

[Research Paper]

# 시뮬레이션을 통한 주거공간 단독경보형감지기의 성능 분석

임근주 · 박상천 · 백은선<sup>\*†</sup>

동신대학교 소방학과 대학원생, \*동신대학교 소방학과 교수

## Performance Analysis of the the Single Alarm Detector in the Rooms of Single Houses by Computer Simulation

Geun-Joo Lim · Sang-Cheon Park · Eun-Sun Baek<sup>\*†</sup>

Graduate Student, Dept. of Fire Fighting, Dongshin Univ.,

\*Professor, Dept. of Fire Administration, Dongshin Univ.

(Received April 27, 2020; Revised June 18, 2020; Accepted June 22, 2020)

### 요 약

본 연구는 단독주택에 설치된 단독경보형감지기의 성능을 조사하기 위해 수행되었다. 1층 주택 2개 및 2층 주택이 포함된 세 가지 유형의 주택을 대상으로 실험을 실시하였다. 주거 공간에서 경보음 발생에 따른 음압 레벨을 예측하기 위해 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 사용하였다. 시뮬레이션에 적용된 음원의 특성을 직접 측정하여 입력 데이터로 사용했다. 시뮬레이션 결과, 부엌과 거실에서의 음압레벨이 탐지기의 경보음이 발생했을 때 기준을 충족시키는 것으로 나타났다. 그러나 침실에서의 음압레벨은 미국화재방지협회 기준인 75 dB(A)보다 최소 20 dB(A) 낮을 것으로 예상되었다. 따라서 주택 내부의 침실 공간에서 충분한 음압레벨을 유지하기 위한 계획을 수립해야 하며, 관련 표준을 제정하여 화재시 안전한 대피를 보장하기 위한 노력이 필요하다.

### ABSTRACT

This study was conducted to examine the performance in the space for a single alarm type detector installed in a single house. Three types of houses were used, including two types of one-story and two-story houses. A computer simulation program was used to predict the sound pressure level in response to the occurrence of an alarm sound in a residential space. The characteristics of the sound source applied to the simulation were directly measured and used as input data. As a result of simulation, it was found that the sound pressure level in the kitchen and living room generally met the standard when the alarm sound of the detector occurred. However, the sound pressure level in the bedroom was predicted to be at least 20 dB (A) lower than the American Fire Protection Association standard of 75 dB (A). Therefore, a plan should be prepared to maintain a sufficient sound level in the bedroom space inside the house, and efforts will be needed to ensure safe evacuation in case of fire by establishing relevant standards.

**Keywords :** Sound attenuation, Single alarming detector, Computer simulation

## 1. 서 론

주거 공간에서 발생한 화재는 2019년 기준 10,661건이었으며, 그 중 단독주택에서 5,822건으로 가장 많은 비율을 차지하고 있다. 현재 일정규모 이상의 공동주택 등에 있어서는 자동화재탐지설비와 스프링클러설비의 설치 등을 의무화하고 있다. 이에 따라 화재초기에 화재를 감지 및 경보하고, 자동소화시스템이 구축되어 있기 때문에 화재피해를

경감할 수 있으며, 주기적으로 자체점검제도 등을 통하여 유지 관리되고 있다. 그러나 단독주택에서는 2017년 2월부터 주택용 소화설비가 의무적으로 설치하는 것 외에는 화재예방을 위한 소방시설에 대한 설치기준이 없다<sup>1)</sup>. 일반적인 단독주택의 경우 자동식 소화시스템이 구축되어 있지 않고 소화기와 단독경보형감지기가 유일한 소방설비 있기 때문에 그 성능에 대한 평가는 주택에서의 소방 안전을 위해 매우 중요한 사항이라 할 수 있다.

