



# 경종과 전자사이렌의 음압 레벨 및 주파수 특성 분석

## Analysis of Sound Pressure and Frequency Characteristics of Fire-Alarm Bells and Electronic Sirens

김영현\* · 김보섭\*\* · 정종진\*\*\*

Kim, Younghyun\*, Kim, Boseb\*\*, and Jung, Jongjin\*\*\*

### Abstract

In the event of fire, how quickly occupants can hear, see, and/or smell the fire and then exit the building are important for reducing the number of potential casualties. After a person or an automatic fire-detection system detects a fire, an installed emergency alarm system is used to alert building occupants about the fire. The emergency alarm system plays an important role in alerting the occupants to the fire by emitting a high-pitched sound when the fire is initially detected. Although bells and electronic sirens can both be used in fire-alarm systems, usually only bells are used in most commercial fire alarms except for a few fire extinguishers. Recently, however, the development of circuit integration technology and subsequent competitive pricing and improved performance have fostered an environment favorable for the widespread application of electronic sirens. However, because electronic sirens that emit various sounds will likely confuse building occupants used to hearing familiar-sounding conventional fire-alarm bells, electronic sirens must be engineered to sound like conventional fire-alarm bells. Therefore, in this study, experiments were conducted to measure the specific sound pressure and frequency characteristics of commercially available fire-alarm bells and electronic sirens, and their characteristics were reviewed. In addition, the differences between the bells and sirens were analyzed to develop a plan for supplementing warning sounds of electronic sirens.

**Key words :** Fire Bell, Electronic Siren, Sound Pressure, Frequency

### 요 지

시설물 내에서의 화재 발생시 재실자가 청각, 시각, 후각 등을 이용하여 얼마나 빨리 화재를 인지하느냐는 화재로 인한 인명피해를 줄일 수 있는 중요한 요소가 된다. 이러한 이유로 소방대상물에 거주자 또는 자동화재탐지설비가 화재를 감지하여 화재 발생을 건물 내의 거주자에게 경보하는 비상경보설비를 설치하게 된다. 화재초기에 고음의 경보음을 발하여 재실자에게 화재를 인지시키는 중요한 역할을 하는 것이 비상경보설비로서 음향 장치는 경종(벨)과 전자사이렌을 사용하고 있으나 소화설비의 일부 외에는 대부분 경종이 사용되고 있다. 최근에 회로집적 기술 등의 발달로 가격 경쟁력이 생겨나고 성능도 향상되는 등 전자사이렌 확대사용을 위한 환경이 조성되고 있다. 그러나 다양한 소리를 내는 전자사이렌이 사용되면 기존 경종 소리음에 익숙한 거주자들은 혼란을 겪을 우려가 크다. 이를 해결하기 위해서는 전자사이렌의 소리를 경종의 소리와 유사하게 만들면 될 것이다. 따라서 본 연구에서는 현재 시중에 판매되는 경종과 전자사이렌을 대상으로 각각의 제품이 가지는 고유 음압 특성과 주파수 특성 측정을 위한 실험을 수행하였으며 그 특성을 고찰하였다. 또한 각 시료별 차이점을 분석하고 이를 토대로 전자사이렌 경보음 보완을 위한 방안을 제시하였다.

**핵심용어 :** 경종, 전자사이렌, 음압, 주파수

\*정회원, 한국소방산업기술원 연구소 선임연구원(E-mail: ykim@kfi.or.kr)

Member, Senior Researcher, R&D Laboratory, Korea Fire Institute

\*\*㈜디비컴 연구소 책임연구원

Principal Researcher, R&D Laboratory, DBcom Inc.

\*\*\*교신저자, 평생회원, 한국소방산업기술원 연구소 책임연구원(Tel: +82-31-289-2958, Fax: +82-31-287-1067, E-mail: samjjung@kfi.or.kr)

Corresponding Author, Member, Principal Researcher, R&D Laboratory, Korea Fire Institute

## 1. 서론

2000년 이후부터 첨단 건축공법이 개발되면서 초고층건 축물이 국내와 해외에서 세워지고 있으며 이로 인해 공간에 머무르는 재실자 밀도는 크게 높아지고 있는 현실이다. 또한 생활문화의 변화로 동일 건물에서 다양한 활동이 가능한 복합기능 건물들이 증가하고 있으며 이로 인해 건축물 내부 동선이 매우 복잡해지고 있다. 이러한 경우 거주자의 생활편 리성은 좋아졌다고 할 수 있으나 화재 등의 재난 시 인명 피해를 줄이기 위한 대피 효율성은 매우 떨어진다.

