

[Research Paper]

## 공동주택에서의 화재경보음 전달

정정호

방재시험연구원 화재환경시스템팀

### Fire Alarm Sound Transmission in Apartment Units

Jeong-Ho Jeong

Fire Insurers Laboratories of Korea

(Received March 13, 2018; Revised April 5, 2018; Accepted April 11, 2018)

#### 요 약

공동주택 화재 발생시 인명피해 최소화 및 재실자의 신속한 대피를 위해서는 화재 발생 사실이 경보음을 통해 전체 세대로 전달되어야 한다. 공동주택의 경우 엘리베이터 실과 같은 공용공간에 경종이 설치되어 있으나, 세대내 공간으로 경보음이 충분히 전달되지 못하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 실제 공동주택에서의 주,야간 소음을 측정하여 공동주택 세대 내 소음 발생 실태를 조사하고 세대내 공간으로의 경보음 전달 정도를 분석하였다. 엘리베이터 실에서 발생하는 경보음이 공동주택 내부로 전달되는 경우 방화문 및 방문의 차음성능으로 인해 충분히 전달되지 못하는 것으로 나타났다. 공동주택 내에서 발생하는 각종 소음 레벨을 고려하면 공동주택 외부에서 발생하는 경보음을 청취하여 피난행동을 시작하는 데는 어려움이 있는 것으로 판단된다. 이를 개선하기 위해 공동주택 거실의 월패드와 각 방별로 경보음 발생기를 설치한 경우에 대하여 음향시뮬레이션을 실시하였다. 각 방별로 경보음 발생기를 설치한 경우에서만 배경소음 + 15 dB 기준과 75 dB (A) 기준을 만족하는 것으로 나타났다.

#### ABSTRACT

To reduce the number of casualties in the case of fire, an alarm sound needs to be delivered to the people who remain in the apartment unit. On the other hand, it was reported that the fire alarm sound generated in the elevator hall was not delivered sufficiently to the people staying in the apartment units. In this study, the background noise level and noise level generated in an apartment unit were measured during the day and night time. In addition, the transmission of the fire alarm sound into the each room of apartment units was simulated and compared with the background noise level. The fire alarm sound generated in the elevator halls was reduced by the fire door and doors, and was not transmitted sufficiently into the internal spaces of the apartment units. Starting evacuation action was difficult after hearing the fire alarm sound generated outside the apartment units. To improve the transmission of an alarm sound to the inner spaces of apartment units, an acoustic simulation was carried out for cases where the alarm sound generator was installed on a wall-pad in the living room and the alarm sound generator was installed on the ceiling of each rooms in apartment units. Background noise of + 15 dB and 75 dB (A) were satisfied when alarm sound generator was installed on the ceiling of each room.

**Keywords** : Alarm sound, Evacuation, Background noise, Acoustic prediction

### 1. 서 론

최근 발생한 화재 및 재난은 대규모 인명피해가 발생하고 있어, 화재 및 재난 상황 초기에 상황을 재실자에게 전파하고 신속하고 효과적으로 피난 경로를 안내하는 방안이 필요하다. 공동주택 화재로 인한 사망자 및 발생건수를 비교하면 야간(20:00 ~ 08:00) 화재 발생은 빈번하지 않지만

사망자 비율은 61.2%로 많은 것으로 나타났다<sup>(1)</sup>. 화재 및 재난으로 인한 인명피해는 야간 및 취침하고 있는 재실자에게 집중되어 공동주택 및 다중이용시설 등의 경보 및 피난 경로 안내 시스템의 보완이 시급하다.

재실자의 수면, 피난시간 부족 등 화재 경보음 인지자연 관련 사망자가 전체 사망자의 30.8%<sup>(1)</sup> 주간 발생 화재 희생자의 31%도 수면상태로 보고되었다<sup>(2)</sup>. 호주의 화재발생

Corresponding Author, E-Mail: [jhjeong92@gmail.com](mailto:jhjeong92@gmail.com), TEL: +82-31-887-6737, FAX: +82-31-887-6739

© 2018 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

시간과 인명손실의 유형 분석 결과 화재의 81%가 야간에 발생하고 이 중 86% 피해자가 수면 중이었다고 밝히고 있으며, 수면 중인 사람들을 효과적으로 깨우는 화재경보장치 중요성을 지적하고 있다<sup>(3)</sup>.

수면 중 재실자를 깨우기 위해서는 청각, 시각, 후각 자극이 사용될 수 있으며, 각 자극원에 대한 민감도 실험 결과 청각 자극인 음향 신호에는 83% ~ 91%, 연기 냄새 자극에는 59% 및 시각 자극에는 49%의 피험자가 반응한 것으로 나타났다<sup>(4)</sup>. 또한 화재 피난 경로 안내에도 음향 신호가 효과적인 것으로 제시되고 있다<sup>(5)</sup>. 이상에서와 같이 시각 정보 등이 차단되는 경우와 시각 장애인의 피난 방향 안내를 위해서는 음향 신호가 유용하다. 연기냄새, 열발출, 경보음에 대한 화재정보를 인지 실험결과 다양한 화재신호 중 음(sound)이 가장 적절하다고 평가하고 있다<sup>(6)</sup>.

본 연구에서는 59 m<sup>2</sup>, 84 m<sup>2</sup>, 157 m<sup>2</sup> 넓이의 공동주택 세대를 대상으로 세대 외부에서 발생하는 경보음이 실내 공간으로 전달되는 특성을 예측하여 심야시간에 세대내 거주자가 경보음 인지 여부를 분석하였다. 또한 거실에 설치된 월패드 및 각 방별로 경보음 발생용 스피커를 설치한 경우의 경보음 전달 음압 레벨을 비교, 분석하였다.

