



RESEARCH ARTICLE

실내음향 시뮬레이션을 활용한 세대 내 실내설비기기 소음환경의 개선을 위한 흡·차음 설계 방안 연구

장유경¹ · 강민우² · 오양기^{3*}

¹목포대학교 건축학과 석사과정, ²목포대학교 친환경건축연구센터 연구원,
³목포대학교 건축학과 교수

A Study on the Sound Insulation and Absorption Design Plan which Affect the Noise Propagation from Household Appliances and Facilities in a House Using Room Acoustic Simulation

Jang, Yu-Kyeong¹ · Kang, Min-Woo² · Oh, Yang-Ki^{3*}

¹Master's course, Department of Architecture, Mokpo National University, Muan, Korea

²Researcher, Research Center of Sustainable Environment Architecture, Mokpo National University, Muan, Korea

³Professor, Department of Architecture, Mokpo National University, Muan, Korea

*Corresponding author: Oh, Yang-Ki, Tel: +82-61-450-2723, E-mail: oh@mokpo.ac.kr

ABSTRACT

The improvement of life level has brought the increase in the type and the use frequency of household appliances and facilities within a residential space. Because the indoor equipments such as refrigerator and kitchen utensils are located in the open area of household, they significantly influence to the noise environment of nearby indoor space. Efforts should also be made to improve the noise environment in terms of residential designers as well as to control the source level of indoor equipment from the maker's point of view. However, there has been not sufficient attempt to this, and the status of noise environment by noisy indoor equipment in households, problems and the plan for improvement are not suggested yet. This study seeks the sound insulation and sound absorption design plan that can improve the indoor noise environment which has been deteriorated due to increasing indoor equipment. First, this study identifies the precedent study on resident survey on the indoor equipment noise and the status and the problem of indoor space specific noise level in the house. In order to solve the problem, it figured out the noise reduction function 4 sound absorption and insulation designs in total such as the installation of sound insulation box, application of sound-absorbing materials in the noise source, the installation of barrier and the change of indoor finishing materials. As a result of applying the suggested sound insulation and absorption designs, the noise environment of indoor equipment has improved in each space. This is considered to be the effective architecture design plan for the improvement of noise environment of living space under the circumstance where the indoor equipment use has increased.

주요어 : 실내설비기기, 실내소음환경, 소음저감

Keywords: Indoor equipment, Indoor Noise Environment, Noise reduction

OPEN ACCESS

Journal of KIAEBS 2020 December, 14(6): 767-778
<https://doi.org/10.22696/jkiebs.20200065>

pISSN : 1976-6483
eISSN : 2586-0666

Received: November 17, 2020

Revised: December 11, 2020

Accepted: December 13, 2020

© 2020 Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

연구배경 및 목적

기술의 발전과 생활수준 향상으로 오늘날의 주거공간에서는 예전보다 훨씬 많은 가전제품과 실내설비를 사용한다. 이러한 실내설비기기는 소음을 동반하며 실내소음환경을 악화시킨다. 이남수 외 (2015)의 연구에 의하면 세대 내에서 발생하는 실내설비기기 소음을 불편해하는 경우가 종종 발생하는 것으로 조사됐다. 하지만 세대 내에서 발생하는 실내설비기기소음이 신경쓰임에도 불구하고 외부 소음이나 층간소음과 같이 명확한 법규 및 규정 등이 없으며 특히, 불만표출의 대상이 없기 때문에 참고 넘기는 경우가 많다. 또한, 세대 내 실내설비기기 소음환경 개선을 위한 연구 및 조사가 부족하며 설계 가이드라인 및 표준 설계안 등이 없는 실정이다. 본 연구에서는 공동주택의 주거평면을 대상으로 자가 세대 내 소음환경 개선을 위한 설계 요인을 모색하고 성능을 검증하고자 한다. 여기서 설계요인은 소음전달경로에서의 소음 저감을 고려한 실내설비기기의 직접적인 소음 차단과 주거공간의 레이아웃 조정을 통한 차음 및 흡음 설계이다.

연구방법 및 범위

대표적인 실내설비기기는 주로 주방과 다용도실에 위치한다. 본 연구에서는 주방 인근에 위치한 소음원인 실내설비기기에 주목하여 세대 내 소음환경의 개선을 위한 흡·차음 설계를 모색하고자 한다. 연구 방법은 다음과 같다. 첫째, 선행연구와 실내음향예측프로그램을 통해 공동주택 세대 내 실내설비기기 소음 문제를 파악하였다. 둘째, 문제점을 통해 소음환경을 개선시킬 수 있는 흡·차음 설계 대안을 도출하고, 실내음향시뮬레이션을 활용하여 각각의 흡·차음 설계를 주거평면에 적용 및 성능을 검증하였다. 셋째, 흡·차음 설계별 저감 성능을 분석하고 효과적인 흡·차음 설계요인을 종합하여 주거평면에 적용 후, 기존평면과 결과를 비교하였다. 이에 건축설계를 통해 실내설비기기 소음 환경이 개선되는 것을 검증하고자 하였다.

