

소리와 방음

주거공간에서의 소음 줄이기 방안

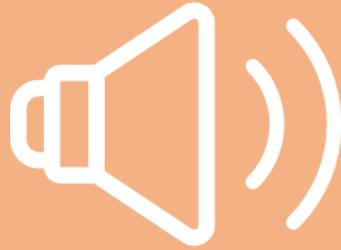
Purple Sound
정종훈 심규빈

목차



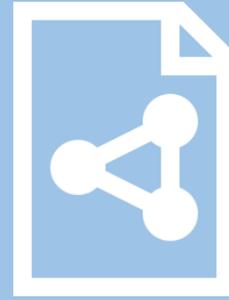
소음 문제 실태

1



소리와 방음

2



모델링 소개

3



해석 결과 및 결론

4

사회

사회일반

'층간소음 불만' 위층 찾아가 흥기로 협박한 40대 집유

기사등록 일시 [2016-11-30 15:32:30]

공인쇄하기 ✉ 이메일 🔍 크게 🖨 작게



【수원=뉴스시스】 이준석 기자 = 아이들이 뛰어다녀 시끄럽다며 위층 이웃을 흥기로 위협한 40대에게 법원이 집행유예를 선고했다.



2015년 서울 이웃간 소음 신고건수

1028건

방음재 변경



VS

벽면 구조 변경



소리의 3요소

1. 소리의 세기 : 소리의 진폭 (단위 : dB)
 2. 소리의 높낮이 : 소리의 진동수 (단위 : Hz)
 3. 소리의 맵시 : 음파의 모양
- 소음평가시 핵심 요소

소리와 방음 소리

음압레벨(SPL)

음압을 나타냄에 있어서 기준값을 두어 대수값으로 나타낸 것

$$SPL = 10 \log \frac{p^2}{p_{ref}^2} [dB]$$

p : 음압

p_{ref} : 기준 음압 (공기에서 20μ Pa)