<sup>†</sup> Corresponding Author, TEL: +82-61-330-3561, FAX: +82-61-330-3569, E-Mail: [bes7009@dsu.ac.kr](mailto:bes7009@dsu.ac.kr)

© 2020 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

주거공간에서의 단독경보형감지기는 대체적으로 열 또는 연기가 발생할 가능성이 높은 주방 부근에 설치되는 경우가 많다. 화재와 같은 상황이 발생할 경우 감지기가 작동하게 되는데, 침실과 같이 주방과 거리가 떨어져 있고 문으로 구획되어 있는 경우에는 경보기의 성능이 적합하는지에 대해서는 의문이다. Jo<sup>(2)</sup>는 최근의 화재통계의 주택화재 발생현황을 이용하여 주택화재의 화재발생빈도와 사망율과의 관계를 분석하고 단독경보형감지의 설치현황 및 문제점을 검토하고 단독경보형감지기의 음향특성을 실험을 통해 문제점을 고찰하였다. Choi 등<sup>(3)</sup>은 주택에서 화재로 인한 인명피해 경감을 위한 화재경보기를 제안하고 피난시물레이션을 통하여 피난개시시간과 재실자의 안전한 피난소요시간과의 관계를 분석하였다. 위의 연구에서는 방송설비와 피난의 관점에서 진행된 연구로서의 가치를 가지고 있다.

그러나 아직까지 단독경보형감지기의 경보음과 각 실에서의 음압레벨에 대한 분석이 유효한지 그 성능에 대한 평가는 미흡하고 주택용 소방시설의 설치기준에 관한 사항은 시·도의 조례로 정한다로 되어 있어 국가화재안전기준(NFSC)은 없다. 관련된 유사한 연구로는 Back 등<sup>(4)</sup>이 감지기의 발생음 특성을 대상으로 주파수 특성과 발생음의 내용 및 크기 등 감지기 자체의 성능을 분석하였다. Back 등<sup>(5)</sup>은 측정을 통해 감지기의 발생음 레벨의 기준 만족 여부를 분석하였으며, 특히 전원의 전압 변화에 따른 발생음 레벨의 변화에 주목하고 있다. 또한 Lee<sup>(6)</sup>, Roh<sup>(7)</sup>의 연구는 공동주택의 복도, 계단 등 공용 공간에 설치된 장치를 대상으로 개별 실에서의 레벨을 분석하고 있다.








본 연구는 단독주택에 사용되는 단독경보형감지기의 음향특성이 실내 공간에서 화재 피난음향특성으로 적절한지를 분석하고자 하였다. 음향예측 소프트웨어를 사용하여 시뮬레이션을 실시하였으며, 단독주택의 유형을 구분하여 유형별로 대상이 되는 각 주거공간에서 경보음 레벨의 적합성을 평가하였다.

## 2. 단독경보형감지기의 음향성능 기준

비상경보설비 및 단독형감지기의 화재안전기준(NFSC201)에서 “단독경보형감지기”란 화재발생 상황을 단독으로 감지하여 자체에 내장된 음향장치로 경보하는 감지기를 말한다<sup>(8)</sup>. 감지기의 형식승인 및 제품검사의 기술기준(KOFEIS 0301)에서는 “단독경보형감지기”란 화재에 의해서 발생하는 열, 연기 또는 불꽃을 감지하여 작동하는 것으로서 수신기에 작동신호를 발신하지 아니하고 감지기가 단독적으로 내장된 음향장치에 의하여 경보하는 감지기를 말한다. 이는 미국방화협회(NFPA)의 연기감지경보기(Smoke alarm)와 개념이 유사하다<sup>(9)</sup>.

소방청고시 제2017-5호(2017.12.6)에 감지기의 검정기술기준을 규정하고 있으며, 제5조의2(단독경보형 감지기의 일반기능)에 단독경보형감지기의 음향기능을 설명하고 있

Table 1. Single Alarm Detector used for Test

No.	1	2	3	4
photo				
No.	5	6	7	-
photo				-

다. 세부내용을 보면, 화재경보음은 감지기로부터 1 m 떨어진 위치에서 85 dB 이상으로 10 min 이상 계속하여 경보할 수 있어야 한다.

검정기술기준에서 규정하고 있는 것은 기기 자체의 성능에 대하여 다루고 있으므로, 기기 설치에 따른 공간의 특성은 고려하고 있지 않다. 단독주택과 같이 단독경보형감지만 설치된 공간에서 기준에 만족하는 기기가 설치되었다 하더라도, 공간의 특성이 달라지면 주거의 특성상 벽과 문으로 구분된 각 실에서는 화재에 대한 감지가 충분하지 않을 가능성도 존재하게 된다. 따라서 경보기 사용으로 인한 공간 내의 성능의 적합성을 확인하는 것은 안전을 위해 중요한 사항이며, 성능 기준을 보다 합리적으로 수립하기 위한 자료가 필요한 상황이다.