소방청 화재통계, National Fire Agency (2020)에 의하면 2010년부터 2019년까지의 총 화재발생 426,521건 중에서, 주거시설 화재가 111,254건(26%), 산업시설(공장, 창고 등) 화재 55,011건(13%), 생활서비스시설(음식점, 고시원 등 근 린시설) 화재 44,103건(10%)을 차지한다. 이는 거주자가 많은 시설, 그리고 복잡한 공간구성과 바닥 적재 물품 등의 장애 요소로 인해 피난에 지장이 많아 인명피해가 발생할 가능성이 많은 공간에서의 화재가 50%를 차지한다.

이러한 시설물 내에서의 화재 발생시 재실자가 청각, 시각, 후각 등을 이용하여 얼마나 빨리 화재를 인지하느냐는 화재 로 인한 인명피해를 줄일 수 있는 중요한 요소가 된다. 이러한 이유로 소방대상물에 자동화재탐지설비나 거주자가 화재를 감지하여 화재 발생을 건물 내의 거주자에게 경보하는 시각 경보기, 비상경보설비, 비상방송설비 등을 설치한다. 그 중 에서도 화재초기에 고음의 경보음을 발하여 재실자에게 화재를 인지시키는 중요한 역할을 하는 것이 비상경보설비 로서 음향 장치는 경종(벨)과 전자사이렌을 사용하고 있으나 소화설비의 일부 외에는 대부분 경종을 사용하고 있다. 그 이유는 “자동화재탐지설비 및 시각경보장치의 화재안전기 준 NFSC 203 (2019)”과 “비상경보설비 및 단독경보형 감지 기의 화재안전기준 NFSC 201 (2021)”의 법률적 연관성과 오랜 관례적 문화 또는 가격적 이점 때문일 것이다. 그러나 최근에 회로집적 기술 등의 발달로 가격 경쟁력이 생겨나고

성능도 향상되는 등 전자사이렌 확대사용을 위한 환경이 조성되고 있다.

다양한 소리를 내는 전자사이렌이 사용되면 기존 타종방 식의 소리를 내는 경종 소리음에 익숙한 거주자들은 혼란을 겪을 우려가 크다. 이를 해소하기 위해서는 전자사이렌의 소리를 대부분의 소방대상물에 설치된 경종의 소리와 유사 한 형태로 개발하면 될 것이다.

따라서 본 연구에서는 현재 시중에 판매되는 경종과 전자 사이렌을 대상으로 각각의 제품이 가지는 고유 음압 특성과 주파수 특성 측정을 위한 실험을 수행하였으며 그 특성을 고찰하였다. 또한 각 시료별 차이점을 분석하고 이를 토대로 전자사이렌 경보음 보완을 위한 방안을 제시하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 경종(KFI Certification Code no 2017-1, 2017)

경종은 경보기구 또는 비상경보설비에 사용하는 벨, 부저 등의 음향장치이다. 이때, 경보기구는 자동화재탐지설비, 비상 경보설비의 축전지 등 화재의 발생 또는 화재의 발생이 예상되는 상황에 대하여 경보를 발하여 주는 설비이고, 자동 화재탐지설비는 화재발생을 감지하여 관계자에게 통보할 수 있는 설비를 의미한다. 경종은 주로 자동화재탐지설비의 작동에 의하여 화재의 발생을 알리는 역할을 한다. 그리고 자동화재탐지설비용으로는 수신기 부근이나 내부에 설치되는 주경종과 특정소방대상물의 복도나 계단 등에 설치되는 지구경종이 있다.

경종의 구조는 Fig. 1과 같다. 경종은 크게 기동부와 외함 으로 구분되고, 경종의 외함은 Fig. 1의 왼쪽 그림과 같다. 기동부는 발신기의 동작신호를 받아 타봉의 진동을 발생하 는 역할을 한다. 기동부의 구조는 Fig. 1의 오른쪽과 같으며, 국내에서 생산되는 기동 방식은 모터의 회전운동을 직선운 동으로 변환하여 타봉을 직선상으로 왕복시키는 구조로 되어있다. 또한 경종의 재질은 다이캐스팅 금속과 다이캐스