공동주택 실내설비기기 소음 현황

실내설비기기 소음에 대한 거주자 만족도 현황

Table 1은 이남수 외 (2015)에 따른 실내설비기기에서 발생하는 소음에 대해 거주민 131명을 대상으로 설문조사를 실시한 선행연구 결과이다. 주방에 위치한 실내설비기기의 소음이 불쾌하다고 느끼는 경우는 싱크대 급수소음 10.7%, 싱크대 배수소음 13%, 레인지후드 소음 11.5%, 냉장고 소음 12.2%로 조사되었다. 내 집에서 사용하는 실내설비기기의 소음이 ‘매우 불쾌하다’, ‘불쾌하다’의 수치가 각 10% 이상이라는 점에서 실내설비기기에 대한 소음환경 개선 방안이 필요하다.

Table 1. In about facility noise displeasure degree

Noise Sources	Extremely discomfort	Discomfort	Normal	Hardly discomfort	Never discomfort
Water supply noise in Bath	3.8	12.2	33.6	35.1	15.3
Water drain noise in Bath	3.8	16	32.1	30.5	17.6
Toilet water supply noise	4.6	15.3	33.6	27.5	19.1
Toilet flushing noise	3.8	16.8	34.4	22.9	22.1
Water supply noise in sink	1.5	9.2	32.1	29.8	27.5
Water drain noise in sink	2.3	10.7	33.6	29	24.4
Urinal noise of toilet	2.3	18.3	26	30.5	22.9
Noise from washer operation	4.6	19.8	29	28.2	18.3
Noise from vacuum cleaner operation	3.1	24.4	28.2	25.2	19.1
Noise from fume hood operation	0	11.5	29.8	28.2	30.5

세대 내 실내설비기기 소음 현황 도출

세대 내 실내설비기기 소음 도출 방법

세대 내 실내설비기기의 소음원 음압레벨 현황 파악 및 흡·차음 설계의 저감 성능을 검증하기 위해 실내 음향 예측 프로그램 CATT Acoustic을 사용하였다. 이에 나주 L아파트를 대상으로 진행하였으며 평면은 Figure 1과 같다. 실제 주거와 유사한 공간을 형성시키기 위해

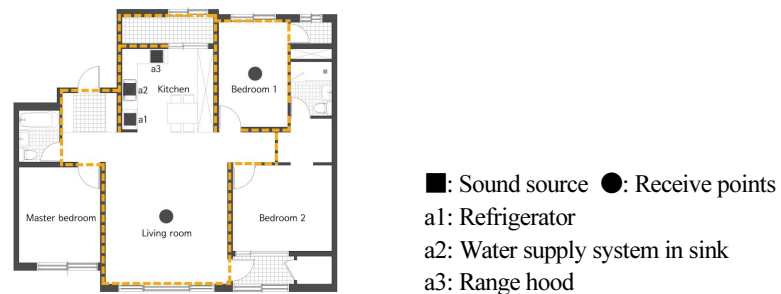


Figure 1. Naju L. APT. Floor plan (85 m²), Sound source and Receive points Location

Table 2. Finish Materials and Sound absorption coefficient

Division	Material	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Floor	Wood flooring	0.18	0.20	0.17	0.15	0.10	0.08
	Carpet 30T	0.02	0.06	0.14	0.37	0.60	0.65
Ceiling	Wallpaper	0.20	0.14	0.10	0.15	0.20	0.24
	Plasterboard+Fabric	0.28	0.35	0.30	0.38	0.50	0.65
Wall	Wallpaper	0.20	0.14	0.10	0.15	0.20	0.24
	Art board 9 mm	0.06	0.21	0.39	0.57	0.57	0.31
Other	MDF 20T	0.18	0.17	0.15	0.15	0.15	0.13
	Fiberboard Panel 25T	0.06	0.13	0.24	0.45	0.82	0.64
	Sound absorbing soft fiberboard	0.64	0.70	0.64	0.57	0.70	0.65
	Fiberglass board 25T	0.12	0.32	0.65	0.82	0.80	0.82

Table 2와 같이 실내마감재를 적용하였다. 또한 동일한 조건을 적용하기 위해 Table 3과 같이 설정하였다. 수음점의 위치는 소음의 영향을 많이 받는 거실과 주방과 인접해 있는 방1로 총 2지점을 선정하였다(Figure 1). 음원은 소음의 크기는 작으나 지속적인 작동 소음을 발생하는 냉장고(강대준 외, 2009)와 앞선 선행연구의 설문조사 결과에서 신경쓰임을 유발하는 주방 실내설비기기로 조사된 싱크대 급수설비, 레인지후드로 선정하였다. 가전제품의 음향파워레벨 실태조사(Kang et al., 2006) 선행연구에서 잔향실법으로 측정된 데이터와 주거공간에서 측정된 음원의 음압레벨(강민우 외, 2016)을 바탕으로 음향파워레벨 산출식 (1)에 의거하여 음향파워레벨(PWL)을 구하였다. 이는 Table 4와 같다.

$$PWL = SPL - 10 \log_{10} \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \quad (1)$$