## 3. 단독경보형감지기의 음향특성 측정

### 3.1 측정대상

단독경보형감지기를 사용하여 주거 공간에서의 시뮬레이션을 수행하기 위해 실제 사용하는 감지기에 대한 음향성능을 실측하여 사용하였다. 측정에 사용된 감지기는 시중에서 상용되고 있는 7개를 대상으로 하였으며, Table 1과 같다.

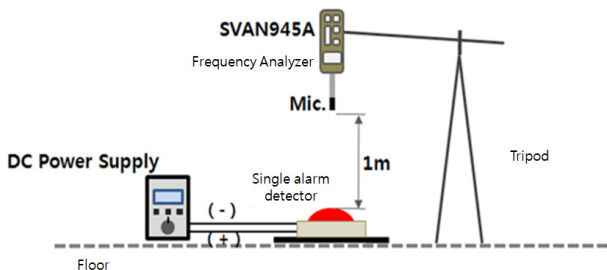
실험에서 사용한 단독경보형감지기의 발생음에 대한 on/off 패턴은 Table 2와 같으며, 경보음과 음성안내가 혼합된 형태로 구성되어 있다.

### 3.2 측정 방법

소방청고시 검정기술기준에 준하여 감지기의 음향성능을 측정하였다. 감지기의 음향성능은 입력되는 전압에 따라 달라질 수 있으므로 일정한 전압이 되도록 디지털 파워서플라이를 사용하여 전압을 공급하였다. 측정기는 소음분석기(SVANTEK사의 SVAN945A)를 이용하여 감지기에서 발생하는 경보음의 음압레벨을 측정하였다. 측정시 감지기를 실험실의 바닥판 위에 설치하고 감지기로부터 수직으로 1 m 이격된 위치에서 60 s 동안 발생하도록 하였다. 감지기의 경보음은 연기감지용 테스트 가스(Smoke detector

**Table 2.** Sound Pattern of Single Alarm Detector

No.	Sound Pattern	On/Off Time (s)	Alarm / Voice Guidance
1		1.7 → 0.7	0.7/0.6
2		3.2 → 0.2	0.5/0.8
3		4.2 → 1.1	0.6/0.9
4		4.2 → 1.0	0.4/1.5/0.9
5		4.2 → 1.0	0.8/0.7
6		2.9 → 2.0	2.0/0.9
7		4.0 → 0.4	0.6/0.9



**Figure 1.** Schematic diagram of sound pressure level measurement according to voltage change.

tester)를 이용하여, 실제 상황을 고려하여 측정환경을 조성하였다(Figure 1).

**3.3 스펙트럼 특성**

단독경보형감지기에서 발생하는 경보음을 측정된 결과 Figure 2와 같은 스펙트럼 특성으로 나타났다. 측정된 주파수 특성을 살펴보면 저주파수 대역에서 낮은 음에너지를 보이고 있으며 주파수에 따라 점차 에너지가 증가하여 1 kHz 에서 4 kHz 대역 부근에서 가장 높은 에너지를 보이고 있다. 감지기의 종류에 따라 음에너지는 많은 차이를 보이고 있으나 본 연구에서 컴퓨터 시뮬레이션 입력을 위한 음향특성을 결정하기 위해서는 전체적인 스펙트럼 특성이 유사하여 평균값을 사용하는 것이 각 실내에서의 음압레벨을 예측할 때 용이할 것으로 판단된다. 특히, 감지기는 입력되는 전원의 전압이 낮아질 경우 파워레벨이 낮아질 수 있어, 공간에서 측정되는 음압레벨은 더 낮아질 소지가 있음을 주의해야 한다.

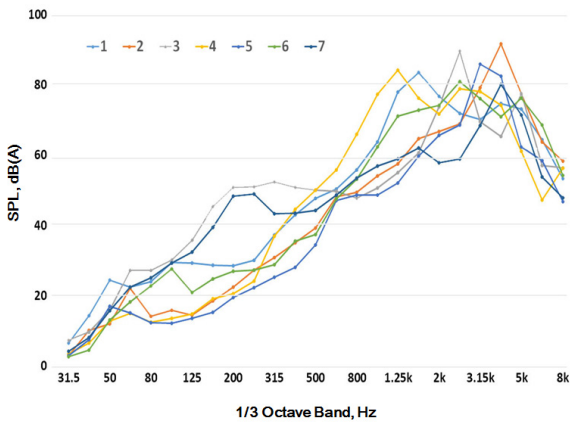


Figure 2. Spectral characteristics of sound pressure level measured at 1m when the alarm sound of the detector occurs.

