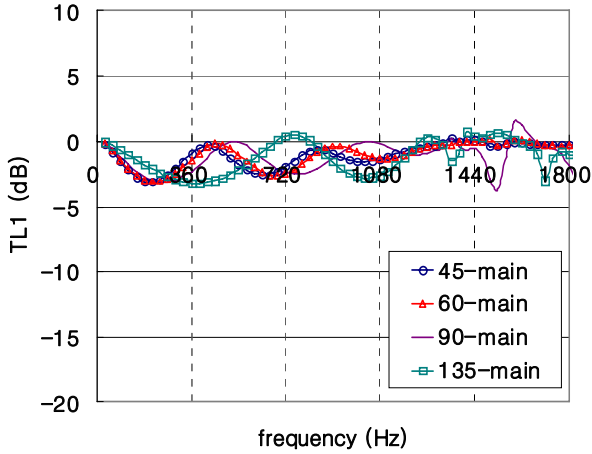


Fig. 6-1 분지각도에 따른 투과 손실 (main duct)

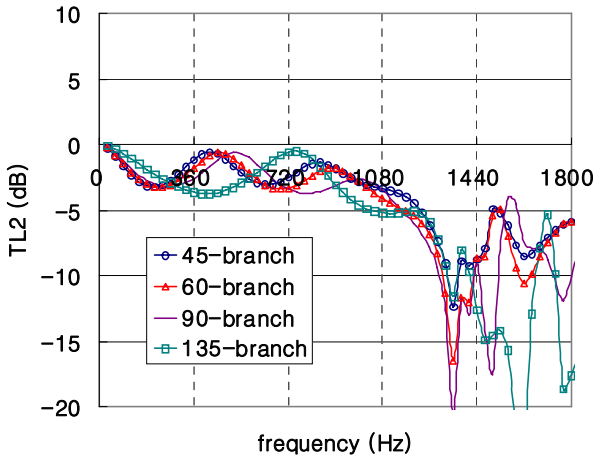


Fig. 6-2 분지각도에 따른 투과 손실 (branch duct)

## 2.4 소음기형 분지덕트 투과손실 해석 결과

앞에서 해석해 보았던 소음기와 분지 덕트를 일체형으로 제작한다면, 하나의 요소로써 분지의 기능과 전달 소음을 줄여주는 소음기의 역할을 수행할 수 있게 되어 실제 현장에서 발생하게 되는 다양한 소음문제에 대해 보다 유연하게 대처할 수 있을 것이며 문제의 발생 자체를 줄일 수 있을 것이다. Fig. 7은 이와 같이 소음기와 분지 덕트가 일체형으로 구성된 새로운 형태의 소음기

일체형 분지덕트를 보여주고 있다. 새로운 형태의 소음기 일체형 분지덕트의 성능을 비교해보기 위해 본 연구에서는 Fig. 7과 같이 소음기와 분지 덕트가 직렬로 연결된 경우와 소음기와 분지 덕트가 일체형화 된 경우의 투과손실값을 비교해 보았다.

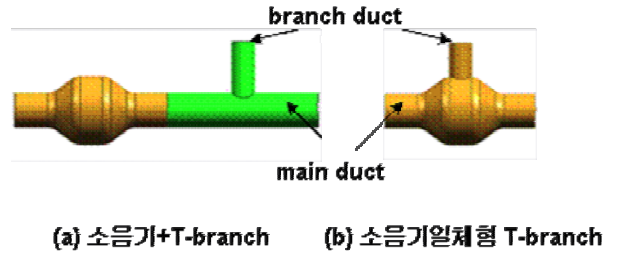


Fig. 7 소음기와 분지덕트 조합

Fig. 8-1과 8-2는 위의 두 가지 경우 및 분지 덕트만 있는 경우의 투과손실 값을 비교한 그림이다. main duct의 경우에는 소음기 일체형과 분리형이 비슷한 투과손실 값을 보이고 주파수 대역도 비슷함을 볼 수 있다. 소음기가 포함이 되어있기 때문에 일반 분지덕트에 비해서는 큰 투과 손실량을 보임을 확인할 수 있다. 하지만 branch duct의 경우에는 소음기 일체형이 분리형보다 월등히 높은 투과손실값을 보이고 있다. 다만 1500Hz대역에서 공명을 일으키고 있어서 소음기일체형 분지덕트의 길이 조절을 통해 공명주파수를 고주파로 옮겨서 문제가 생기지 않도록 설계할 필요는 있다. Fig. 9는 360Hz와 750Hz에서의 투과손실 contour를 보여주는 그림이다. 360Hz와 750Hz 모두 소음기 일체형에서 branch 방향으로의 투과 손실값이 커짐을 알 수 있다. 소음기와 분지덕트가 직렬로 연결된 경우 소음기에서 1차적으로 투과손실이 발생하고, 분지덕트를 지나면서 소량의 투과 손실이 발생하지만, 소음기 일체형의 경우 한 번에 큰 투과손실이 발생함을 알 수 있다. main duct의 경우에는 소음기 일체형보다 직렬로 연결된 분리형이 약간 우세한 투과손실을 보이고 있다.