## 2. 음향 경보 관련 연구

경보음 관련 기존 연구는 실제 거주공간에서 신속하고 효과적으로 경보 상황을 전달하기 위한 연구가 수행되었으며, 거주자가 경보음을 무시하는 이유 등에 대한 연구가 수행되었다. Lee et al.<sup>(7)</sup>은 재실자가 경보음을 인지하지 못하는 이유로 배경소음의 초과, 경보음 주파수 대역에 대한 청력손실, 재실자가 생활하고 있는 위치와 경보장치의 설치 위치가 다름, 깊은 수면, 약과 술 취함 등으로 제시하였다. Proulx<sup>(8)</sup>는 건축물에 이용되는 4종의 화재경보장치 신호(경종, 혼, 차임 전자식 사이렌)에 대해서 상기성, 인지성, 긴급성을 조사하였다. 또한 위의 4종 경보음에 ISO에서 규정하고 있는 T-3<sup>(9)</sup> 패턴 적용, 음성 알람 부가, 투과손실이 고려된 신호 등 다양한 화재경보신호 조합을 통해 궁극적으로 가장 옳은 피난행동을 유도하는 신호를 분석하였다. Myles<sup>(10)</sup>는 주거용 건축물의 경보음으로는 배음구조를 가지며 85 dB(A) 이상 음량을 갖도록 하여야 한다고 연구하였다. 그러나 85 dB(A)의 경보음이 거주자의 각성에 적절하지 않을 수 있어 경보음 인지(detectability) 효과를 고려한 연구의 필요성을 제시하고 있다.

경보음 레벨에 대한 Nober<sup>(11)</sup>의 연구결과 정상청력의 수면 중인 대학생 대상으로 한 야간 결과 피험자를 깨울 수 있는 소음 레벨은 침대 머리 방향에서 55 dB(A) ~ 70 dB(A)를 적절한 레벨로 제시하였다.

경보음 레벨과 관련해서 Harris<sup>(11)</sup>는 하나의 옥타브 밴드에서 최소 S/N비(Signal to Noise Ratio)는 8 dB 이상, 경보음 총합레벨(Over-All Level)의 최소 S/N비는 5 dB로 제안

하고 있다. 수면 중인 정상청력 성인은 55 dB(A) ~ 60 dB(A)의 경보음 레벨을 효과적으로 인지하며, 침실의 경보음 세기는 약 90 dB(A)로 설정하는 것을 추천하고 있다. 또한, 6 ~ 10세의 아이들은 성인에 비해서 깊이 잠들기 때문에 경보음을 인지하기는 어렵다고 보고하였다<sup>(12)</sup>.

경보음의 주파수 특성에 대한 연구결과 낮은 주파수 성분이 노인들의 경보음 인지를 향상시키는 것으로 나타났다<sup>(13)</sup>. 어린이와 청력손실을 갖고 있는 사람들을 위해 저주파수 영역의 경보음을 추천하고 있다. 500 Hz ~ 1000 Hz 주파수 범위의 경보음은 영국의 BS<sup>(14)</sup>에서도 추천하고 있다. 노인의 경보음 인지의 경우에도 75 dB(A) 크기의 3000 Hz대역 위주 경보음은 효과적이지 않은 것으로 평가하고 있다.

Donald 등<sup>(15)</sup>은 주거건물의 복도에서부터 침실까지 침실 문을 열어 높은 조건에서 500 Hz 이상의 주파수에서 약 12 dB이 감소되었고, 침실 문을 닫아 놓은 조건에서는 일반적으로 15 dB가 추가로 감소되어 복도에서 105 dB의 경보음 발생하면 실내에서 75 dB를 만족 할 수 있다고 결론을 내리고 있다.

Lee<sup>(16)</sup>는 국내 공동주택의 경보음 전달 특성을 연구하여 경보기가 설치된 공용 공간 또는 복도의 경보음 레벨은 88 dB ~ 90 dB(A)로 나타났으나, 세대 내 거실로 전달되는 경보음 레벨은 70 dB(A) 이하이며, 침실로 전달되는 경보음은 대부분 45 dB(A) 이하로 야간 화재시 경보 효과가 매우 낮을 것으로 판단하였다.

NFPA 72<sup>(17)</sup>에서 규정하고 있는 경보음 관련 규정은 다음과 같다.

- 1) 공공시설의 음향경보신호는 명확하게 구분되는 특성으로 거주영역 바닥 1.5 m 높이에서 경보음의 평균 음압레벨이 배경소음보다 최소 15 dB(A) 이상 크게 하여야 한다.
- 2) 사설시설의 음향경보신호는 명확하게 구분되는 특성으로 거주영역 바닥 1.5 m 높이에서 경보음의 평균 음압레벨이 배경소음보다 최소 10 dB(A) 이상 크게 하여야 한다.
- 3) 수면공간의 음향경보신호는 평균 배경소음보다 최소한 15 dB 이상 크게 하거나, 침대 머리방향에서 최소 75 dB(A) 음량을 유지해야 한다.
- 4) 음향신호는 배경소음을 포함해 120 dB(A)를 초과해서는 안 된다.

BS<sup>(14)</sup>에서는 경보음에 대해 다음과 같이 규정하고 있다.