+1dB 거의 인지 불가

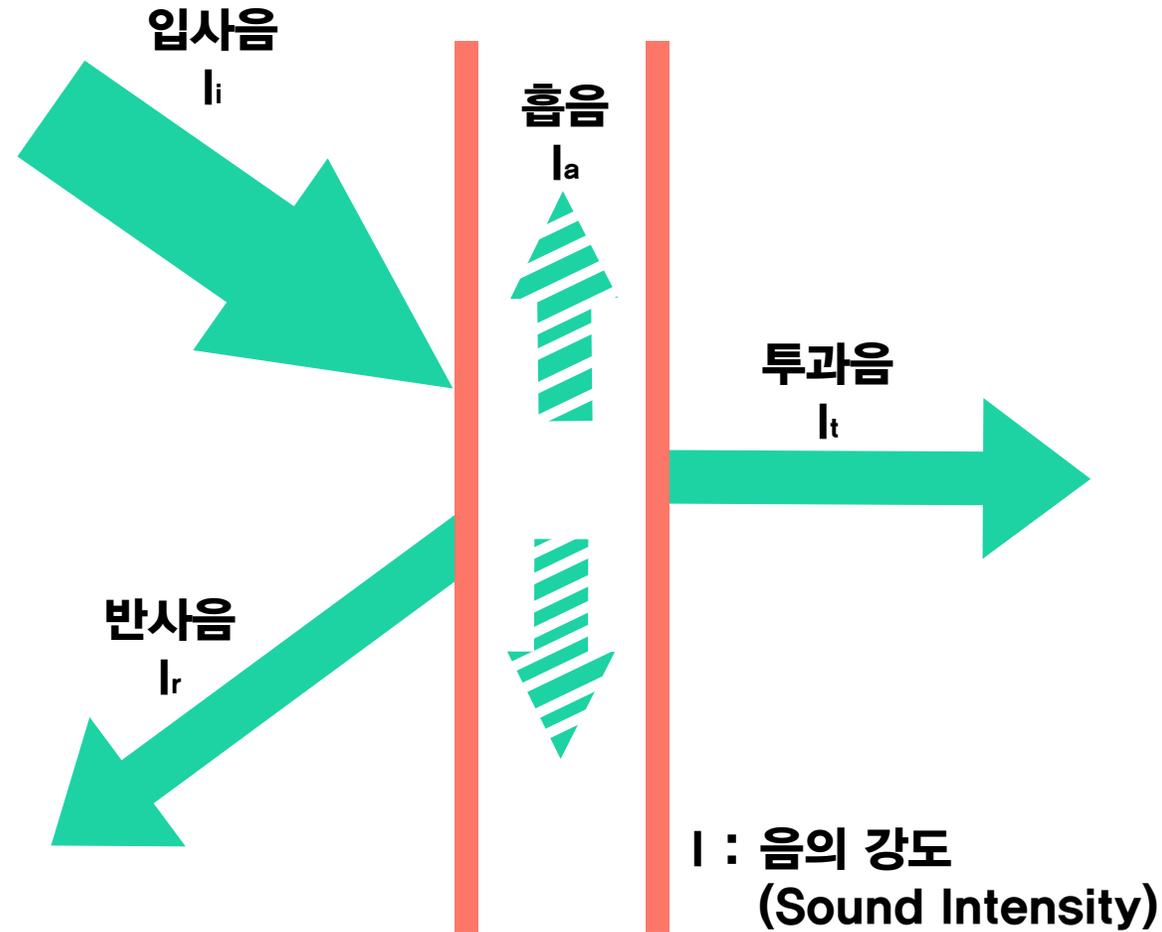
+3dB 간신히 인지 가능

+5dB 완벽하게 차이 인지 가능

+10dB 2배 정도 소음 증가 인식

+20dB 4배 정도 소음 증가 인식

소리와 방음



1 흡음

소리가 재료에 흡수되는 것

흡음률(Sound Absorption Coefficient)

$$\alpha = 1 - \frac{I_r}{I_i}$$

2 차음

소리가 투과되지 않는 것

투과손실(Transmission Loss)

$$TL = 10 \log \frac{I_i}{I_t} = 10 \log \frac{I_i}{I_0} - \log \frac{I_t}{I_0} [dB]$$

소리와 방음

방음

Model Builder

Settings

Parameters

Name	Expression	Value	Description
alpha_s	0.56	0.56	Absorption Coefficient o...
alpha_h	0.2	0.2	Absorption Coefficient o...
P	0.01[mW]	1E-5 W	Power of the speaker
alpha_door	0.08	0.08	Absorption Coefficient o...
TL_door	15	15	Transmission loss of door