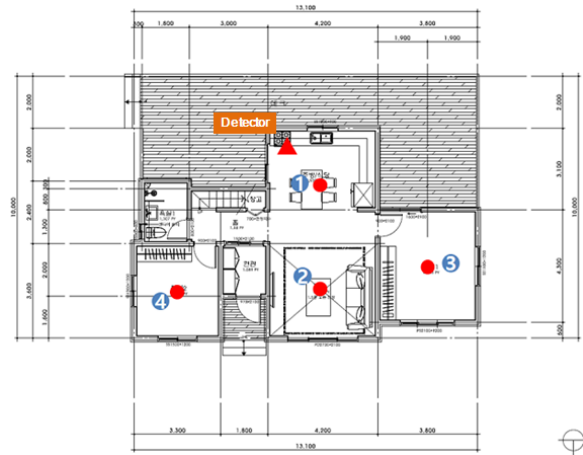


Figure 4. Detector location (▲) and masturbation point location (●) for Type 2 house.

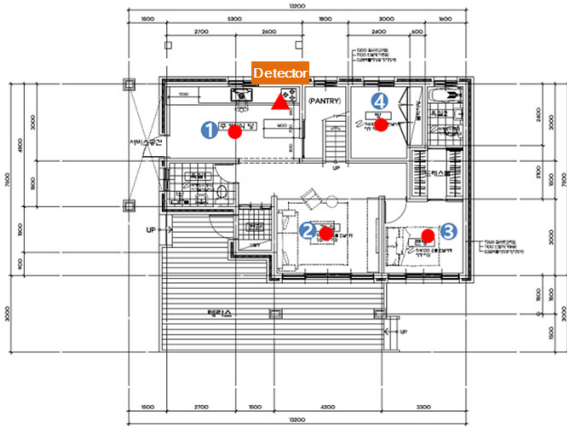
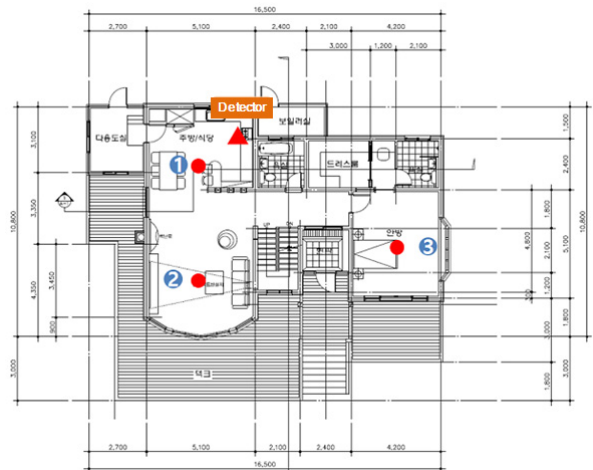
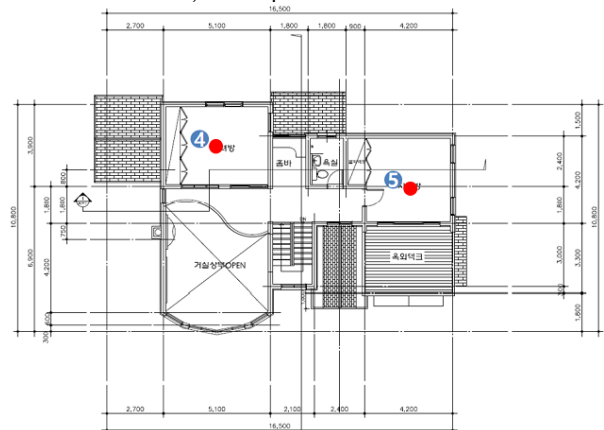


Figure 3. Detector location (▲) and masturbation point location (●) for Type 1 house.



a) Floor plan of 1<sup>st</sup> floor



b) Floor plan of 2<sup>nd</sup> floor

Figure 5. Detector location (▲) and masturbation point location (●) for Type 3 house.