- 1) 재실자가 이동 할 수 있는 공간에서는 최소 65 dB(A)의 경보음레벨이 유지되어야 한다(계단실, 약 60 m<sup>2</sup> 이하의 공간, 확장이 제한된 공간은 60 dB(A) 이상 권장).
- 2) 배경소음이 60 dB(A) 이상인 장소는 경보음 레벨과 배경 소음 레벨의 차이는 5 dB 이상 유지한다.
- 3) 수면 중인 재실자를 깨우기 위해 설치된 경보신호는 침대 머리 방향에서 75 dB(A) 이상의 경보음레벨을 유지해야 한다.

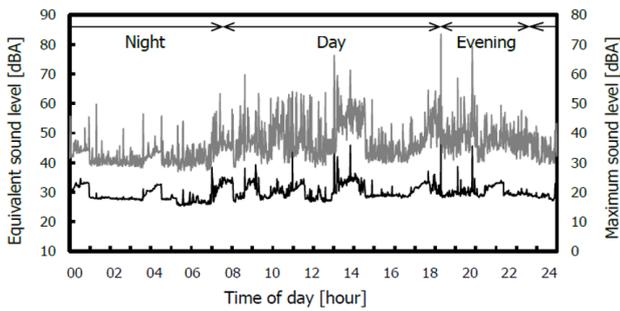


Figure 1. An example of indoor noise generation pattern in apartment unit.

우리나라의 기준은 실제 거주자가 거주하는 공간에 경보신호가 얼마만큼 효과적으로 전달되는 지에 대한 규정은 부족한 것으로 판단된다. NFPA와 영국(BS) 기준은 우리나라와 달리 실제 재실자가 경보 신호를 신속하고 효과적으로 인지할 수 있도록 하는 기준이 규정되어 있다.

배경소음과의 레벨 차 또는 실제 취침 상황에서의 최소 경보음 레벨을 규정하고 있으나, 경보음의 주파수 특성 시간 변화 특성 등은 규정하지 않고 있다. 또한 경보 신호는 국제적으로 표준화하여 전 세계 어느 곳을 가더라도 화재 및 재난 상황을 인지하고 피난할 수 있도록 표준화하여야 한다.

### 3. 공동주택 실내 소음 및 경보음 전달

공동주택에서의 경보음 전달과 재실자의 인지는 공동주택 내부의 배경 소음 및 소음 발생에 영향을 받는다. Figure 1은 24시간 동안 공동주택 내부에서 발생하는 소음과 배경소음 레벨을 측정하여 나타낸 것이다. 측정 대상 공동주택은 도로에서 약 50 m 떨어진 7층 세대였다. 공동주택 내부 소음은 외부 교통소음 등에 영향을 받는다.

Figure 1의 경우 평균 등가 소음 레벨( $L_{eq,1min}$ )은 야간(00시 ~ 07시)의 경우 약 29 dB(A), 주간(07시 ~ 18시)은 약 32 dB(A), 저녁(18시 ~ 24시)은 약 31 dB(A)로 나타났다. 공동주택 내부에서 발생하는 최대 소음 레벨( $L_{Fmax}$ )의 평균은 야간(00시 ~ 07시)의 경우 약 50 dB(A), 주간(07시 ~ 18시)은 약 61 dB(A), 저녁(18시 ~ 24시)은 약 57 dB(A)로 나타났다. 주간과 저녁의 경우 거주자의 생활행위 및 인접 세대에서 전달되는 다양한 층간소음, 벽간소음 등에 의해 평균 등가 소음 레벨과 최대 소음 레벨의 차이가 더 크게 나타났다.

경보음의 크기가 배경소음보다 15 dB 이상 크게 하도록 규정한 NFPA 72의 내용을 적용하면 공동주택 내부 모든 공간에서 심야의 경우 44 dB ~ 65 dB 이상 크기로 경보음이 전달되어야 한다. 주간의 경우 경보음은 47 dB ~ 73 dB 크기로 전달되어야 한다. 이와 같이 우리나라 공동주택의 배경소음과 실내 발생 소음 레벨을 고려한 결과에서도, 수면공간으로 전달되는 경보음의 크기가 75 dB 이상이 되도록 한 규정과 유사한 결과가 도출되었다.

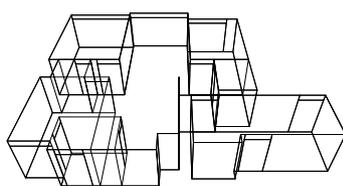
심야시간 화재로 인한 인명피해를 최소화하기 위해 필요한 경보음이 공동주택 실내 공간으로 전달되는 특성을 건축음향 예측 프로그램을 이용하여 예측하였다. 본 연구에서는 공동주택 세대 안에서 경보음을 효과적으로 전달할 수 있는 방법으로 세대 안의 거실의 월패드에서 경보음을 전달하는 경우와, 각 방별로 경보음 발생용 스피커를 설치하여 전달하는 경우에 대한 음향 시뮬레이션을 실시하여 비교하였다. 시뮬레이션을 통하여 NFPA 72의 기준 중에서 침대 머리 방향에서 75 dB(A)를 만족하는 방안을 도출하였다. 예측 대상 공동주택은 59 m<sup>2</sup>, 84 m<sup>2</sup>, 157 m<sup>2</sup> 넓이의 공동주택 세대를 대상으로 수행하였다.