1

흡음률

alpha_s : 침대, 소파

alpha_h : 벽, 바닥

alpha_door : 문

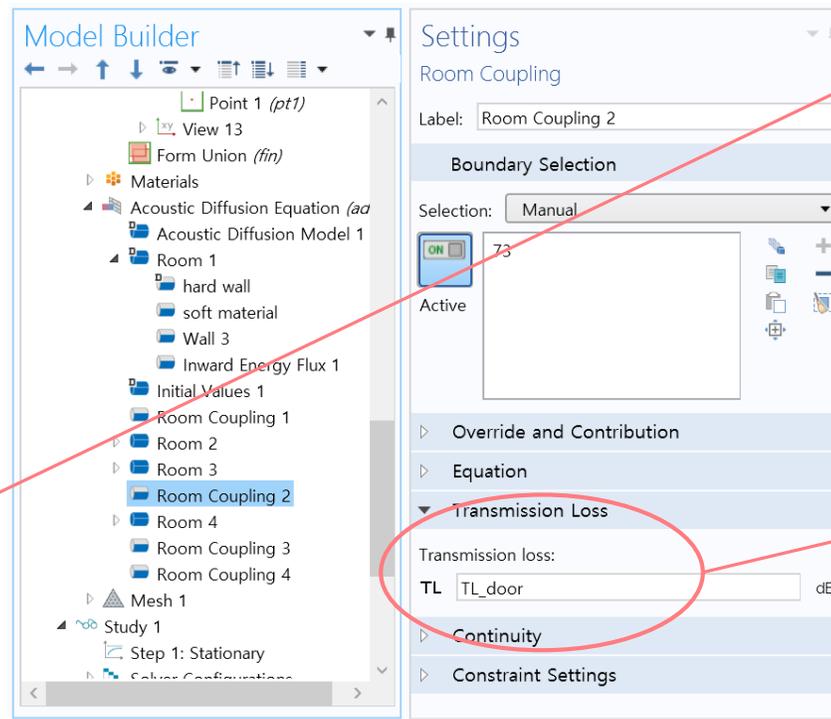
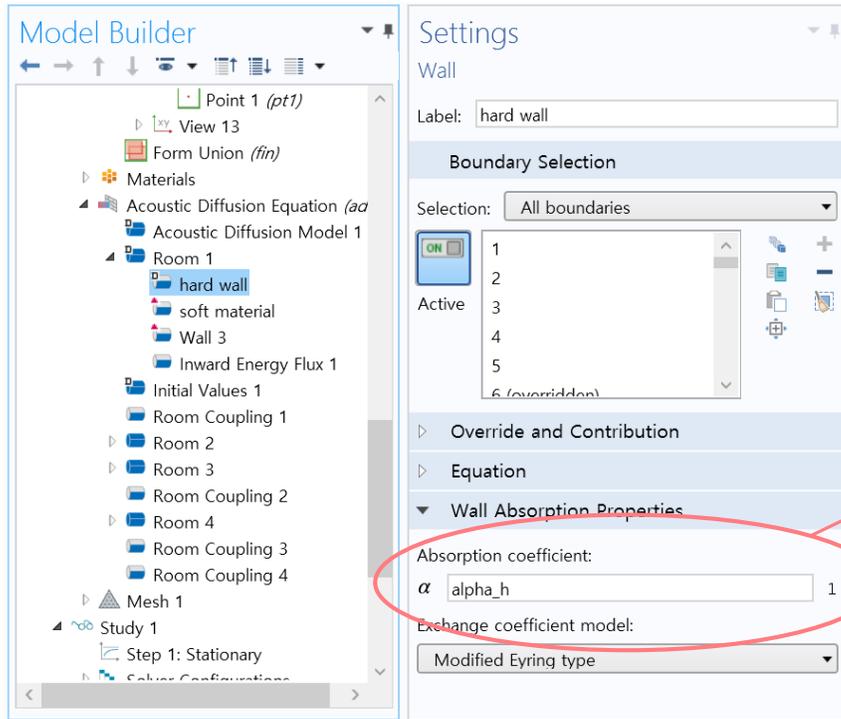
2

투과손실

TL_door : 문

소리와 방음

방음



1
Wall에 흡음률 입력

2
Room coupling에
투과 손실 입력

The screenshot shows the 'Select Physics' dialog box with the following structure:

- File (dropdown)
- Home
- Definitions
- Geometry
- Materials
- Physics
- Mesh
- Study
- Results

Select Physics

Search

- Acoustic-Structure Interaction
- Aeroacoustics
- Thermoacoustics
- Geometrical Acoustics
 - Ray Acoustics (rac)
 - Acoustic Diffusion Equation (ade)**
- Chemical Species Transport