Table 3. CATT Acoustic simulation condition

Division	
Temperature	20°C
Relative humidity	50%
Number of ray/cones	50000
Echogram/Impulse response	1000 ms
Height of sound source	Refrigerator 1.0 m, Water supply system 0.6 m, Range hood 1.8 m

Table 4. Sound power level of sound source

Division		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
a1	Refrigerator	24.8	35.6	34.1	33.1	36.1	41.9
a2	Water supply system in sink	44.2	41.1	48.2	47.7	49.7	56.3
a3	Range hood	41.9	50.6	58.0	58.6	56.5	52.4

세대 내 실내설비기기 소음 현황

Figure 2 음원별 음선추적법을 보면 거실과 주방, 그리고 복도가 개방된 평면으로 인해 주방에서 발생하는 실내설비기기의 소음이 인접한 공간에 그대로 전달되어 지는 것으로 나타났다. 또한 Table 5의 결과 값을 보면 거실의 경우 실내설비기기가 위치한 주방과 직접적으로 연결되어 있어 방1보다 소음의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 거실에서의 각 소음원의 소음레벨은 국토교통부의 공동주택 소음기준인 외부소음에 대한 실내소음(MOLIT, 2020)과 층간소음의 공기전달음(MOLIT, 2014)의 기준 값인 45dB과 비교하였을 때 높은 소음레벨로 나타났다. 이에 실내소음환경을 악화시키는 실내설비기기 소음에 주목하여 소음환경을 개선시킬 수 있는 설계측면의 방안이 필요하다.

Table 4의 음향파워레벨과 Table 5의 거실에서의 냉장고 음압레벨 주파수 대역을 비교해 보면 다른 실내설비기기보다 저감이 미비하게 나타난다. 이는 냉장고의 음원 위치와 거실의 수음점의 거리가 비교적 가까우며 냉장고 직접음의 영향으로 인해 미비한 것으로 판단된다.

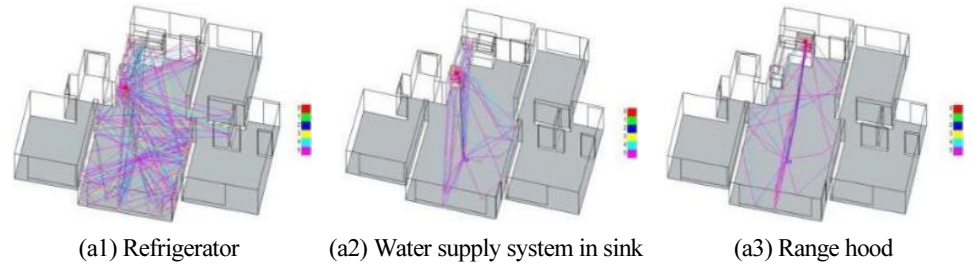


Figure 2. Ray Tracing method of sound source (Red point: sound source)

Table 5. Refrigerator, Water supply system in sink, Range hood noise by space in Naju L. APT

Division	Room	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	dB (A)
Refrigerator	Living room	24.7	35.2	34.1	33.0	35.1	40.5	44.5
	Bedroom1	13.2	26.7	26.5	24.7	24.9	29.7	34.2
Water supply system in sink	Living room	39.7	36.2	46.0	44.4	44.5	51.3	55.3
	Bedroom1	30.7	28.9	36.9	34.6	35.2	41.4	45.0
Range hood	Living room	36.2	45.3	54.8	55.6	53.4	47.4	59.6
	Bedroom1	29.7	39.0	47.3	46.5	42.8	36.4	50.2

소음환경의 개선을 위한 흡·차음 설계 요인

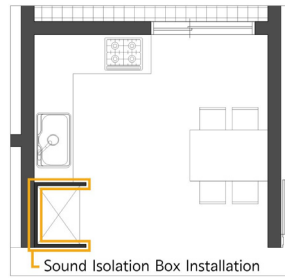
설계 개요

본 연구에서는 시뮬레이션 프로그램을 활용한 건축설계를 통해 세대 내 실내설비기기 소음환경을 개선할 수 있는 다양한 설계요인을 모색하고자 하였다. 이에 Figure 2에서 음선이 집중적으로 지나가는 곳에 주목하여 소음원의 음압레벨을 저감할 수 있는 흡·차음 설계를 하고자한다. 흡·차음 설계는 실내설비기기의 직접적인 소음차단과 주거공간의 레이아웃 조정을 통해 실내 소음환경을 저감하는 방법으로 진행하였다. 실내설비기기의 직접적인 소음차단의 방안으로는 차음박스 설치와 실내설비기기 설치공간에 흡음성이 있는 마감재를 적용하는 것이며, 주거공간의 레이아웃 조정 방안으로는 차단벽 설치와 실내 마감재 변경으로 구분하였다. 흡·차음 설계의 소음원 음압레벨 저감 성능을 파악하기 위해 시뮬레이션에서의 평면 형태, 면적, 음원 및 수음점의 위치는 고정하였으며 나주 L아파트의 평면에 각각의 흡·차음 설계를 적용하였다. 이에 도출된 결과 값은 기존 결과 값 Table 5와 비교·분석하였다.