#### 3.1 경보음 전달 예측

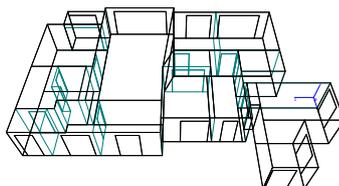
경보음 전달 시뮬레이션은 3가지 경우에 대하여 수행하였다. 3가지 시뮬레이션에 대한 내용은 Table 1에 정리하였다. 예측 대상 공동주택 모델링은 Figure 2와 같다. 경보음의

Table 1. Simulation Conditions for Alarm Sound Propagation in Apartment Units

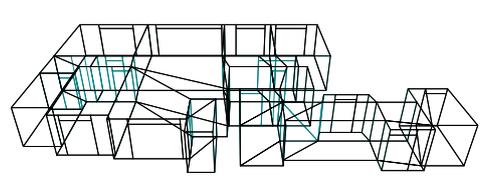
Case	Location of Source	Alarm Sound	Generation of Alarm Sound
1	Elevator Room	Alarm Bell	Existing Method
2	Wall-pad in Livingroom	Broadband Noise	Alarm Sound Generated from Wall-pad
3	Alarm Speaker at Each Room	Broadband Noise	Alarm Sound Generated at Each Room



(a) 59 m<sup>2</sup> Type



(b) 84 m<sup>2</sup> Type

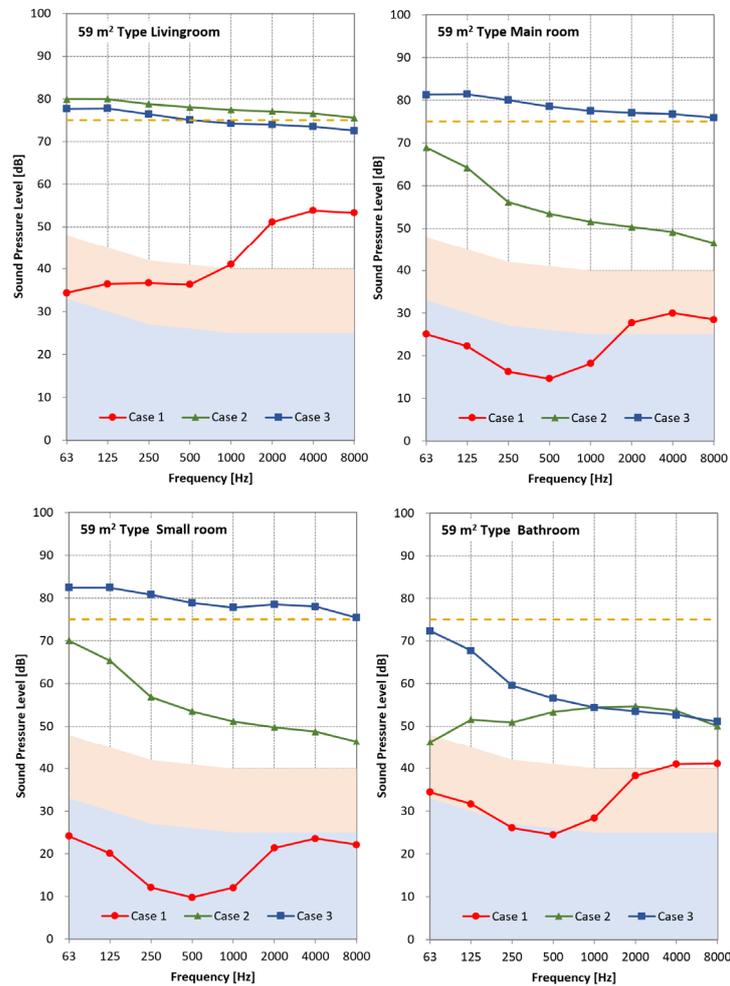


(c) 157 m<sup>2</sup> Type

Figure 2. 3D model of apartment units.

**Table 2.** Frequency Characteristics of Alarm Signal of Each Cases

Frequency [Hz]	Sound Pressure Level [dB]		
	Alarm Bell (Case 1)	Broadband Noise (Case 2)	Broadband Noise (Case 3)
63	54	86.7	85
125	58	86.7	85
250	63	86.7	85
500	69	86.7	85
1 000	74	86.7	85
2 000	85	86.6	85
4 000	90	86.6	85
8 000	93	86.5	85
Overall	95	95.7	94



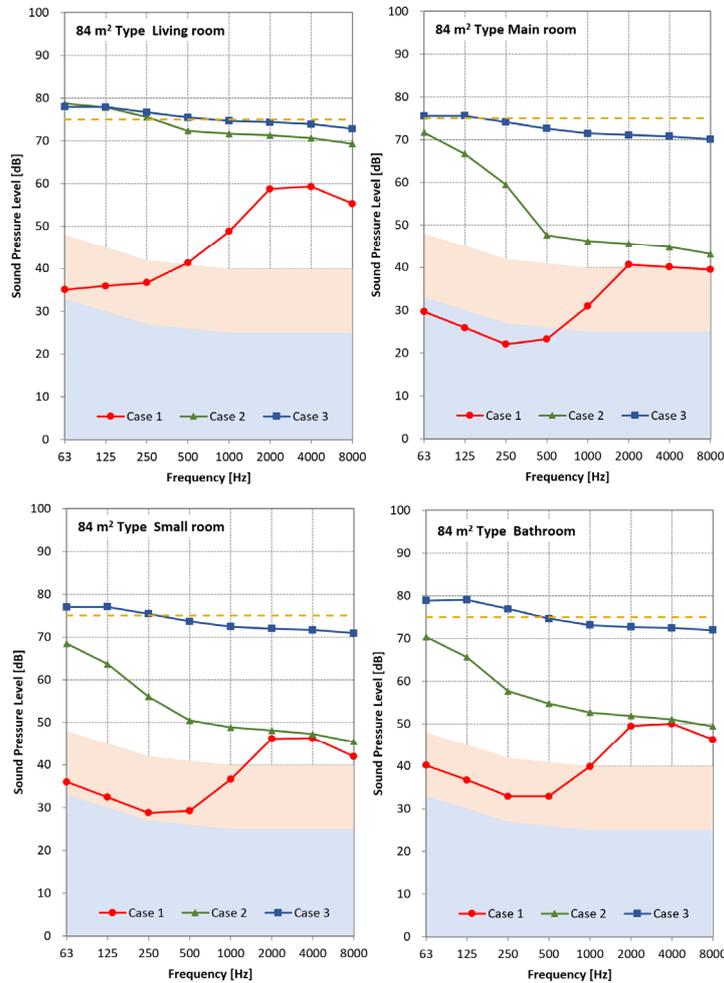
**Figure 3.** Propagated alarm sound level at 59 m<sup>2</sup> type apartment unit.