Add

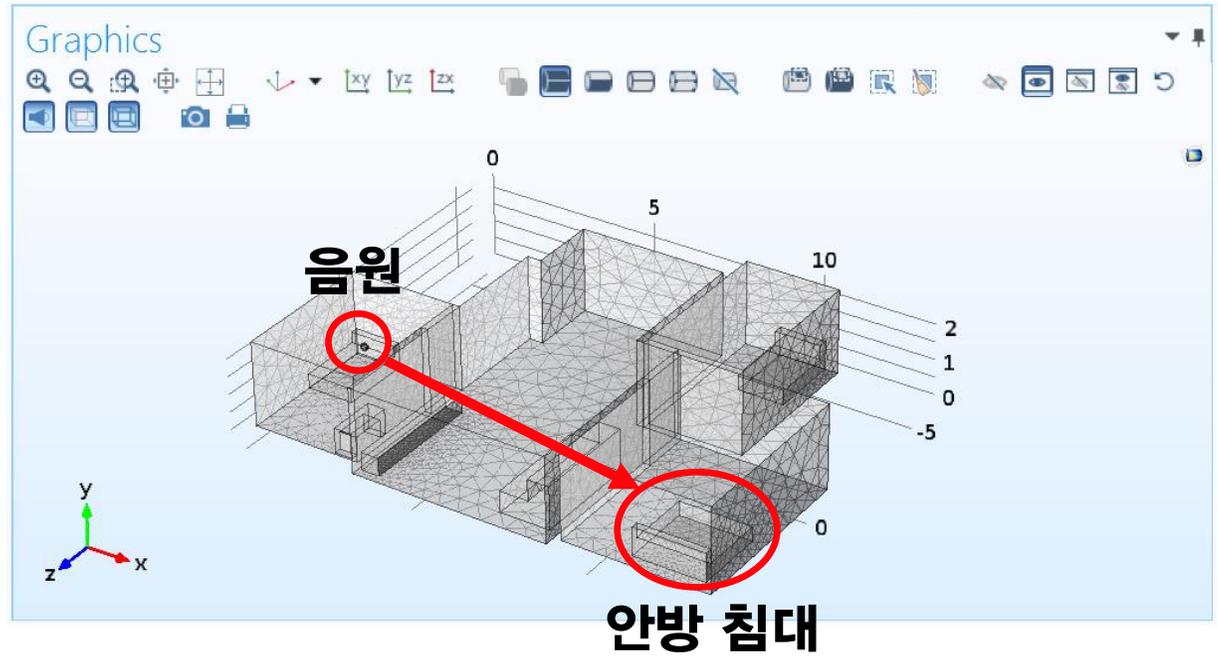
Added physics interfaces:

Acoustic Diffusion Equation

The Acoustic Diffusion Equation interface solves a diffusion equation for the acoustic energy density distribution for room acoustics. It is applicable for high-frequency acoustics when the acoustic fields are diffuse. The diffusion of the acoustic energy density depends on the mean free acoustic path and thus on the room geometry. Absorption may be applied at walls and a transmission loss may be applied when coupling rooms. Increased diffusion due to room fitting can be added. Material properties and sources may be specified in frequency bands.

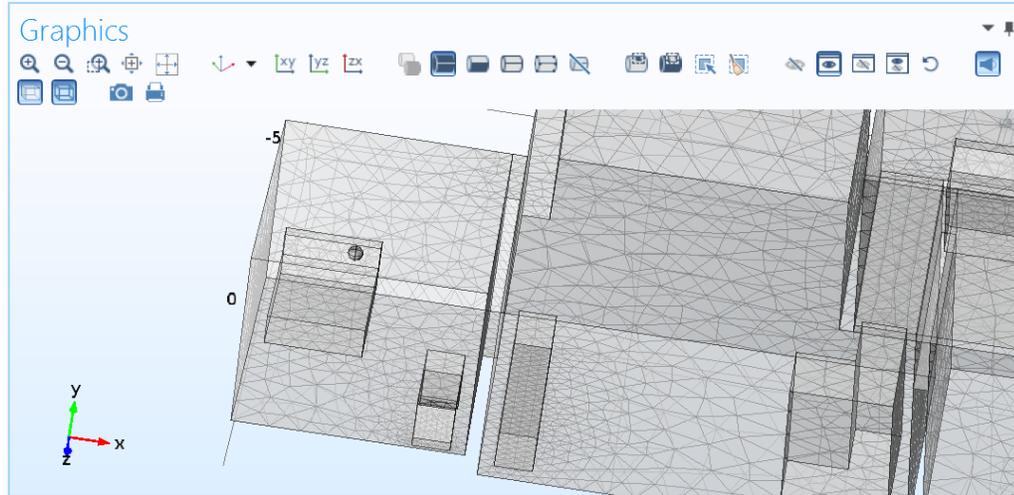
The interface is well suited for quick assessment of sound pressure level distribution inside buildings and other large structures. Compared to a ray acoustics simulation this interface does not include any phase information, direct sound and early reflections. The interface supports stationary studies for modeling a steady state sound energy or sound pressure level distribution. A time dependent study can be used to determine energy decay curves and reverberation times. The reverberation time of coupled and uncoupled rooms can also be determined using the eigenvalue study. The eigenvalue is directly related to the exponential decay time.