## 4. 실내 공간에서의 음향 시뮬레이션

### 4.1 개요

실내의 음장을 분석하고 음압 레벨을 비롯한 각종 음향 인자의 예측 및 계산을 위하여 최근에는 기하음향학에 기초를 둔 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한다. 본 연구에서는 Odeon ver.14.0을 이용하여 주거공간에서 단독경보형감지기의 경보음 발생시 각 실에서의 음압레벨에 대한 예측을 실시하였다. ODEON은 1984년 덴마크 공대에서 개발한 프로그램으로서 음선추적법(Ray tracing method) 및 영상음원법(Image source method)을 사용하는 혼합모델(Hybrid model)을 적용하여 사용된다. 이러한 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 방법은 과동성에 기초하여 정확한 결과를 확신할 수는 없지만, 가상의 다양한 모델에 대한 검토를 가능하게 하여 저비용으로 높은 효율을 기대할 수 있다. 특히 컴퓨터 시뮬레이션의 특성상 3차원 모델의 구체성에 따른 정확도의 차이가 발생하지만, 본 연구에서 대상으로 하는 주거 공간은 상대적으로 복잡한 모델이 아니기 때문에 모델의 구체성에 의한 정확성 차이는 크지 않을 것으로 사료된다<sup>(10)</sup>.

시뮬레이션을 위해 적용된 주거공간은 3 가지 형태의 주택을 대상으로 하였으며, 1층 단독주택 2 종류(Type 1, Type 2) 및 2층 단독주택 1 종류(Type 3)이다(Figure 3~Figure 5).

**Table 3.** Sound Absorption Ratio by Frequency for Each Finishing Material

Building Element	Material	1/1 Octave Frequency Band (Hz)					
		125	250	500	1 k	2 k	4 k
Floor	Reinforced flooring	0.20	0.15	0.13	0.11	0.09	0.06
Ceiling	Gypsum board + wall paper1	0.28	0.35	0.30	0.38	0.50	0.65
Wall	Gypsum board + wall paper2	0.35	0.65	0.78	0.76	0.70	0.62
Others	Door	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
	Balcony window	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
	Window	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04

**Table 4.** Sound Power Level (dBA) Calculated using Sound Pressure Level and Sound Pressure Level Measured at 1 m when an Alarm Sound Occurs

No.	1/3 Octave Band Frequency (Hz)							
	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k
1	26	27	28	47	63	79	73	57
2	24	13	24	41	53	68	90	60
3	30	33	48	52	49	76	64	59
4	17	13	23	52	77	74	73	61
5	17	12	19	37	48	68	81	50
6	21	18	26	42	61	76	69	47
7	25	31	46	47	56	61	78	51
Average SPL	22.8	21.0	30.6	45.4	62.1	71.7	76.2	55.0
PWL	30.0	29.0	38.6	53.4	70.1	79.7	84.2	63.0

시뮬레이션을 위해 주택 내부에 사용하는 마감재의 종류는 Table 3과 같이 부위별로 동일한 것으로 적용하였다.

측정값을 1/1 옥타브 밴드로 수치화한 값은 Table 4와 같으며, 7개의 대상 기기에 대한 산술평균값을 계산하였다. 시뮬레이션을 위해서는 음원의 파워레벨이 입력되어야 하며, 음압레벨을 사용하여 파워레벨을 계산하여 사용하였다. 특정기기의 음원특성이 과도하게 반영되지 않도록 하기 위해 평균값을 적용하였다.

## 4.2 시뮬레이션 결과

### 4.2.1 단독주택 Type 1

단독경보형감지기의 음향과위레벨(PWL)을 적용하여 단독주택 Type 1의 각 실에서 음압레벨분포를 예측하였다 (Table 5).