발생은 세대 외부 엘리베이터실에 설치된 소화전에서 발생 되는 것으로 가정하였다. 또한 경보음 발생 음원의 위치를 거실의 월패드 위치와 각 방별로 경보 발생 스피커를 설치한 경우에 대한 음향시뮬레이션 수행 결과를 비교하였다. 경보음의 입력 음압 레벨은 Table 2에서와 같이 2 000 Hz 이상

주파수 대역이 큰 특성을 가지며 전체 음압레벨은 95 dB(A)가 되도록 하였다. Case 2와 Case 3의 경우는 음성 안내 및 저주파 대역 소음을 모두 고려하여 광대역 소음 특성을 음원으로 입력하여 시뮬레이션을 수행하였다. 경보음 전달 예측을 수행한 3가지 공동주택의 3D 모델은 Figure 2와 같다.

**Table 3.** A-weighted Sound Pressure Level of Alarm Sound at 59 m<sup>2</sup> Type Apartment Unit

Case	Living Room	Main Room	Small Room	Bath Room
1	57.9 dB(A)	34.6 dB(A)	29.7 dB(A)	45.7 dB(A)
2	87.2 dB(A)	70.6 dB(A)	71.7 dB(A)	61.6 dB(A)
3	84.6 dB(A)	88.1 dB(A)	88.9 dB(A)	-



**Figure 4.** Propagated alarm sound level at 84 m<sup>2</sup> type apartment unit.

세대 외부의 복도 또는 엘리베이터 실에서 발생된 경보음은 세대 방화문 및 방문을 통해 전달된다. 공동주택 세대 내부로 전달되는 경보음 레벨을 예측하여 위하여 방화문 및 방문이 모두 닫혀 있는 조건을 대상으로 하였으며, 방화문과 방문의 차음성능은 기존 연구의 측정결과<sup>(16)</sup>를 고려하여 입력하였다. 거실의 월패드에서 경보음이 발생하는 경우는 세대내의 방문을 통해 방안으로 전달되므로, 방문이 닫혀 있는 조건으로 경보음 전달을 예측하였다. 예측 주파수 범위는 건축음향 측정 및 평가에 주로 사용되는 63~8000 Hz 대역(1/1 옥타브)을 대상으로 하였다. 세대 내부의 건축음향 특성은 별도의 흡음 및 가구 등이 배치되지 않은 조건으로 하였다. 본 연구에서는 공동주택 내부 마감재 등

에 의한 차이를 최소화하기 위해 3가지 공동주택의 음향모델에 동일한 마감재를 적용하였다.

### 3.2 경보음 전달 비교

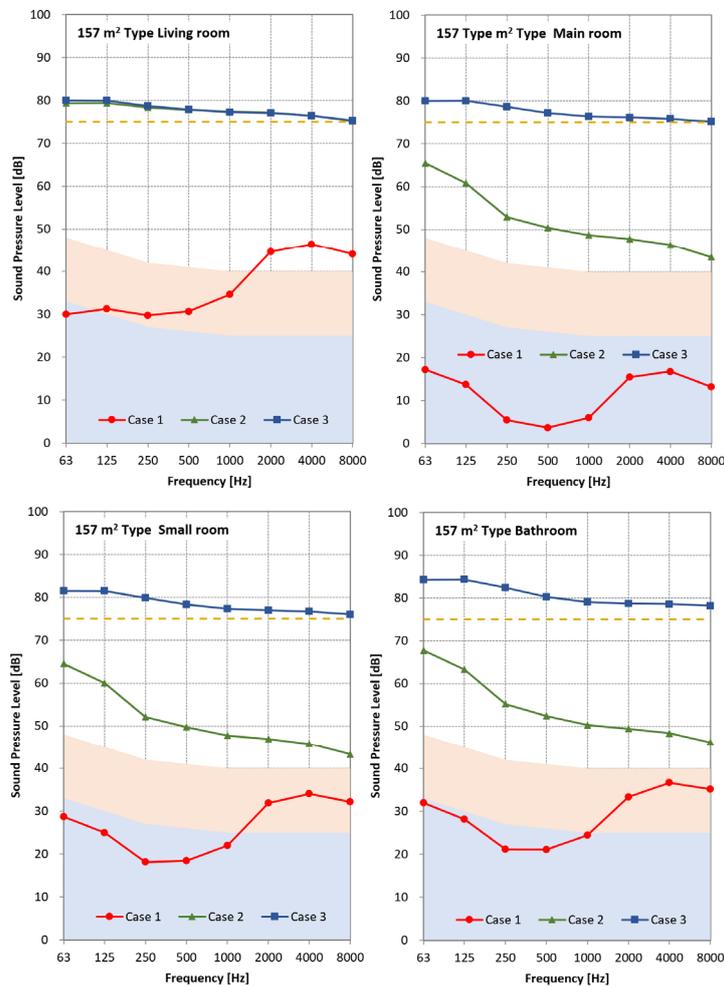
Figure 3은 59 m<sup>2</sup> Type 공동주택의 각 공간(거실, 안방, 작은방, 화장실)으로 전달되는 경보음의 주파수 대역별 음압 레벨을 나타낸 것으로 푸른색 영역은 야간의 배경소음을 표시한 것이다. 붉은색 영역은 배경소음을 고려할 경우 NFPA 72의 배경소음보다 15 dB 높은 음압 레벨 영역을 표시한 것이다. 점선으로 표시한 것은 야간의 공동주택 최대 소음 레벨을 나타낸 것이다. 엘리베이터 실에 경종이 설치된 조건(Case 1, 현행 기준)의 경우 거실로 전달되는 경보