모델링 소개 geometry



모델링 소개 modeling의 간소화

1

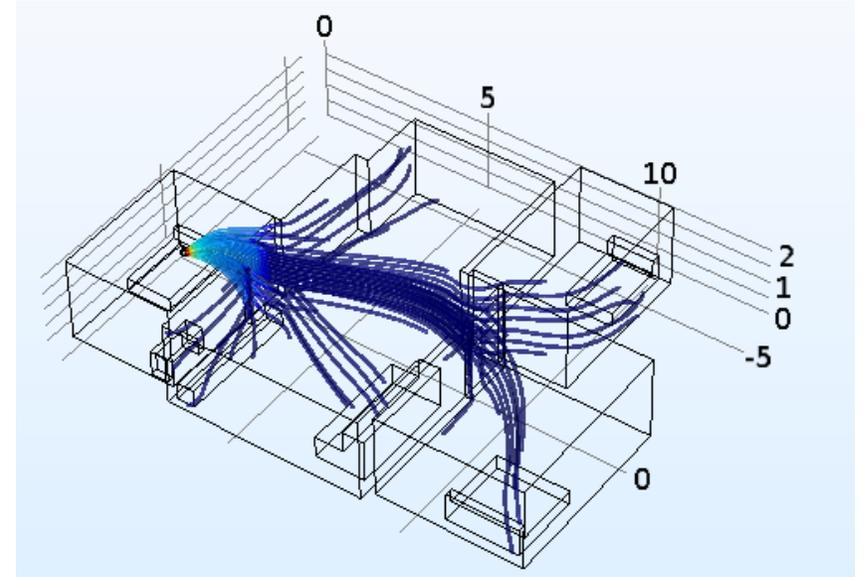


벽의 높은 투과 손실
소리의 전달 영향 매우 작음



벽의 모델링 제외

2



소리전달에서 다음 공간의
영향 매우 적음



도면에서의 화장실, 드레스룸
등의 모델링 제외

모델링 소개

해석결과의 보정

Settings

Variables

Active

Variables

Name	Expression	Unit	Description
A	4*pi*R^2	m^2	Total area of speaker
J	P/A	W/m^2	Inward energy flux
x1	sp1(x)	m	x coordinates of center...
y1	sp1(y)	m	y coordinates of center...
z1	sp1(z)	m	z coordinates of center...
r1	sqrt((x-x1)^2+(y-y1)...	m	distance from the speaker
I1	P/(4*pi*r1^2)	W/m^2	sound intensity
z0	ade.c*ade.rho	kg/(m^2*s)	sound impedance
R	0.1[m]	m	radius of speaker
p_2	I1*z0	kg^2/(m^2*...	pressure squared in the...

Settings

Variables

Label: Variables 2

Geometric Entity Selection

Geometric entity level: Domain

Selection: Manual

Active

Variables

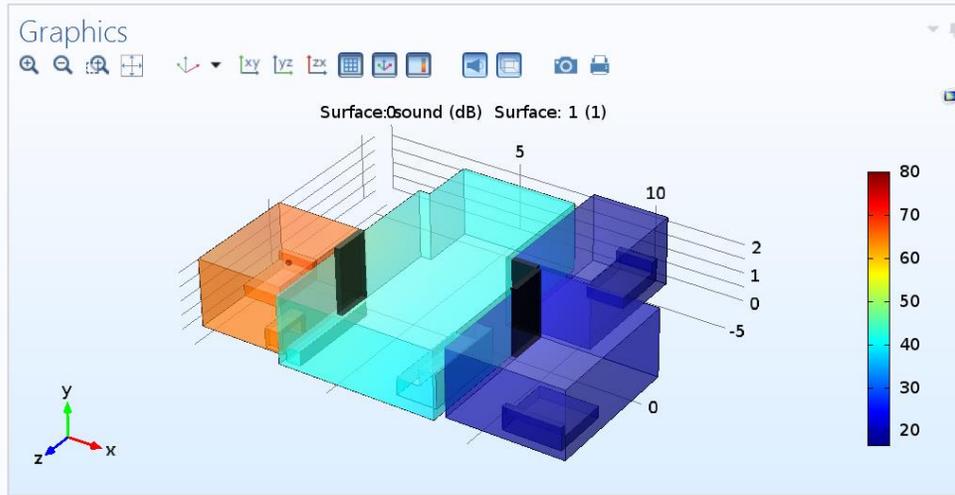
Name	Expression	Unit	Description
sound	10*log10((ade.psq+p_2)/ade.pref_SPL^2)		modified sound pressure level...