설비기기 설치공간의 차음 설계

나주 L아파트를 대상으로 시뮬레이션을 진행한 결과 냉장고 가동 시 발생하는 소음은 거실 44.5 dB (A), 방1 34.2 dB (A)로 나타났다(Table 5). 냉장고 소음의 경우 층간소음의 야간 공기전달음 규제 값인 40 dB (A)와 비교했을 때 주간보다 정온한 소음환경이 요구되는 야간에 신경쓰임을 유발하는 것으로 나타났다. 냉장고는 주방 인근의 개방된 공간에 위치하여 인접한 공간으로 전달되는 직접음과 반사음이 크게 나타난다(Figure 2). 이에 소음원의 직접적인 소음저감을 위해 냉장고 설치공간에 소음전달경로를 차단하는 차음박스를 설치하였다.

차음박스는 시뮬레이션 상에서 1000 × 800 × 1800 mm의 규격으로 적용하였다. 차음박스 설치 시 소음환경 개선과 건축재료별 저감 효과를 파악하기 위해 Figure 3과 같은 대안을 통해 시뮬레이션을 진행하였다. 이에 차음박스는 재료의 흡음성이 다른 MDF 20T, Fiberboard panel 25T로 설치하였으며 차음박스 내부에 흡음성이 높은 마감재를 적용하였다. 그 결과 Table 6과 같다.



- A1: MDF 20T
- A2: Fiberboard panel 25T
- A3: MDF + Sound absorbing soft fiberboard
- A4: Fiberboard panel 25T+Sound absorbing soft fiberboard

Figure 3. Refrigerator sound insulation box installation

Table 6. Results of refrigerator sound insulation box installation

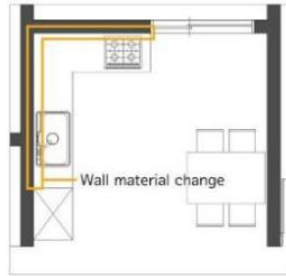
Division	Room	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	dB (A)	
Refrigerator	A1	Living room	22.2	32.9	32.1	31.5	33.7	37.1	41.8
		Bedroom1	13.1	25.7	26.4	22.5	24.5	28.7	33.2
	A2	Living room	22.0	33.6	32.3	29.1	29.2	34.5	39.4
		Bedroom1	13.2	25.0	25.3	21.3	22.1	25.7	30.9
	A3	Living room	18.6	29.4	29.6	27.7	29.8	34.6	38.8
		Bedroom1	8.8	23.1	22.3	19.2	21.4	24.7	29.8
	A4	Living room	19.1	30.1	29.0	28.4	28.5	33.5	38.1
		Bedroom1	10.2	22.7	22.5	19.1	20.6	25.2	29.6

냉장고 설치공간에 차음박스를 설치한 결과, A1은 소음 저감 효과가 미비한 것으로 나타났다. 하지만 A1과 흡음률이 다른 A2를 차음박스로 설치한 경우와 박스 내부에 흡음재를 적용한 A3, A4의 경우 3~6 dB (A) 정도 소음 저감에 효과가 있는 것으로 나타났다. 특히 박스 내부에 흡음재를 설치한 경우 거실과 방의 모든 주파수 대역 값에서 3~7 dB (A) 가량의 저감 효과를 보였다. 냉장고 설치공간에 Fiberboard panel 25T를 사용한 차음박스를 설치하는 것은 근거리에서 소음전달경로를 차단 할 수 있는 효과적인 차음설계로 보인다. 또한, 차음박스 내부에 흡음재를 추가 적용하는 것은 거실과 방1에서의 소음원 음압레벨 저감 뿐만 아니라 특정 주파수 대역의 소음레벨 저감에 효과가 있는 것으로 판단된다.

설비기기 설치공간의 흡음 설계

급수설비와 레인지 후드는 주방의 작업 공간대와 접해 있어 차음박스 설치에 어려움이 있다. 이에 근거리에서 실내설비기기의 소음레벨을 저감 할 수 있도록 실내설비기기 설치공간에 흡음설계를 진행하였다. 급수설비와 레인지후드는 소음 발생 시, 음원과 맞닿아 있는 인접

한 벽면을 통해 소음이 반사된다(Figure 2). 이에 음원과 맞닿아 있는 벽면의 마감재를 흡음성이 높은 마감재로 변경하여 음압레벨을 저감하고자 하였다. Figure 4와 같이 작업대에 위치한 벽면으로 물과 불의 사용이 용이할 수 있는 강체흡음재를 적용하였다. 시뮬레이션 결과는 Table 7과 같다.