일반적인 상황에서 음압레벨은 거리가 멀어짐에 따라 낮아지게 된다. 특히 자유음장의 경우 공간의 한 점에 위치

**Table 5.** Predicted Sound Pressure Level (dBA) for Each Room in House Type 1

Room	Freq.(Hz)								
	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k	Leq
① Kitchen	31.6	30.9	32.7	50.9	67.3	70.4	74.3	53.4	77.3
② Livingroom	30.8	30.1	29.8	49.4	65.8	65.2	68.9	46.9	72.5
③ Bedroom1	24.0	23.3	16.5	35.4	46.8	37	41.8	18.8	48.7
④ Bedroom2	27.1	26.5	18.9	38	49.2	38.5	43.1	19.7	50.8

한 점음원은 음원과의 거리가 2배가 되면 약 6 dB이 감소된다. 그러나 실내환경은 자유음장과 달리 반사음으로 인한 효과로 인해 자유음장에 비해 덜 감소되는 특성이 있다. 주거공간에서 실내환경의 특성은 벽과 문으로 인해 공간이 차단되는 특성이 있고, 경보음 발생시 더 많은 투과손실이 발생됨으로 인해 감지기와 멀리 떨어진 실내에서는 그 레벨이 상당부분 낮아질 수 있게 된다.

Type 1의 각 실내 공간에서는 감지기와 가장 가까운 실인 부엌에서 예측된 값은 77.3 dB(A)로 나타났다. 거실에서는 72.5 dB(A)로 예측되어 부엌 대비 약 5 dB(A) 더 낮게 나타났다. 침실 1과 2에서는 각각 48.6 dB(A), 50.8 dB(A)로 나타나 거실보다 20 dB(A) 이상 더 낮게 예측됨을 알 수 있다. 이는 부엌과 거실 사이에는 아무런 벽이 없으나, 침실 입구에는 출입문이 있어 투과손실이 더욱 많이 나타남을 알 수 있다.

NFPA 72(미국방화협회)에서 제시하는 취침지역 음압레벨기준 “75 dB(A)”이며, 시뮬레이션 결과 침실에서의 경보음 레벨이 기준값보다는 매우 낮게 나타남을 알 수 있다.

### 4.2.2 단독주택 Type 2

단독주택 Type 2는 Type 1과 같이 단층으로 구성된 단독주택이지만, 부엌의 위치가 주택의 중앙부위에 있어 Type 1에 비해 감지기와 침실의 이동거리는 상대적으로 짧은 공간이다. Table 6은 각 실에서 음압레벨분포를 예측한 결과이다.

Type 1의 경우와 유사하게 부엌 및 거실에서의 음압레벨은 다소 높게 나타나지만, 침실에서의 음압레벨은 20 dB(A) 이상 더 낮게 나타남을 알 수 있다. 각 공간에서의 절대값은 Type 1에 비해 높게 나타나지만, 침실에서의 예측값은 NFPA 72의 기준을 만족하지 못하는 것을 알 수 있다(Figure 6).

### 4.2.3 단독주택 Type 3

Type 3 주택은 앞의 두 가지 유형과는 달리 2층으로 이루어진 단독주택이다. 감지기는 1층에 있는 부엌에 설치되어 있으며, 경보음 발생시 1층 및 2층 각 실에서 음압레벨을 예측한 결과는 Table 7과 같다.

2층으로 구성된 공간이기 때문에 경보음이 1층에서 발



**Table 6.** Predicted Sound Pressure Level (dBA) for Each Room in House Type 2

Room	freq.(Hz)								
	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k	Leq
① Kitchen	36.7	35.9	39.2	57.3	73.8	77.8	82	61.1	84.8
② Livingroom	35.8	35.1	37.1	56.0	72.4	74.1	78.0	56.5	81.1
③ Bedroom1	28.5	27.8	22.7	41.5	52.8	43.5	48.6	25.7	55.0
④ Bedroom2	30.4	29.8	23.6	42.6	54.1	44	48.8	25.7	55.9

생하면, 앞의 두 유형의 주택에서 보는 것처럼 멀리 떨어진 공간에서 매우 낮아질 것임을 알 수 있다. 특히 2층은 층이 분리되어 있기 때문에 상당히 낮아질 것으로 생각되어진다. 예측 결과를 보면 2층의 침실에서보다 1층의 침실<sup>(1)</sup>에서 음압레벨이 더 낮게 나타났다. 이와 같은 결과는 층이 달라지는 것보다 경보음의 전달경로에 문과 같은 장애물이 있는지의 여부가 각 실에서의 음압레벨 형성에 절대적인 영향을 줄 수 있음을 보여주는 것이다. 예측된 결과는 대상이 되는 모든 침실에서 NFPA 72의 기준을 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

**4.2.4 주택유형별 경보음 레벨 비교**

단독주택의 유형에 따라 단독경보형감지기의 경보음 발생시 부엌, 거실 및 침실에서 예측한 음압레벨을 비교하였다(Figure 6).