음원합성
두 음압을 합성하여
음압레벨 계산

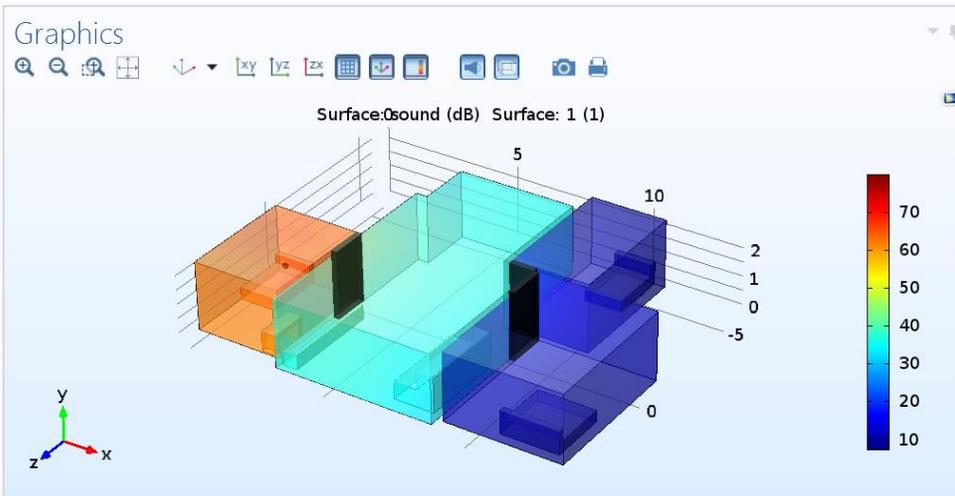
$$SPL = 10 \log \frac{p^2}{p_{ref}^2} [dB]$$