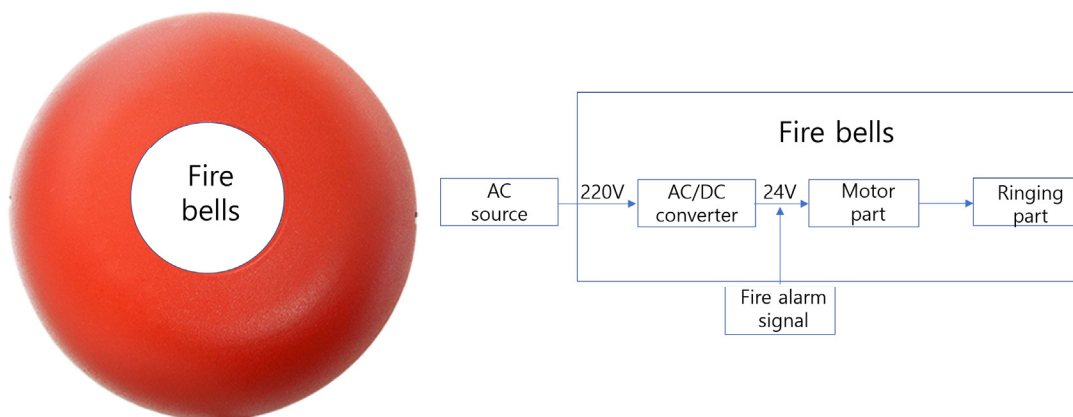


Fig. 1. Appearance and Inside of Fire Bells

팅 이외의 주조 금속에 따라 최소 두께 등의 차이가 존재하는데, 이와 관련된 내용은 경종의 우수품질인증 기술기준 KFI Certification Code no 2018-34 (2018)에 묘사되어 있다.

## 2.2 전자사이렌

전자사이렌의 구조는 Fig 2와 같다. 위의 경종과 유사하게 화재 발생시 화재 발생 신호가, fire alarm transmitter를 통해, 전자사이렌으로 전달된다. 화재 발생 신호가 전자사이렌으로 전달된 후, 증폭기를 통해, 스피커에서 음향 경보가 발생한다. 음향 경보는 수신기에서 화재 복구 신호를 보내기 전까지

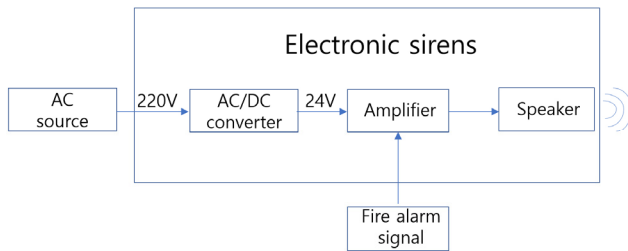
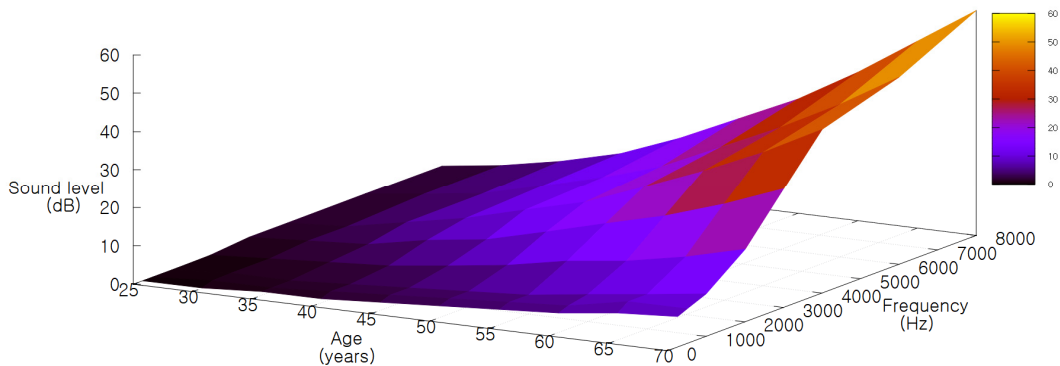


Fig. 2. Electronic Sirens

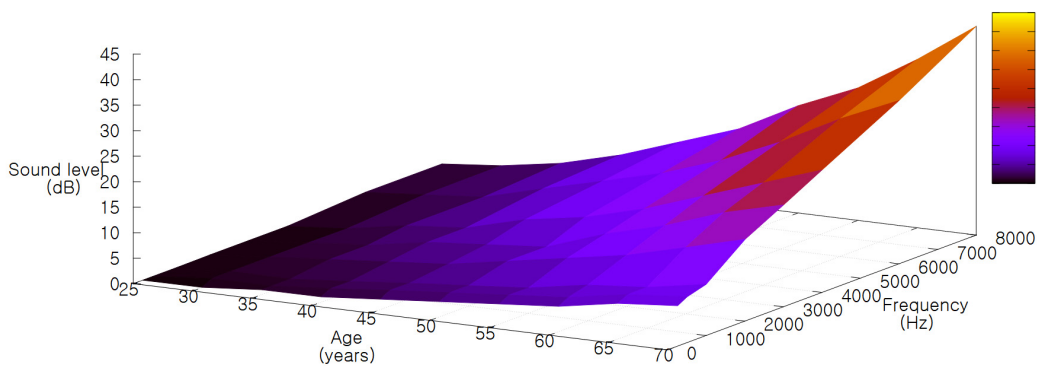
지속적으로 발생한다. 경종은 발신기의 동작신호를 받아 타봉의 진동으로 타종하는 방식으로 화재를 알려주는 반면에, 전자사이렌은 일정주파수를 발진시켜 스피커를 명동하는 방식으로 화재를 알려주는 장치이다.