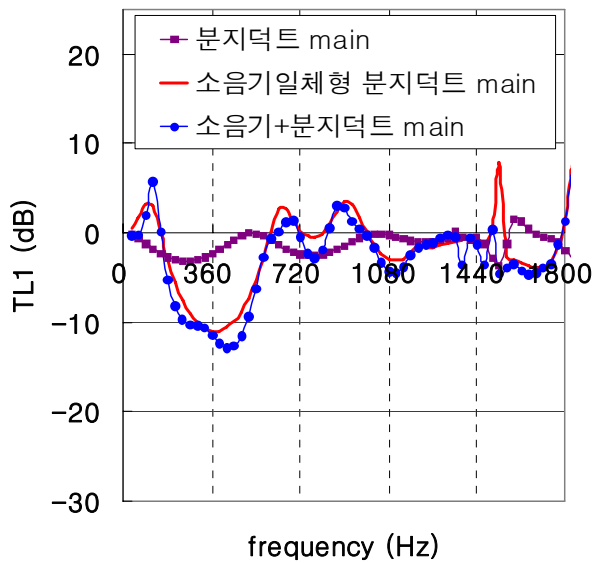


Fig. 8-1 소음기와 분지덕트의 조합에 따른 투과 손실 (main duct)

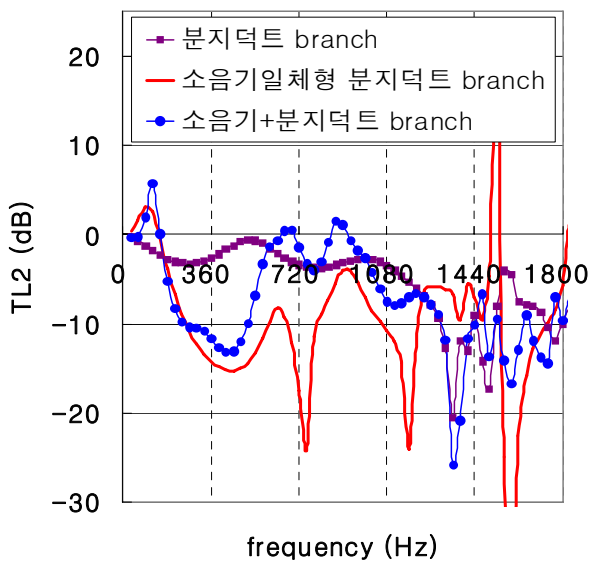


Fig. 8-2 소음기와 분지덕트의 조합에 따른 투과 손실 (branch duct)

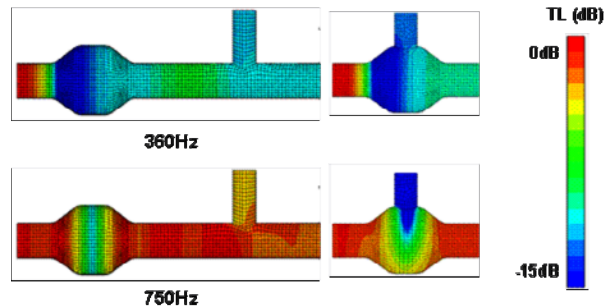


Fig. 9 투과손실 contour

### 3. 결론

본 연구에서는 환기시스템에서 이용되는 덕트 요소들 중에서 가장 흔히 이용되는 소음기와 분지 덕트에 대한 소음 특성을 수치해석을 통해서 알아보았다. 기본적인 소음기 해석을 통해서 소음기의 형상에서 추출된 이론적인 목표 주파수 근처에서 투과손실이 크게 발생함을 수치적으로 검증하였고, 분지 덕트에 대해서는 분지의 각도 별 투과손실을 비교하였다.

저주파 영역에서 분지덕트에 의한 투과손실값은 크지 않았고, main duct와 branch duct의 전달 소음 특성차도 크지 않았다. 하지만 고주파로 갈 수록 branch duct에서의 투과 손실이 커짐을 확인하였으며, branch duct에서의 투과 손실량은 branch의 각도가 커짐에 따라 증가함을 보였다. 또, 소음기와 분지덕트를 일체형으로 결합한 분지 덕트의 투과손실 해석을 통해 기존의 ‘소음기+분지덕트’의 직렬조합보다 우수한 투과손실 결과를 얻었다. 이 새로운 덕트 요소는 추후 실제 덕트 현장에서 유용한 소음제어 수단으로 적용될 수 있을 것으로 보인다.

### 참고문헌

1. Kinsler, L. E et al. 1982, Fundamentals of acoustics, 3rd edition, John Wiley & Sons