감지기는 부엌에 설치되어 있으므로 주거 공간 내부에서 거리가 가장 근접한 부엌과 거실에서의 음압레벨이 상대적으로 높게 나타남을 알 수 있다. 거실은 전달경로상 방해가 되는 경계가 없기 때문에 부엌에서의 레벨값에 비해 감쇠가 적게 일어남을 알 수 있다. 반면, 침실에서의 음압레벨은 부엌에서의 거리에 따른 감쇠도 있지만, 전달경로상 출입문이 존재하기 때문에 그 감쇠정도는 거실에 비해 매우 크게 나타남을 알 수 있다. 대체적으로 거실에 비해 20 dB(A) 이상 낮게 나타나는데, 이 값은 NFPA 72에서 제

**Table 7.** Predicted Sound Pressure Level (dBA) for Each Room in House Type 3

Room	freq.(Hz)								
	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k	Leq
① Kitchen	33.7	32.9	36.6	54.6	71.1	74.2	78.1	57.2	81.1
② Livingroom	30.1	29.4	32.3	51.4	67.8	69.1	72.6	50.4	76.0
③ Bedroom1	19	18.3	11.6	32	43.7	29.1	33.6	9.6	44.5
④ Bedroom2	22	21.2	17.6	37.4	48.9	36.6	41.3	17.2	50.1
⑤ Bedroom3	18.5	17.6	12.9	33.9	45.4	30.3	34.5	9.0	46.1

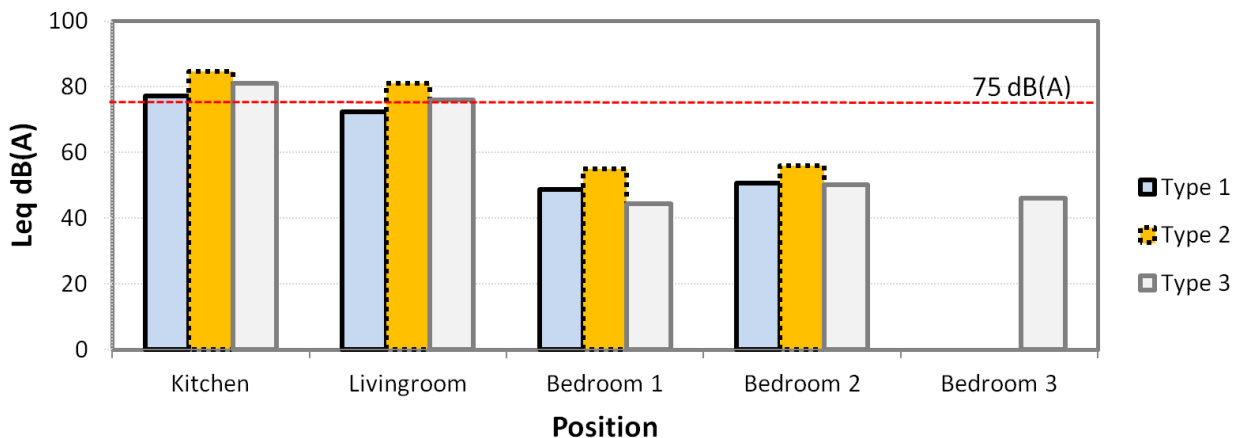
시하는 수면공간에서의 기준값인 75 dB(A)을 만족하지 못한다.

대상으로 하는 단독주택은 1층 및 2층으로 구성된 주택을 대상으로 하였으며, 층의 구분과 크게 관계 없이 전달경로상에 출입문이 실내에서의 음압레벨에 결정적인 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 주거 공간에서 침실의 출입문은 필수적으로 사용되어야 하므로, 각 실에서의 경보음에 대한 음압레벨 기준을 만족시키기 위해서는 별도의 노력이 필요함을 알 수 있다.