## 3. 소리음 청력 민감도 분석 관련 연구

주파수에 대한 음압 레벨 분석을 하기에 앞서, 주파수와 사람들의 청력 민감도(hearing sensitivity)에 대한 이해가 필요하다. 사람의 귀로 들을 수 있는 소리의 크기를 가청역치(hearing threshold)라고 한다. 청각적 절대역치는 조용한 환경에서, 일반적으로 50%를 감지할 수 있는 소리의 수준으로 정의한다(Kim, 2009). 귀의 가청역치의 기준이 되는 레벨은 주로 ISO 226에 기술된 등감곡선의 최소가청 레벨을 사용하고, ISO 1999 표준에 따르는 정상 건청인의 연령에 따른 기도 청력역치는 Fig 3과 같다. Fig 3에서 볼 수 있듯이 나이가 증가할수록, 그리고 주파수가 높을수록 청력역치가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 그리고 연구 결과 Kim (2009)에 따르면, 남성에 비해 여성의 청력 역치 수준이 낮고, 40대 중반 이후부터는 6 kHz와 8 kHz에서 청력역치 수준이



(a) Men



(b) Women

Fig. 3. Airway Hearing Threshold

다른 주파수에 비해 높아지기 시작한 결과를 보였다. 다시 정리하면, 여성이 남성에 비해 소리를 더 잘 듣고, 6 kHz와 8 kHz 부근의 소음은 다른 주파수 대역의 소음보다 더 커야 한다는 것이다.

또 다른 연구결과 Hur et al. (2007)에 따르면, 소음 크기 66 dB 기준으로 주파수가 커질수록 소음크기에 대한 민감도가 증가하는 추세를 확인하였다. 좀 더 세부적으로 0.8 kHz와 1.4 kHz에서의 불쾌도는 상대적으로 낮게 평가되었고, 6 kHz 부근도 역시 불쾌도가 낮게 평가되었다. 그러나 6 kHz에서 고주파수 대역으로 올라갈수록, 불쾌도는 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다. 경종과 전자사이렌의 기능은 듣는 사람으로 하여금 불쾌도를 느끼게 하여 비상 상황임을 인지시키는 것이다. 따라서 경종과 전자사이렌의 소음 주파수를 높게 결정하는 것이 타당할 것이다. 그러나 Fig. 3에서 볼 수 있듯이, 소음의 주파수가 높아질수록 소음의 크기 역시 증가하여야, 해당하는 소음을 인지할 수 있다. 이러한 추세는 노인일수록 더욱 뚜렷하다. 또 다른 연구 결과 Lee and Hong (2018)에서도 이와 유사한 결과를 보이고 있다. 해당 연구는 가청주파수 축소로 인해 고주파수의 청취력 저하를 겪는 고령층에게 손실된 주파수의 음압을 보상하는 이퀄라이저에 대한 내용이다. 즉, 고령층, 60대 이상의 사용자에게 가청주파수 특성에 맞게 콘텐츠를 효과적으로 전달하기 위해, 이퀄라이저를 사용해 주파수별 음압 손실 폭 만큼을 보상하는 방안을 제시한다. 다시 말하자면, 높은 주파수 대역의 소리 크기를 키워서 소리를 전달하는 것이다.

#### 4. 실험 구성

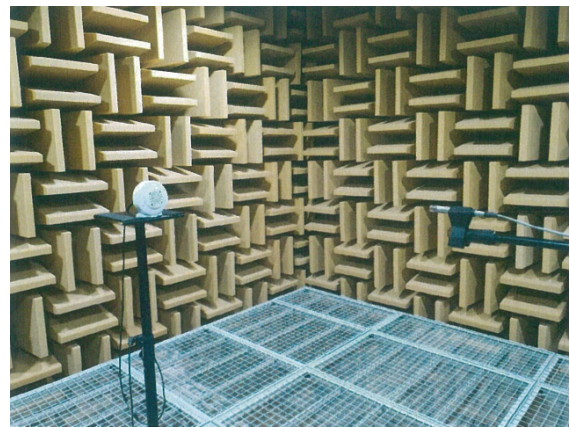
경종과 전자사이렌의 음압 레벨 및 주파수 분석을 위한 실험 시료는, 2개의 제조사에서 각각 출시한 경종과 전자사이렌, 총 4개이다. 국내 형식 기준에 따라 음향 분석 실험은 1미터 거리에서 실시한다. 정확한 음향 분석을 위해 무향 환경에서 실험을 진행하고, 사용 장비, 환경 조건, 시험 항목 등은 Table 1과 같다.

실험에 사용된 경종과 전자사이렌의 시료는 2개의 제조사 A, B에서 판매하는 제품을 사용한다. 본 논문에서는 이후, 제조사 A의 경종과 전자사이렌을 각각 경종 A (fire bell A)와 전자사이렌 A (electronic siren A)라고 부른다. 이와 비슷하게 제조사 B의 경종과 전자사이렌은 각각 경종 B (fire bell B)와 전자사이렌 B (electronic siren B)라고 표현한다.