$$10 \log \frac{p_1^2 + p_2^2}{p_{ref}^2} [dB]$$

해석결과 집 모델링 결과

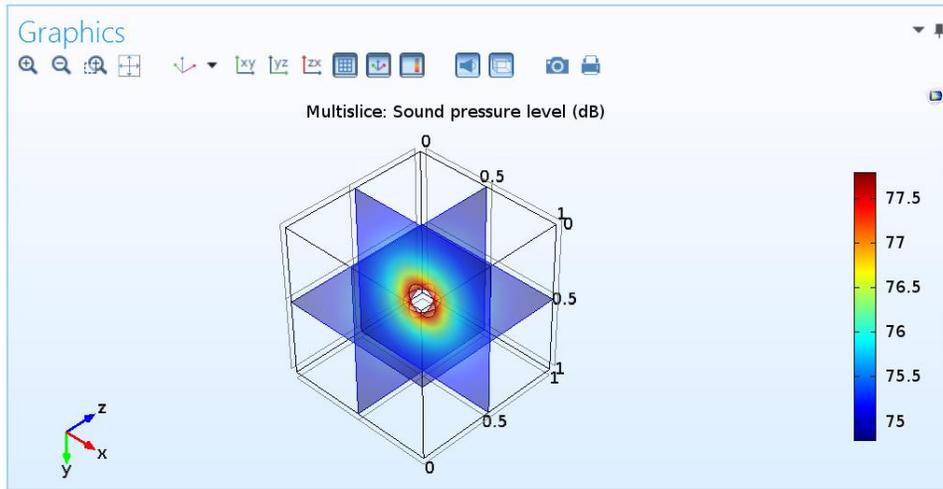


1 벽의 흡음률이 0.1인 경우
안방 침대 위에서의 음압레벨
18.149dB

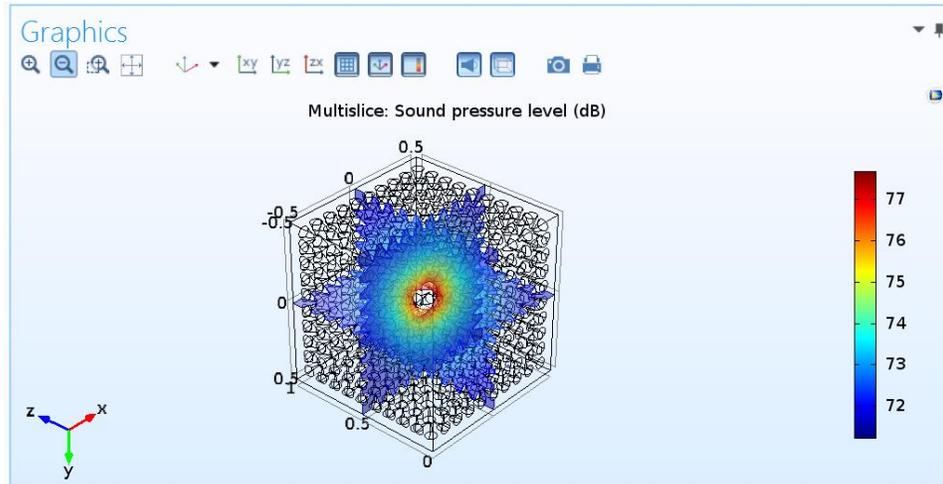


2 벽의 흡음률이 0.2인 경우
안방 침대 위에서의 음압레벨
9.967dB

해석결과 방 벽면 구조에 따른 해석 결과



1 벽의 구조가 평평한 경우
정육면체의 꼭짓점의 음압레벨
74.615dB



2 벽의 구조가 계란판과 같은 경우
정육면체의 꼭짓점의 음압레벨
71.289dB

해석결과

physics model의 신뢰도-실제 실험과 비교

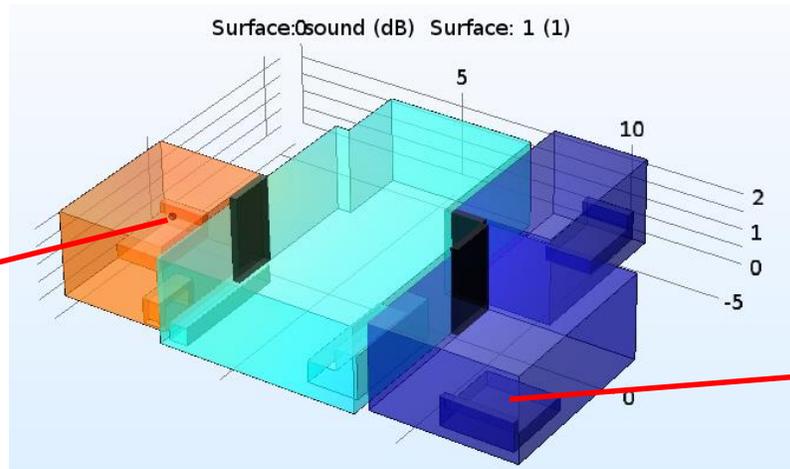
음원지에서의
실제 측정값



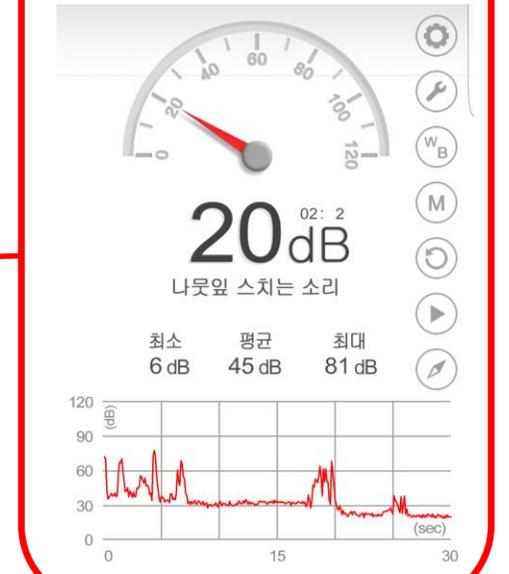
≈

해석 입력값
70dB

흡음률 : 0.1



안방에서의
실제 측정값



≈

해석 출력값
18.149dB

결론

1 흡음재

8.182dB → 사람이 느끼기에
약 2배의 차이

2 벽면구조

3.326dB → 간신히 인지가능

※ 영향력 : 흡음재 > 벽면구조

부록 참고문헌

이규성 외 7인, 『소음진동공학』, 형설출판사, 1999

Wikipedia, “Sound Pressure” ,
https://en.wikipedia.org/wiki/Sound_pressure#Sound_pressure_level, (2016.09.20)