**5. 결 론**

본 연구는 단독주택에서 설치되는 단독경보형감지기에 대한 공간 내에서의 성능을 살펴보기 위하여 진행되었다. 주택의 유형은 1층으로 구성된 두 개의 유형과 2층 주택을 포함하여 세 개의 주택 평면을 활용하였다. 주거공간에서의 경보음 발생에 따른 음압레벨을 예측하기 위해 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 이용하였으며, 시뮬레이션에 적용된 음원의 특성은 실제 사용되고 있는 감지기의 경보음을 직접 측정하여 입력 자료로 사용하였다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 주택 내부 공간에서의 음압레벨을 예측 및 분석한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

단독경보형감지기는 화재 발생시 안전한 대피를 위해



**Figure 6.** Predicted Sound Pressure Level (dBA) in Each Indoor Space by House Type.

중요한 역할을 하는 기구이다. 그러기에 실내에 거주하는 사람이 경보음을 인지할 수 있도록 충분한 음압레벨을 발생해야 한다. 우리나라의 기준은 감지기의 자체성능에 초점을 맞추고 있고, 각 실에서의 음압레벨에 대한 기준이 없어 미국방화협회 기준인 NFPA 72를 분석기준으로 활용하였다. 감지기의 경보음 발생시 부엌 및 거실에서의 음압레벨은 대체적으로 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 그러나, 침실에서의 음압레벨은 기준값인 75 dB(A)보다 20 dB(A) 이상 낮은 값으로 예측되었다. 이러한 결과는 화재 발생시 침실에 거주하는 사람들의 안전에 치명적인 결과를 초래할 수 있는 것이다.

이에 따라 주택 내부 침실 공간에서 충분한 경보음 레벨이 유지될 수 있는 방안이 마련되어야 할 것이며, 관련 기준이 제정됨으로써 화재시 안전한 대피가 가능하도록 노력이 필요할 것이다.

단, 본 연구에서 활용한 감지기는 7개의 측정값을 평균하여 사용하였기 때문에 경보음의 파워레벨에 따라 침실에서의 음압레벨이 달라질 수 있다. 그럼에도 불구하고 평균적인 값이 기준값을 만족시키지 못하는 것에 착안하여 감지기의 성능에 대한 개선책이 마련되어야 할 것이다. 또한, 본 연구를 위해 감지기의 입력 전압을 일정하게 유지하여 실험하였으나 실제 사용시 감지기의 입력전압이 사용시간의 증가에 따라 낮아질 우려가 있고, 그에 따라 파워레벨이 낮아질 수 있기 때문에 성능을 일정하게 유지하기 위한 방안도 함께 고려되어야 할 것이다.

## References

1. National Fire Agency, "Act on the Installation, Maintenance and Safety Management of Firefighting Facilities", Law No. 11690.
2. D. H. Jo, "Experimental Study on the Acoustic Characteristics of Single Alarm Detector", Master's Thesis, Dongshin University (2013).
3. Y. S. Choi, H. K. Jeon and Y. S. Bak, "The Analysis of Evacuation Safety by Smoke Alarm in Housing Fire", Journal of Korean Institute of Fire Science and Engineering, Vol. 25, No. 6, pp. 73-82 (2011).
4. G. J. Baek, E. S. Baek, H. Shin, H. G. Kim and C. Kook, "Experimental Study on the Sound Characteristics of the Solo Alarming Detector", Autumn Conference of Korean Society for Noise and Vibration Engineering, pp. 788-789 (2012).
5. E. S. Baek and H. K. Park, "Acoustical Characteristics of the Single Alarm Detector in Terms of Sound Pattern", Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 29, No. 6, pp. 745-752 (2019).
6. M. J. Lee, M. O. Yoon and M. J. Kim, "An Study on the Sound Attenuation and the Improvement in Hearing Condition of Fire Alarm Device in Apartment Buildings", Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 16, No. 6, pp. 593-601 (2006).
7. H. K. Roh and J. S. Im, "A Numerical Study on the Attenuation of Fire Alarm Sound", J. Korean Soc. Hazard Mitig., Vol. 12, No. 4, pp. 149-154 (2011).
8. NFSC 201, "Fire Safety Standards for Emergency Alert Systems and Single Alarm Detectors", National Fire Agency (2017).
9. NFPA 72, "National Fire Alarm and Signaling Code", National Fire Protection Association (2016).
10. C. J. Park and C. H. Hann, "Effects of the Complexity of 3D Modeling on the Acoustic Simulations and Auralized Sounds", The Journal of the Acoustical Society of Korea, Vol. 30, No. 1, pp. 22-32 (2011).