**Table 4.** A-weighted Sound Pressure Level of Alarm Sound at 84 m<sup>2</sup> Type Apartment Unit

Case	Living Room	Main Room	Small Room	Bath Room
1	63.1 dB(A)	45.3 dB(A)	50.5 dB(A)	54.2 dB(A)
2	<b>83.7 dB(A)</b>	73.1 dB(A)	70.1 dB(A)	72.1 dB(A)
3	<b>84.9 dB(A)</b>	<b>82.2 dB(A)</b>	<b>83.4 dB(A)</b>	<b>84.9 dB(A)</b>

**Table 5.** A-weighted Sound Pressure Level of Alarm Sound at 157 m<sup>2</sup> Type Apartment Unit

Case	Living Room	Main Room	Small Room	Bath Room
1	50.2 dB(A)	22.8 dB(A)	24.1 dB(A)	41.1 dB(A)
2	<b>86.9 dB(A)</b>	67.2 dB(A)	68.9 dB(A)	69.5 dB(A)
3	<b>87.1 dB(A)</b>	<b>86.8 dB(A)</b>	<b>87.9 dB(A)</b>	90.5 dB(A)



**Figure 5.** Propagated alarm sound level at 157 m<sup>2</sup> type apartment unit.

음 레벨은 전 주파수 대역에서 평균 배경 소음 레벨 보다 높은 것으로 나타났으나, 배경소음보다 15 dB 이상(NFPA 72)이 되는 범위는 2 000 Hz 이상 대역으로 나타났으며, 거실 이외의 공간(안방, 작은방, 화장실)의 경우는 배경소음 +15 dB 기준을 초과하지 않는 것으로 나타났다.

거실의 월패드에서 경보음을 발생시키는 경우(Case 2)는

거실을 제외한 공간(안방, 작은방, 화장실)에서 경보음 레벨이 배경소음 +15 dB을 만족하는 것으로 나타났으나, NFPA 72의 기준 중에서 침대 머리 방향에서 75 dB(A) 이상이 되도록 하는 기준을 만족하지 못하는 것으로 나타났다. Case 3의 경우 공동주택 내부 각 실별로 경보음 발생 장치를 설치하여 광대역 소음을 경보음으로 사용하는 경우

**Table 6.** A-weighted Sound Pressure Level Distribution of 3 Kinds of Apartment Units

Case	59 m <sup>2</sup> Type	84 m <sup>2</sup> Type	157 m <sup>2</sup> Type
1			
2			
3			

로, 제외한 모든 공간에서 배경소음 +15 dB은 물론 75 dB(A) 기준을 초과하는 것으로 나타났다(Table 3 참조).

84 m<sup>2</sup> Type의 경우 Figure 4와 Table 6에서와 같이 공동주택 세대 외부에서 발생하는 경보음이 세대 내부로 전달되는 경우 방화문 및 방문에 의해 크게 감쇠되는 것으로 나타났다. 현관 및 거실의 경우 고주파수 대역에서 상대적으로 크게 전달되는 것으로 나타났으나, NFPA 72에서 요구하는 75 dB(A)를 만족하지 못하는 수준으로 예측되었다. 특히 현관에서 가장 먼 안방의 경우 가장 낮은 경보음 레벨이 전달되는 것으로 나타났다.

Figure 4의 거실의 경우 NFPA 72에서 요구하는 배경소음보다 15 dB 높은 경보음 레벨 기준을 500 Hz 이상 주파수 대역에서 만족하는 것으로 나타났다. 일상적인 대화음 레벨을 고려하는 경우 2 000 Hz 이상 대역의 고주파수 경보음을 거주자가 들을 수 있는 것으로 판단된다. 그러나 이는 정상 청력을 보유하고 있는 경우로, 자연스러운 노인성 난청을 고려할 경우 노인들은 경보음 청취가 어려울 수도 있을 것으로 판단된다. 작은방과 화장실의 경우 500 Hz 이하 대역의 경우 배경소음 수준으로 나타났으며, 배경소음보다 15 dB 이상 크게 전달되는 경보음은 4 000 Hz 이상 대역으로 나타났다. 그러나 4 000 Hz 이상 대역의 경우에서도 상회하는 레벨이 매우 낮게 나타나 심야에 잠을 자는 경우 경보음을 청취하고 피난 행동을 개시하기 어려울 것으로 판단된다. 특히 Table 5 (84 m<sup>2</sup> Type, Case 1)에서와 같이 안방 내부 공간(드레스 룸 또는 부부 욕실)에 있는 경우, 경보음이 배경소음보다 작게 전달되는 것으로 예측되어 피난 행동 개시가 불가능 할 것으로 나타났다.