B1/C1: Sound absorbing soft fiberboard
 B2/C2: Fiberglass board 25T

Figure 4. Sound absorption design of water supply system and range hood

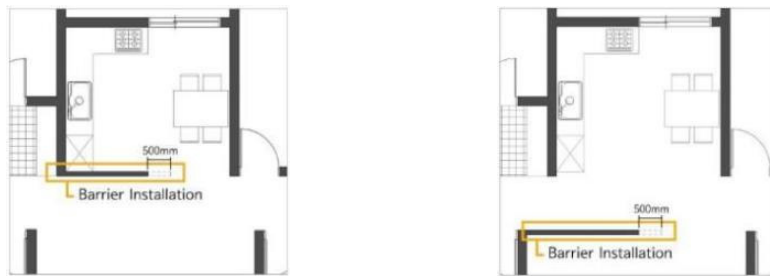
Table 7. Results of sound absorption design of water supply system and range hood

Division	Room	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	dB (A)	
Water supply system in sink	B1	Living room	36.3	35.2	43.2	42.2	43.4	48.7	52.9
		Bedroom1	27.6	27.5	36.8	33.9	32.6	37.5	42.4
	B2	Living room	38.2	36.7	43.5	42.6	42.5	48.8	52.6
		Bedroom1	27.4	26.9	35.3	33.1	34.2	38.4	42.8
Range hood	C1	Living room	35.6	46.2	52.8	53.7	50.7	46.5	57.5
		Bedroom1	25.6	35.9	46.4	44.5	39.7	34.4	48.3
	C2	Living room	37.4	46.9	54.1	52.4	50.0	45.4	56.9
		Bedroom1	26.3	36.5	45.6	43.6	40.6	33.6	47.8

음원과 맞닿아 있는 벽면의 마감재를 흡음성이 높은 타공판과 유리섬유로 변경한 결과, 흡음률이 높은 두가지 마감재 모두 소음저감 효과가 미비하게 나타났다. 이는 소음전달경로의 개방과 소음원과 인접한 일부 벽체에만 흡음재를 적용하여 효과가 미비한 것으로 판단된다.

차단벽 설치

주거평면의 경우 거실, 주방, 복도가 개방되어 있는 구조로 되어 있어 실내설비기 소음발생 시 인접한 실내공간에 영향을 끼친다. Figure 2의 음원별 음선을 보면 소음이 인접한 공간으로 전달될 때 일부공간을 집중적으로 지나가는 것이 나타났다. 이 공간에 소음전달경로를 차단하는 가벽을 설치하여 거실과 방1에서의 소음원 음압레벨을 효율적으로 저감하고자 하였다. 가벽은 3가지 음원의 전달경로를 모두 차단할 수 있는 주방과 거실 인근에 각각 설치하여 위치에 따른 저감성능을 비교하고자 하였다. 또한 가벽의 길이에 따른 음압레벨 저감 효과를 파악하기 위해 작업 공간대 길이와 동일한 가벽과 그보다 500 mm 추가된 가벽을 설치하여 시뮬레이션을 진행하였다. 이는 Figure 5와 같으며 시뮬레이션 결과는 Table 8과 같다.



D1: Barrier 1800 mm + Fiberboard panel 25T D3: Barrier 2400 mm + Fiberboard panel 25T
 D2: Barrier 2300 mm + Fiberboard panel 25T D4: Barrier 2900 mm + Fiberboard panel 25T

Figure 5. Barrier Installation on existing plane

Table 8. Results of barrier installation on existing plane

Division	Room	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	dB (A)	
Refrigerator	D1	Living room	19.2	32.1	30.5	27.5	28.5	33.0	37.8
		Bedroom1	12.2	24.6	24.2	20.6	20.5	24.8	29.7
	D2	Living room	19.3	31.1	29.2	26.3	26.6	31.6	36.2
		Bedroom1	8.6	23.1	22.7	19.3	18.8	23.3	28.2
	D3	Living room	20.2	31.6	32.6	28.6	29.8	35.0	39.4
		Bedroom1	14.6	26.3	27.0	23.6	23.2	28.0	32.7
	D4	Living room	18.7	30.1	30.4	26.5	28.0	33.6	37.8
		Bedroom1	10.4	24.8	25.2	21.7	21.6	26.6	31.5
Water supply system in sink	D1	Living room	35.8	33.9	42.1	41.0	39.7	46.3	50.5
		Bedroom1	28.3	26.7	35.2	32.5	32.5	37.2	41.9
	D2	Living room	33.7	32.8	40.7	38.1	38.0	44.4	48.4
		Bedroom1	27.3	24.7	34.7	32.3	31.4	36.2	40.8
	D3	Living room	35.9	34.8	43.3	40.9	41.3	47.1	51.2
		Bedroom1	28.8	27.2	35.7	33.2	33.5	40.2	43.7
	D4	Living room	35.1	34.2	42.2	38.9	39.1	45.8	49.7
		Bedroom1	28.9	26.8	36.3	32.8	33.4	40.0	43.6
Range hood	D1	Living room	33.5	44.7	53.1	52.1	48.9	44.6	56.2
		Bedroom1	25.6	37.6	47.2	44.5	40.8	34.9	48.8
	D2	Living room	34.6	44.3	52.3	50.6	47.0	42.7	54.8
		Bedroom1	25.9	36.2	45.0	43.4	38.9	33.9	47.2
	D3	Living room	34.5	44.8	52.9	53.1	49.1	44.1	56.6
		Bedroom1	27.2	37.8	46.0	45.1	41.9	35.3	49.0
	D4	Living room	33.6	42.8	51.2	51.2	47.0	42.6	54.7
		Bedroom1	25.7	36.2	47.0	43.5	40.4	35.1	48.3