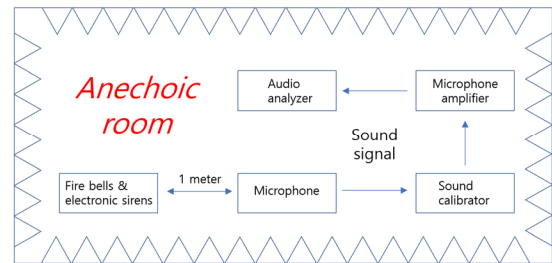
Fig. 4는 본 논문에서의 실험을 진행하기 위한 구성도를 묘사한다. 전체적인 실험은 Fig. 4(a)에서와 같이 무향 환경에서 진행하며, 국내 경종의 형식승인 기준에 따라 경종 및 전자사이렌의 위치는 기준 마이크로폰과 1미터 거리에서 측정한다. 측정 절차는, Fig. 4(b)에서 볼 수 있듯이, 경종/전자사이렌에서 발생하는 음향 정보는 기준 마이크로폰에서 수신하여 전기 신호로 변화시킨다. 그리고 음압 교정기를

Table 1. Test Environments

Audio analyzer	Audio Precision APx555
Microphone amplifier	B&K 2690-A
Microphone	B&K 4191
Sound Calibrator	B&K 4231
Experimental environmental conditions	(24.6 ± 2.4) °C (44.5 ± 2.5)% R.H (101.9 ± 0.1) kPa
Sound pressure level	(20~140) dB
Frequency range	(20~20,000) Hz



(a) Experiment picture



(b) Flow diagram

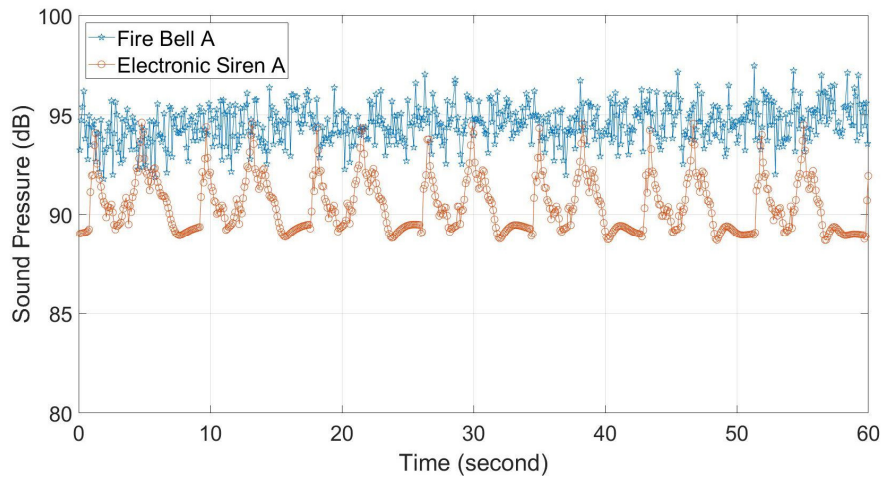
Fig. 4. Measurement Equipment Configuration

통해 전기 신호를 마이크로폰 앰프로 전달한다. 전달하는 전기 신호 세기가 미약하므로 마이크로폰 앰프를 통해 전기 신호를 증폭시킨 후 음향 분석기로 전달하고 마지막으로 음향 분석기에서 음향 신호를 분석한다.

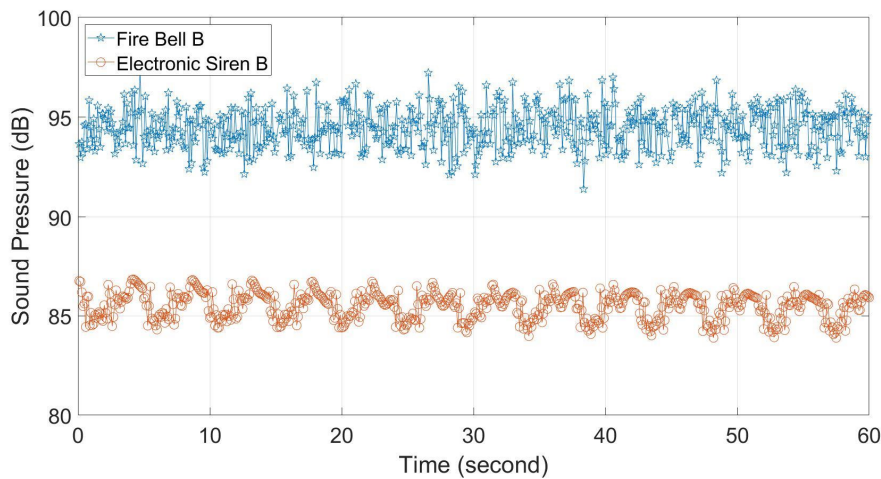
#### 5. 실험 결과 분석

##### 5.1 시간에 대한 음압 레벨 분석

Fig. 5(a)는 제조사 A에서 출시한 경종(fire bell A)과 전자사이렌(electronic siren A)의 음압 레벨을 60초 동안 시간에 따라 분석한 그래프이다. 앞서 언급했듯이, 경종의 국내 형식승인 기준에 따라 음압 레벨 측정은 1미터 거리에서