Case 2는 각 공동주택의 거실에 설치되는 월패드를 이용하여 경보음을 전달하는 경우에 대하여 NFPA 72의 75 dB(A) 기준을 만족하는 조건을 도출하여 예측한 결과이다. 경

보음의 특성은 광대역 소음을 사용하여 거실의 월패드에서 발생시키는 것으로 가정하였으며, 각 방에서도 75 dB(A) 기준을 만족시키는 음원의 크기를 계산하여 설정하였다. 거실 월패드에서 경보음을 발생시키는 경우 거실의 경보음 레벨은 83.7 dB(A)로 NFPA 기준을 만족하는 것으로 나타났으나 안방, 작은 방, 화장실 등 거실을 제외한 모든 공간에서는 NFPA 72의 75 dB(A) 기준을 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 그러나 엘리베이터 실의 경종에서 경보음을 발생하는 경우와는 달리 대부분의 공간에서 배경소음 +15 dB 보다는 높은 수준으로 경보음이 전달되는 것으로 예측되었다.

거실의 월패드를 이용해서 NFPA 72의 75 dB(A) 기준을 만족시키기 위해서는 84 m<sup>2</sup> Type의 경우 113 dB크기의 광대역 소음을 발생시켜야 하는 것으로 계산되었다. 거실 월패드에서 113 dB 크기의 광대역 소음을 발생시키는 경우 120 dB(A)보다는 낮지만 경보음 발생시 청력손실 문제가 우려되며, 월패드에 설치하여야 하는 스피커의 크기를 크게 해야하는 등의 제한점이 발생하게 된다.

Case 3는 Case 1 및 Case 2에서 발생하는 문제점 및 제한 사항을 해결하기 위해 각 거주 공간별로 경보음 발생장치(스피커)를 설치한 경우에 대하여 예측한 결과이다. 거실의 경우 모든 공간에서 75 dB(A)을 만족시키기 위해서는 85 dB의 광대역 경보음을 발생시키는 경우를 예측하였다. 이와 같은 크기의 광대역 경보음을 발생시키는 경우 대부분의 공간에서 75 dB(A) 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 거실과 작은방의 경우 모든 주파수 대역에서 배경소음보다 매우 크게 경보음이 전달되는 것으로 나타났으며, 각 공간별 경보음 발생 차이도 최소화할 수 있는 것으로 판단된다.

Table 5와 Figure 5는 157 m<sup>2</sup> Type 공동주택에서의 경보음 전달을 각 Case 별로 예측한 결과를 나타낸 것이다. 엘

리베이터실의 경종에서 경보음을 발생시키는 Case 1의 경우 59 m<sup>2</sup> 및 84 m<sup>2</sup> Type 보다 매우 작은 크기로 전달되는 것으로 예측되었으며, 공동주택 안쪽에 위치한 안방 및 작은방의 경우 배경소음 레벨 이하로 전달되어 문을 닫고 방 안에 있는 경우 경보음을 전혀 들을 수 없을 것으로 판단된다. 거실의 경우 2000 Hz 이상 대역에서 경보음이 배경소음 +15 dB 크기로 전달되는 것으로 예측되었지만, TV 시청 등의 생활행위를 하고 있는 경우 경보음을 인지하기 어려울 것으로 판단된다. 특히 노인성 난청의 경우 고주파수 대역의 청력이 먼저 저하되기 때문에 노인의 경우 거실에서 경보음을 인지하기 어려울 것으로 사료된다.

거실의 월패드를 설치한 Case 2의 경우 59 m<sup>2</sup> 및 84 m<sup>2</sup> Type의 경우와 같이 거실에서는 75 dB(A) 이상의 경보음 레벨이 확보되는 것으로 나타났지만 거실과 인접한 공간으로 전달되는 경보음은 84 m<sup>2</sup> Type 공동주택에 비해 약 2 dB 정도 낮게 전달되는 것으로 나타났다. Table 6에서와 같이 157 m<sup>2</sup> Type 안방에 있는 드레스 룸과 같은 경우 거실의 월패드에서 경보음을 발생시키더라도 경보음을 인지하기 어려울 것으로 판단된다.

공동주택 각 실별로 경보음 발생 장치를 설치한 경우인 Case 3는 Figure 5에서와 같이 모든 공간에서 배경소음 + 15 dB와 NFPA 72의 75 dB(A) 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 각 실별로 경보음 발생장치를 설치하는 경우 Case 1의 경우와 같이 대형 평형의 공동주택에서 경보음을 인지하지 못하는 경우는 발생되지 않을 것으로 판단된다. 특히 야간에 거주자가 취침하는 경우도 위험 상황을 충분히 인지하고 대피를 시작하게 할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 최근 많이 건설되고 있는 59 m<sup>2</sup>, 84 m<sup>2</sup>, 157 m<sup>2</sup> 공동주택을 대상으로 세대 외부 엘리베이터실에서 발생하는 경보음이 세대 내 각 공간으로 전달되는 특성을 예측, 분석하였다. 세대 외부 공간의 경우 충분한 크기의 경보음이 발생하는 것으로 나타났다. 59 m<sup>2</sup> 및 84 m<sup>2</sup> Type 공동주택 내부 거실의 경우 대부분의 주파수 대역에서 배경소음보다 15 dB 이상 크게 전달되는 것으로 나타났으나, 노인성 난청을 갖는 노인의 경우 고주파수 대역 위주로 거실로 전달되는 경보음 청취에 어려움이 있을 것으로 판단된다. 방 및 안방의 경우 일부 고주파수 대역의 경보음만 전달되고 있어 야간의 취침 상황에서 경보음을 청취하고 피난행동을 개시하는 데는 어려움이 있는 것으로 예측되었다. 특히 드레스 룸 및 부부 욕실과 같이 안방의 부속 공간으로 전달되는 경보음 크기는 배경소음보다 작은 것으로 예측되었다.