가벽 위치에 따른 소음원의 음압레벨 저감효과를 비교해보면 거실 인근에 가벽을 설치한 D2와 D4의 경우, 거실에서 3가지 실내설비기기 소음레벨이 3~7 dB (A) 가량 저감되었지만, 방1에서의 저감 효과는 모두 미비하게 나타났다. 이에 비해 주방 인근에 가벽을 설치한 D1과

D3의 경우, 3가지 실내설비기기 소음레벨이 거실에서 3~8 dB (A) 가량 저감되었으며 방1에서도 3~6 dB (A) 가량 소음저감이 되는 것으로 나타났다. 가벽의 길이에 따른 소음원의 음압레벨 저감성능을 비교해본 결과, 주방 인근에 작업대 길이보다 500 mm 길게 설치한 가벽이 작업대 길이와 동일하게 설치한 가벽보다 소음저감 효과가 크게 나타났다. 가벽 설치에 대한 시뮬레이션 결과, 주방 인근에 가벽을 설치하면 거실과 방1에서 모두 소음저감 효과가 있으며 가벽의 길이가 길수록 저감성능이 더욱 좋아지는 것으로 보여진다. 소음원이 위치한 주방과 정온한 환경을 유지해야하는 공간 사이에 설치되는 가벽은 소음전달경로를 차단시켜주어 실내설비기기의 소음환경을 개선시켜주는 효과적인 차음설계 방안으로 판단된다.

실내마감재 변경

Figure 2를 보면 실내설비기기의 소음은 천장 또는 바닥, 벽체, 가구 등에 부딪혀 확산, 반사가 이루어진다. 냉장고의 경우 인접한 가구나 천장, 측벽, 바닥을 통해 소음이 전달되어지며, 급수설비나 레인지후드의 경우 주로 음원이 설치되어 있는 주방 작업대 또는 바닥과 천장을 통해 소음이 전달되어지는 것으로 나타났다. 이에 개방된 공간의 천장, 측벽, 바닥의 실내마감재를 흡음성이 있는 마감재로 변경하여 실내설비기기 소음의 저감성능을 비교하고자 하였다. 마감재는 Figure 6과 같이 선정하였으며 시뮬레이션 결과는 Table 9와 같다.

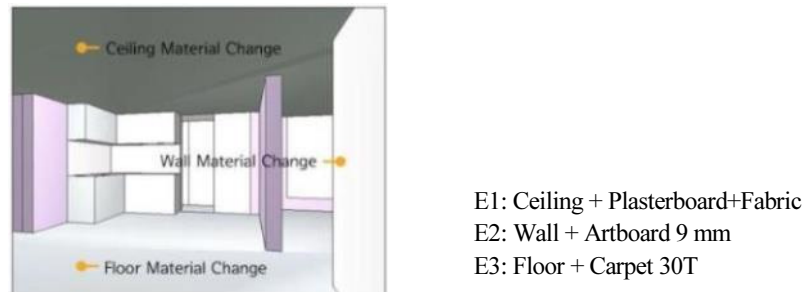


Figure 6. Change of Indoor finishing materials

측벽에 Artboard 9 mm 마감재를 적용한 E2의 결과 값을 보면 레인지후드의 소음이 거실과 방에서 3 dB (A)가량 저감된 것으로 나타났으나 냉장고와 급수설비의 소음저감 효과는 미비하게 나타났다. 하지만 천장에 석고보드+페브릭 마감재를 적용한 E1의 결과, 거실과 방1에서 냉장고는 4 dB (A), 급수설비는 5 dB (A), 레인지후드는 3 dB (A) 가량의 저감 효과를 보였다. 또한 바닥에 카펫을 적용한 E3의 결과, 냉장고 4 dB (A), 급수설비 4 dB (A), 레인지후드 3 dB (A) 정도 소음 저감이 되었다. 바닥의 주파수 대역을 보면 재료의 흡음률로 인해 1000 Hz 이상의 대역에서부터 저감량이 큰 것으로 나타났으며 이는 마감재의 500 Hz이하 주파수 대역 흡음률이 저조하여 효과가 미비한 것으로 판단된다. 실내마감재를 변경한 결과, 천장, 측벽, 바닥의 마감재 흡음 특성은 다르지만 소음의 반사가 가장 많이 이루어지는 천장과 바닥의 마감재 변경이 소음저감에 효과가 있는 것으로 나타났다. 이에 개방된 주거평면의 경우, 천장 또는 바닥의 마감재 변경은 실내설비기기 소음 환경을 개선할 수 있는 효과적인 방안이라 판단된다.