(a) Manufacturer A



(b) Manufacturer B

Fig. 5. Sound Pressure of Fire Bell & Electronic Siren as a Function of Time (second)

수행한다. 우선 경종과 전자사이렌의 평균 음압 레벨은 94.6 dB와 90.4 dB이다. 그리고 경종 A의 최대 음압 레벨과 최저 음압 레벨은 각각 97.5 dB와 91.8 dB이다. 그리고 전자사이렌 A의 최대 음압과 최저 음압은 각각 94.6 dB, 88.7 dB이다.

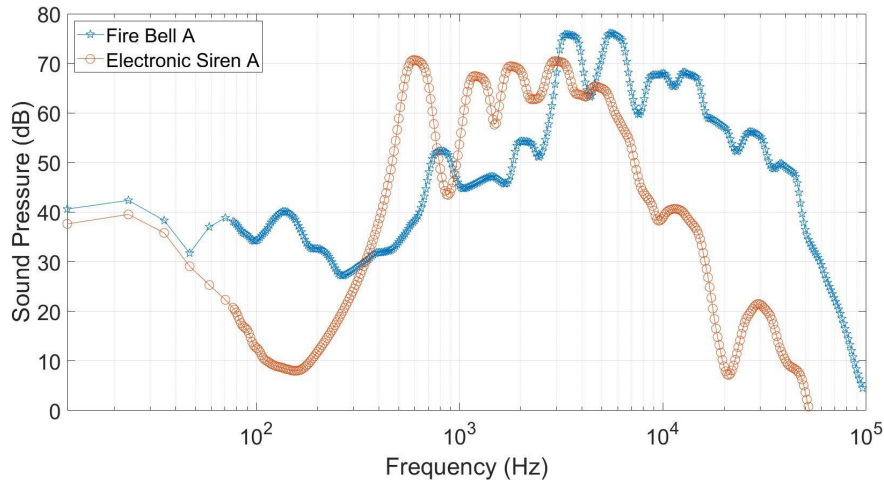
그러나, Fig. 5(a)에서 볼 수 있듯이, 경종과 전자사이렌의 차이점은 시간에 대한 음압 레벨 변화량이다. 경종은 외함을 타종하는 방식으로 경보음을 전달하는 것이기 때문에, 타종할 때와 하지 않을 때의 간격으로 인해 음압 레벨이 급격하게 변화한다. 그러나 전자사이렌의 음압은 경종과 비교하여 상대적으로 음압의 변화량이 작다. 이러한 변화량의 차이로 인해, 전자사이렌에 비해 경종의 소리를 들었을 때, 위기감을 들게 하거나, 긴장감을 유발할 수 있음을 유추할 수 있다.

Fig. 5(b)는 제조사 B에서 출시한 경종과 전자사이렌의 음압 레벨을 60초 동안 보여주는 그래프이다. Fig. 5(b)에서 경종과 전자사이렌의 평균 음압 레벨은 각각 94.5 dB와 85.5 dB이다. 경종 B의 최대 음압 레벨과 최저 음압 레벨은

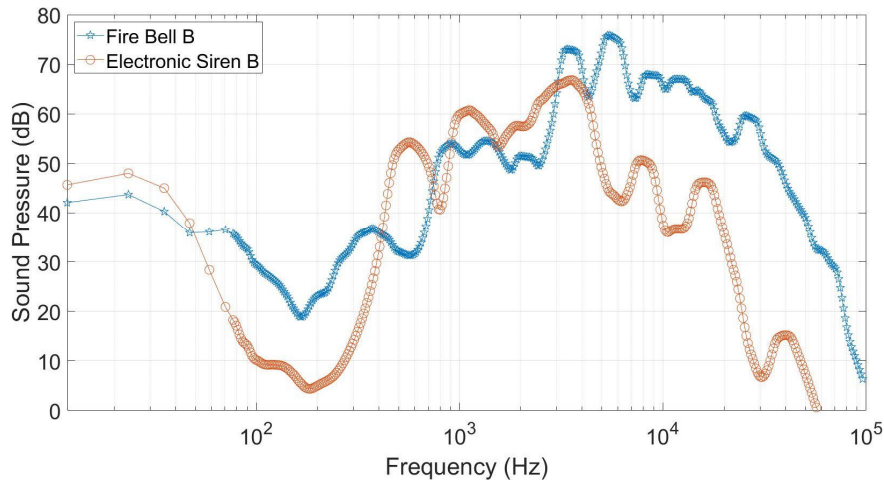
각각 97.4 dB와 91.4 dB이다. 그리고 전자사이렌 B의 최대 음압과 최저 음압은 각각 86.8 dB, 83.9 dB이다. 전자사이렌 B의 경우 Fig. 5(a)에서의 전자사이렌 A와 비교하여 평균 음압 레벨이 낮은 것을 볼 수 있다. 그러나 평균 음압 레벨의 차이는 제조사의 특성에 따라 다를 수 있고, 평균 음압 레벨을 높이거나 낮추는 것은 기술적으로 어려운 부분이 아니기 때문에, 주요 쟁점 사항은 아니다. 그러나 전자사이렌 B의 음압은 여전히 경종 B와 비교하여 음압의 변화량이 상대적으로 더 작기 때문에, 전자사이렌 B의 소리는 경종 B에 비해 듣는 긴장감이 보다 더 약하게 느낄 것이다.