부록 음의 강도

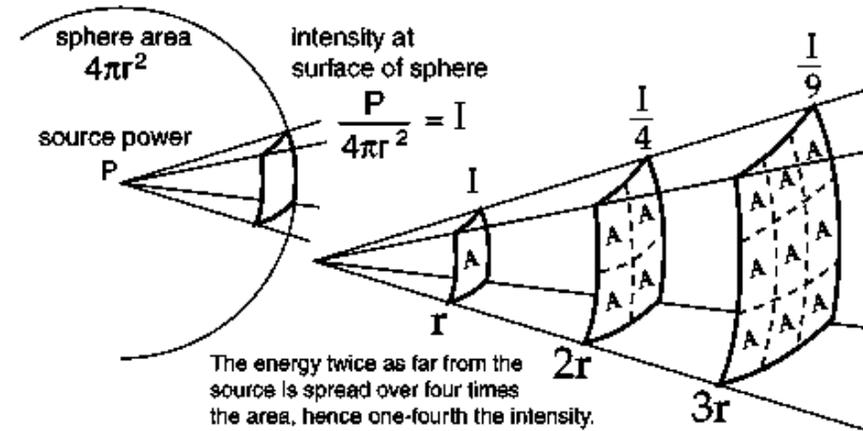
음의 강도(Sound intensity)

음의 진행방향에 수직인 단위면적 $1m^2$ 을 1초 동안 통과하는 음향E

$$I = pv$$

p : 음압 (sound pressure)

v : 입자속도 (particle velocity)



$$I(r) = P/A(r) = P/4\pi r^2$$

P : sound power

A(r) : 반지름 r인 구의 겉넓이

부록 소리

Model Builder

Settings

Variables

Active

Name	Expression	Unit	Description
A	$4 \cdot \pi \cdot R^2$	m ²	Total area of speaker
J	P/A	W/m ²	Inward energy flux
x1	sp1(x)	m	x coordinates of center...
y1	sp1(y)	m	y coordinates of center...
z1	sp1(z)	m	z coordinates of center...
r1	$\sqrt{(x-x1)^2+(y-y1)^2+(z-z1)^2}$	m	distance from the speaker
I1	$P/(4 \cdot \pi \cdot r1^2)$	W/m ²	sound intensity
z0	ade.c*ade.rho	kg/(m ² ·s)	sound impedance
R	0.1[m]	m	radius of speaker
p_2	I1*z0	kg ² /(m ² ·s ²)	pressure squared in the...

1 x1, y1, z1으로 speaker의 원점 위치 표시

2 r1으로 speaker와의 거리 표시

3 Sound Intensity
 $I(r) = P/A(r) = P/4\pi r^2$

부록 해석결과의 보정

1 음향임피던스

음파 전달 매질의 음향학적 성질을 나타내는 지표로서 매질의 밀도와 음파 전달속도의 곱으로 나타냄

$$Z = \rho c = p/v$$

ρ : 매질의 밀도

c : 음파 전달속도

p : 음압

v : 입자속도 : 매질의 밀도

2 음의 강도와와의 관계

$$I = pv$$

$$I * Z = pv * \frac{p}{v} = p^2$$

Model Builder

Settings

Variables

Active

Name	Expression	Unit	Description
A	4*pi*R^2	m ²	Total area of speaker
J	P/A	W/m ²	Inward energy flux
x1	sp1(x)	m	x coordinates of center...
y1	sp1(y)	m	y coordinates of center...
z1	sp1(z)	m	z coordinates of center...
r1	sqrt((x-x1)^2+(y-y1)...	m	distance from the speaker
l1	P/(4*pi*r1^2)	W/m ²	sound intensity
z0	adc.c*ade.rho	kg/(m ² -s)	sound impedance
R	0.1[m]	m	radius of speaker
p_2	l1*z0	kg ² /(m ² -s ²)	pressure squared in the...