Table 9. Results of change of indoor finishing materials in existing plane

Division	Room	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	dB (A)	
Refrigerator	E1	Living room	22.2	33.8	32.5	30.7	32.3	36.1	40.9
		Bedroom1	11.6	23.5	23.9	20.7	23.1	24.8	30.2
	E2	Living room	23.0	33.2	30.4	29.0	33.0	39.6	43.9
		Bedroom1	13.5	25.6	22.3	18.6	21.0	29.2	33.1
	E3	Living room	25.7	36.4	34.5	30.8	31.4	36.1	40.8
		Bedroom1	14.4	27.7	25.6	21.7	20.2	25.6	30.3
Water supply system in sink	E1	Living room	37.1	34.8	42.4	42.0	41.2	45.9	50.4
		Bedroom1	27.0	25.2	34.4	31.5	32.0	34.0	39.8
	E2	Living room	40.7	36.9	42.5	42.1	41.5	51.4	55.0
		Bedroom1	29.7	26.7	34.6	31.7	31.4	38.9	43.2
	E3	Living room	39.4	37.7	44.8	42.4	40.7	46.5	51.2
		Bedroom1	31.5	30.2	37.1	32.6	29.3	34.2	40.2
Range hood	E1	Living room	35.8	45.0	53.5	52.8	48.9	43.7	56.5
		Bedroom1	24.9	35.3	45.3	42.7	39.4	32.3	46.9
	E2	Living room	39.0	47.5	52.1	49.9	49.9	47.1	56.3
		Bedroom1	27.2	35.7	43.9	42.6	39.6	36.6	47.1
	E3	Living room	39.1	48.6	55.2	52.8	47.1	42.5	56.6
		Bedroom1	29.4	39.2	47.2	42.0	35.8	30.5	46.9

개선안 검증

앞선 실험에서는 차음박스 설치, 흡음재 적용, 차단벽 설치, 실내마감재 변경의 흡·차음 설계를 각각 나주 L아파트 주거평면에 적용하여 소음저감 성능을 분석하였다. 그 결과, 냉장고의 차음박스 설치, 차단벽 설치, 실내 마감재 변경의 흡·차음 설계에서 소음원의 음압레벨을 저감하는 것으로 나타났다. 이에 3가지 흡·차음 설계에서 저감성능이 가장 우수한 설계대안을 선정하고 나주 L아파트 평면에 Figure 7과 같이 적용하여 시뮬레이션을 진행하였다. 이를 통해 도출한 결과 값과 기존 주거의 결과 값을 비교·분석하여 건축설계를 통해 소음환경이 개선되는 것을 확인하고자 하였다. 그 결과는 Table 10과 같다.

저감성능이 우수한 흡·차음 설계 3가지를 적용한 결과, 냉장고의 경우 직접적인 차단과 레이아웃 조정을 통한 흡·차음 설계가 모두 적용되었기 때문에 기존주택과 비교하였을 때 거실에서 16 dB (A), 방에서 11 dB (A) 가량의 높은 저감 효과를 보이고 있다. 이에 거실과 방1에서의 냉장고 음압레벨은 28.8 dB (A)와 23 dB (A)로 낮은 소음레벨을 나타내고 있다. 급수설비의 경우 레이아웃 조정에 관한 흡·차음 설계만 적용되었음에도 불구하고 거실에서 43 dB (A), 방에서 36.4 dB (A)의 음압레벨이 나타났다. 이는 기존 주거와 비교하였을 때 각각 12 dB (A), 8 dB (A) 가량의 소음이 저감된 것으로 나타났다. 레인지후드는 급수설비와 동일한 흡·차음 설계가 적용되었다. 그 결과 거실 51.9 dB (A), 방 45.6 dB (A)의 음압레벨로 각 7 dB (A), 4 dB (A) 가량의 소음이 저감되었다. 흡·차음 설계를 통해 소음이 저감되었음에도 레인

지후드의 거실 음압레벨의 경우 실내소음도 규제 값과 비교하였을 때 높은 소음레벨로 나타났다. Figure 8의 음원별 음선추적법과 Figure 2를 비교해 보면, 효율적인 소음전달경로의 차단으로 인해 기존공동주택에 비해 인접한 실내공간에 소음전달이 감소된 것으로 판단된다.