## 5.2 주파수에 대한 음압 레벨 분석

Fig. 6(a)는 경종 A와 전자사이렌 A의 주파수에 따른 음압 레벨 결과를 보여준다. Fig. 6(a)에서 볼 수 있듯이, 전자사이렌은 경종과 비교하여 낮은 주파수 대역에서 높은 음압 레벨을 가진다. 경종 A는 두 개의 극대점에서 70 dB



(a) Manufacturer A



(b) Manufacturer B

**Fig. 6.** Sound Pressure of Fire Bell & Electronic Siren as a Function of Frequency

이상의 크기를 가지고, 구체적으로, 3.3 kHz에서 75.8 dB, 5.5 kHz에서 76 dB 크기를 가진다. 전자사이렌 A의 우세한 극대점은 4개이고, 각각의 값은 0.6 kHz에서 70.6 dB, 1.2 kHz에서 67.4 dB, 1.8 kHz에서 69.4 dB, 2.9 kHz에서 70.4 dB의 크기를 가진다. 앞의 Fig. 5에서 살펴보았던 것처럼, 소리 크기는 경종 A가 전자사이렌 A보다 큰 것을 Fig. 6(a)에서도 확인할 수 있다. 그리고 경종 A는 전자사이렌 A보다 2 kHz 높은 구역에서 가장 큰 소리를 발생시킨다. 앞서 서술했듯이, 소리의 크기가 일정할 경우, 주파수가 높을수록 소리에 대한 민감도가 증가한다(Hur et al., 2007). 경종 A와 전자사이렌 A의 소리 크기는 기본적으로 경종 A가 크다. 그런데, 경종 A의 소리 크기는 전자사이렌 A와 비교하여 상대적으로 고주파수 대역에서 큰 소리를 발생시킨다. 따라서 경종 A와 전자사이렌 A의 소리를 비교하였을 때, 재실자들은 경종 A의 소리에 더 민감하게 반응할 것으로 예측할 수 있다(Hur

et al., 2007). 이상의 결과를 볼 때, 전자사이렌 A를 들었을 때, 경종 A와 유사한 민감성을 느끼게 하기 위해, 주파수 대역별 음압 레벨을 서로 유사하게 할 필요가 있으며, 이는 전자사이렌의 재질이나 진동 방법 등을 통해 변경이 가능할 것이다.

Fig. 6(b)는 경종 B와 전자사이렌 B의 주파수 대역에 따른 소리 크기를 묘사한 것이다. Fig. 6(a)와 유사하게, 경종 B는 전자사이렌 B에 비해 더 큰 소리를 발생하고, 더 높은 주파수 대역에서 큰 소리를 발생시킨다. 구체적으로 경종 B는 3.4 kHz에서 73 dB, 5.4 kHz에서 75.8 dB의 큰 소음을 발생한다. 반면에 전자사이렌 B의 경우, 53 dB 이상에서 3개의 극대점을 가지고 그 값은, 0.6 kHz에서 54.3 dB, 1.1 kHz에서 60.7 dB, 3.6 kHz에서 66.8 dB이다. 주파수에 따른 소리 크기의 추세는 Fig. 6(a)와 유사하다. 즉, 제조사와 상관없이, 경종은 전자사이렌에 비해 더 높은 소음을 발생시

키면서 더 높은 주파수 대역에서 큰 소리를 발생시키는 것을 확인할 수 있다. 앞선 Fig. 6(a)와 마찬가지로, 전자사이렌 B의 주파수 대역별 음압을 경종 B와 유사하게 제작한다면, 전자사이렌의 소리를 듣고도 경종을 들었을 때와 유사한 심리적 효과를 거둘 것으로 판단한다.