이와 같이 현재 공동주택에서 사용되고 있는 경보음 전달 방법은 공동주택 내부 공간으로 충분히 큰 경보음이 전달되지 않는 것으로 예측되었다. 특히 현행 방법은 야간 취

침시 피난 행동개시가 어려워 화재 등 위험 상황 발생시 인명피해가 발생할 가능성이 높은 것으로 판단된다.

공동주택 내부 모든 공간으로 경보음을 효율적으로 전달하는 방법을 도출하기 위해 거실의 월패드에서 경보음을 발생시키는 방법(Case 2)과 공동주택 내 각실별로 경보음 발생장치를 설치하는 경우(Case 3)에 대하여 공동주택 세대 안의 각 공간(거실, 방)으로 전달되는 경보음의 특성을 비교하였다. 기존 경종에서 발생하는 경보음에 대한 대안으로는 월패드와 각 방별 스피커를 설치하여 경보음을 발생시키는 조건에 대하여 NFPA 72 기준의 만족 여부를 조사하였다.

월패드를 사용하는 방법(Case 2)의 경우 거실에서는 충분한 경보음을 전달하는 것으로 나타났으나 일부 방의 경우에는 NFPA 72의 75 dB(A) 기준을 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 월패드에 스피커를 설치하여 113 dB크기의 광대역 경보음을 발생시키는 경우 거실과 모든 방에서 75 dB(A) 기준과 배경소음 +15 dB 기준을 만족하는 것으로 예측되었다. 그러나 월패드에서 경보음을 크게 발생시키는 경우 거주자의 청력손실 및 고출력 스피커를 사용해야하는 보완사항이 발생할 것으로 예상되었으며, 고주파수 대역의 경보음은 세대안의 방문의 차음성능으로 인해 급격히 감소되는 것으로 나타났다. 각 공간별로 경보음 전달을 위한 스피커를 설치하여 활용하는 경우(Case 3), 80 dB ~ 85 dB (거실) 크기의 광대역 경보음을 발생시키는 경우 NFPA 72의 모든 기준을 만족하는 것으로 나타났다.

#### References

1. National Fire Agency, 2000~2010, Fire Statistical Yearbook.
2. P. Brennan, "Victims and Survivors in Fatal Residential Building Fires", In: Shields J, Editor. Human Behaviour in Fire-Proceedings of the First International Symposium, Fire SERT Centre, University of Ulster, pp. 157-66 (1996).
3. D. Bruck, S. Reid, J. Kouzma and M. Ball, "The Effectiveness of Different Alarms in Waking Sleeping Children", In Proceedings of the 3rd International Symposium on Human Behaviour in Fire, Interscience Communications, Sept 2004, Belfast, Northern Ireland, London, pp. 279-290 (2004).
4. D. Bruck and P. Brennan, "Recognition of Fire Cues During Sleep", Proceeding of the 2nd International Symposium on Human Behavior in Fire, London, Interscience Communications, pp. 241-252 (2001).
5. D. Withington, "The use of Directional Sound to Improve the Safety of Auditory Warnings", XIVth Triennial Congress of the International Ergonomics Association & 44th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society, San Diego-August 1st (2000).



6. J. K. Michael, "Human Awakening and Subsequent Identification of Fire-related Cues", *Fire Technology*, Vol. 20, No. 1, pp. 20 (1984).
7. A. Lee, J. Midgett and S. White, "A Review of the Residential Smoke Alarms" U.S. Consumer Product Safety Commission, Washington, D.C. (2004).
8. G. Proulx, C. Laroche, F. Jaspers and R. Lavallée, "Fire Alarm Signal Recognition", Internal Report No. 828, NRC-CNRC.
9. ISO 8201, 1987, Acoustics - Audible Emergency Evacuation Signal, International Standards Organization, Geneva, Switzerland (1987).
10. M. M. Myles, May, "Analysis of Acoustic Signals Produced by Residential Fire Alarms", Proc. 83rd Meeting of the National Fire Protection Association, St. Louis (1979).
11. E. Nober. H. Peirce, A. Well, CC Johnson, and C. Flifton, "Waking Effectiveness of Household Smoke and Fire Detection Devices", *Fire Safety Journal*, Vol. 74, No. 4, pp. 86-91 (1981).
12. R. Harris, July 13-15, "The selection and specification of audible alarm signals", Proc. International Conference on Noise Control Engineering, Edinburgh, U.K., Noise Control Foundation, Poughkeepsie, NY, pp. 803-806 (1983).
13. R. W. Huey, D. S. Buckley, N. D. Lerner, "Audible Performance of Smoke Alarm Sounds", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 18 pp. 61-69 (1996).
14. BS 5839 : Part 1 2002 : Fire Detection and Fire Alarm System for Buildings. London, UK, British Standard Institution, (2002).
15. D. A. Robinson, "Sound Transmission Loss from Corridors to Rooms: Implications for Locating Fire Alarm Sounders", *Fire Technology*, Vol. 22, No. 2, pp. 122-135 (1986).
16. M. J. Lee, "An Improved Design for Audibility of Fire Alarm Sound in Residential Buildings", Doctoral Dissertation, University of Seoul (2012).
17. NFPA 72, National fire alarm code. Quincy, MA, USA, National Fire Protection Association (2002).