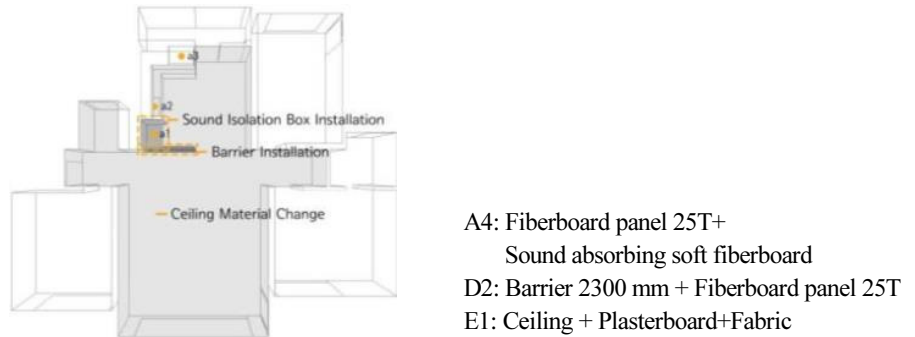


Figure 7. Application of sound insulation and sound absorption design

Table 10. Results of application of sound insulation and sound absorption design

Division	Room	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	dB (A)
Refrigerator	F Living room	11.8	22.6	23.8	20.2	20.5	23.1	28.8
	Bedroom1	4.0	15.0	14.8	13.1	17.8	17.4	23.0
Water supply system in sink	F Living room	31.1	29.0	38.1	33.6	33.6	38.0	43.0
	Bedroom1	24.8	22.5	32.8	28.7	28.0	30.7	36.4
Range hood	F Living room	32.7	40.6	49.2	48.8	43.4	37.1	51.9
	Bedroom1	23.5	35.0	43.5	42.3	36.5	30.8	45.6

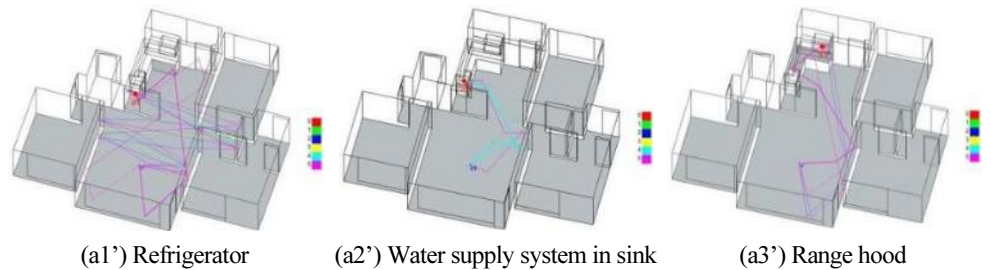


Figure 8. Ray Tracing method in which sound absorption and sound insulation design is applied (Red point: sound source)

결론

실내설비기기의 소음문제를 해결하는 것은 어려운 일이다. 특히, 보편적인 주거평면의 경우 개방형 설계로 인해 실내설비기기에서 발생하는 소음을 저감시키기는 더욱 어려운 실정이다. 이에 가장 효율적인 소음환경 개선 방안은 건축 초기단계에서 실내 소음을 고려하여 설계 하는 것이다. 본 연구에서는 실내설비기기의 소음전달경로에 주목하여 실내설비기기의

직접적인 소음차단과 주거공간의 레이아웃 조정을 통해 건축 설계단계에서 소음을 저감할 수 있는 흡·차음설계를 도출 및 검증하고자 하였다. 차음박스 및 흡음재 사용, 차단벽 설치, 실내마감재변경의 흡·차음설계를 주거평면에 각자 적용하고 저감 성능을 분석한 결과, 차음박스, 차단벽설치, 실내마감재 변경에서 소음환경 개선 효과가 있는 것을 확인하였다. 또한 저감효과가 우수한 흡·차음설계를 종합하여 주거평면에 적용한 결과, 각각의 흡·차음설계를 적용했을 때 보다 더 높은 저감성능을 확인할 수 있었다. 위와 같은 실험 결과, 건축설계 초기단계에서 소음원의 소음전달경로에서의 소음 저감을 고려하면 세대 내 실내설비기기의 음압레벨을 효과적으로 저감할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서는 주방에 위치한 냉장고, 급수설비, 레인지 후드를 중점으로 실내설비기기 소음환경 개선을 위한 흡·차음설계에 대해 연구하였다. 향후 연구에서는 다양한 종류의 실내설비기기 소음저감에 대한 검증과 다양한 평면형 또는 면적, 설계방식 등에 따른 소음환경 개선방안에 대한 검증이 정량적으로 이루어져야 할 것이다. 또한 흡·차음설계 대안을 실제 시공한 후, 실측을 통해 시뮬레이션 결과를 검증하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 국토교통부 주거환경연구사업의 연구비지원(20RERP-B082204-07)에 의해 수행되었습니다.

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(No. 2020R1A2C1015162).

References

1. Kang, D.J., Gu, J.H., Lee, J.W. (2009). Sound Power Level of Electric Home Appliances according to Measurement Method. Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering. 19(4), 335-346.
2. Lee, N.S., Song, M.J., Kang, M.W., Oh, Y.K. (2015). A Study on the Degree of Satisfaction on the Facility Noise of Apartment Houses. Journal of KIAEBS, 9(1), 58-65.
3. Kang, M.W., Song, M.J., Lee, N.S., Oh, Y.K. (2016, 11). A Study on the Indoor Sound Pressure Level Distribution of Indoor Facility Representative of Apartment House. Autumn academic presentation Conference: Journal of KIAEBS, 102-103.
4. Kang, D.J., Gu, J.H., Lee, J.W., Park, H.K., Kim, T.S., Kwon, H.J., Kim, J.C. (2006). Survey of the Sound Power Level of Electric Home Appliances. Incheon: National Institute of Environmental Research.
5. Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (MOLIT). (2014). Rules on the Scope and Standards of Noise Between Floors in Apartment Houses.
6. Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (MOLIT). (2020). Indoor Noise Level about external noise.