### 5.3 실험결과 분석 고찰

- (1) 시간에 대한 음압레벨 분석: 60초 동안의 경종과 전자사이렌의 음압변화의 특성을 살펴보면, 경종은 외함을 타종하는 방식으로 경보음을 전달하는 것이기 때문에, 타종할 때와 하지 않을 때의 간격으로 인해 음압 레벨이 시간에 대해 상대적으로 급격하게 바뀌는 것이다. 즉, 경종의 음압 레벨 변화량은 전자사이렌의 음압 레벨 변화량보다 매우 크다는 것을 의미한다. 그리고 이러한 변화량의 차이로 인해, 전자사이렌에 비해 경종의 소리를 들었을 때, 위기감을 들게 하거나, 긴장감을 유발할 수 있음을 유추할 수 있었다.
- (2) 주파수에 대한 음압레벨 분석: 전자사이렌은 경종과 비교하여 낮은 주파수 대역에서 높은 음압 레벨을 가진다. 경종 A는 3.3 kHz에서 75.8 dB, 5.5 kHz에서 76 dB 크기를 가진다. 전자사이렌 A의 우세한 극대점은 4개이고, 각각의 값은 0.6 kHz에서 70.6 dB, 1.2 kHz에서 67.4 dB, 1.8 kHz에서 69.4 dB, 2.9 kHz에서 70.4 dB의 크기를 가진다. 소리 크기 또한 경종 A가 전자사이렌 A보다 큰 것을 확인할 수 있었으며 경종 A는 전자사이렌 A보다 2 kHz 높은 구역에서 가장 큰 소리를 발생시켰다. 따라서 소리의 크기가 일정할 경우, 주파수가 높을수록 소리에 대한 민감도가 증가하므로 경종과 전자사이렌의 소리를 비교하였을 때, 재실자들은 경종의 소리에 더 민감하게 반응할 것으로 예측할 수 있었다.

## 6. 결론

본 연구에서는 현재 시중에 판매되는 경종과 전자사이렌을 대상으로 각각의 제품이 가지는 고유 음압 특성과 주파수 특성 측정을 위한 실험을 수행하였으며 그 특성을 고찰하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다. 경종의 음압 레벨 변화량은 전자사이렌의 음압 레벨 변화량보다 크기 때문에, 전자사이렌에 비해 경종의 소리를 들었을 때, 위기감을 들게 하거나, 긴장감을 유발할 것이다. 그리고 소리의 크기가 일정할 경우, 주파수가 높을수록 소리에 대한 민감도가 증가하므로, 경종과 전자사이렌의 소리를 비교하였을 때, 재실자들은 경종의 소리에 더 민감하게 반응할 것이다.

이상과 같이 본 연구에서는 경종과 전자사이렌의 시간대별 주파수대별 음압 특성을 분석하여 경종의 음압이 비상시에 보다 더 효과적인 경각심을 준다는 것을 확인할 수 있었다.

그리고 전자사이렌을 경종과 유사한 민감성, 경각심을 느끼게 하기 위해서는 주파수 대역별 음압 레벨을 서로 유사하게 할 필요가 있다. 이를 위하여 전자사이렌을 개발시 진동방법 등을 고려하여 설계한다면 경종음의 효과를 낼 수 있을 것으로 판단한다.

본 연구에서는 재실자들이 깨어있을 때의 조건을 가정한 상태에서 경종과 전자사이렌의 음압 특성을 분석하였다. 향후 연구과제로, 재실자들이 수면상태일 때, 경종이나 전자사이렌에 의해 화재사실의 인지에 대한 내용을 진행할 것이다.

## 감사의 글

이 논문은 2019년도 정부(소방청)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2019-0-01325, 재난현장 무선통신 추적기반 요구조사 및 소방관 위치정보 시스템 개발).

## References

National Fire Agency. (2020). *2019 Fire Statistics Yearbook*. NFSC 203. (2019). *Fire Safety Standards for Automatic Fire Alarm System and Visual Alarm Equipment*. NFSC 201. (2021). *Fire safety standards for emergency alarm facilities and single alarm type detectors*. KFI Certification Code no 2017-1. (2017). *Technical Standards of Product Inspection and Approval of a Type of Fire Bells*. KFI Certification Code no 2018-34. (2018). *Excellent quality certification technical standards of Fire Bells*. Kim, G.S. (2009). Human Hearing. *Korea Industrial Health Association*, No. 257, pp. 41-51. Hur, D.-J., Jo, K.-S., Hwang, D.-S., and Cho, Y. (2007). Study of the annoyance sensitivity for the frequency band of road traffic noise. *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, Vol. 17, No. 5, pp. 398-404. Lee, C.-H., and Hong, S.-K. (2018). A study on the hearing characteristic based equalizer design for the elderly. *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 19, No. 4, pp. 779-787.

Received	August 12, 2021
Revised	August 12, 2021
Accepted	August 25, 2021