

## 대규모 공간에서 선행음 효과를 이용한 음성피난유도 시스템의 적용연구 An Experimental Study on the Adaption of Announcement Based Evacuation Guidance System using Haas Effect in Large Space

백은선<sup>†</sup> · 백건종\* · 신훈\*\* · 송민정\*\*\* · 국찬\*\*\*\*

Eun-Sun Baek<sup>†</sup> · Geon-Jong Baek\* · Hoon Shin\*\* · Min-Jeong Song\*\*\* · Chan Kook\*\*\*\*

동신대학교 소방행정학과, \*동신대학교 대학원, \*\*전남대학교 대학원,  
\*\*\*전남대학교 바이오하우징사업단, \*\*\*\*동신대학교 조경학과  
(2011. 8. 8. 접수/2011. 10. 6. 수정/2011. 10. 7. 채택)

### 요 약

본 연구에서는 비상시 인명피해의 위험요소인 연기발생에 따른 시야장애 상황을 연출하여 음성피난유도 시스템의 적용을 위한 모의실험을 실시하였으며 피험자들의 피난행동과 피난 대피시간을 조사·분석하였다. 피난유도음을 스피커 4개에서 동시에 발생시킬 경우, 대부분의 피험자는 방향감을 상실하고 지정된 지점으로 이동하는 시간도 비교적 길게 나타났다. 스피커 2개보다 1개에서 피난유도 멘트가 나왔을 때 방향감 및 피난행동에 가장 좋은 결과를 보여주었다. 또한 2개 이상의 스피커에서 피난유도 멘트가 동시에 발생되었을 때는 선행음효과를 활용하고, 스피커 설치가 가까울수록 피난유도 내용 및 방향감 인지가 높고 대피시간도 짧은 것으로 나타났다.

### ABSTRACT

In this study, a simulated situation in which the visions of the evacuees were blocked by the smoke, which is one of the most dangerous factors that cause casualties in case of an emergency, was conducted for the evaluation of the performance of an evacuation guidance system. For this purpose, the behavior and time taken by the experiment subjects in simulated evacuation test were measured and analyzed. When the evacuation guidance sound signals were given by 4 speakers at the same time, most of the subject were disoriented and took generally longer in getting to the pre-designated evac point. And, using only one speaker instead of two showed a better result in terms of the evacuation behavior or and orientation. Also, when there were two or more speakers used for the broadcasting of the guidance message, it turned out that using Haas effect, and placing the speakers closer, could result in higher awareness of the guidance message and maintenance of the orientation, while it also made the subjects took short to get to the evac point.

**Key words :** Haas Effect, evacuation, Evacuation guide systems, Evacuation performance

### 1. 서 론

불특정 다수가 이용하는 대규모 건축물이나 지하가 등에 대해서는 화재나 지진 등의 재해시 피난유도 시스템은 안전한 피난을 위해 꼭 필요한 피난시스템이다.

특히, 구획된 공간에서 화재가 발생하게 되면 가연 물질의 성분 및 연소조건에 따라 연소생성물인 연기가 필연적으로 발생하게 된다. 발생한 연기는 건물내 공

기 흐름과 같이 유동하여 피난유도시설인 유도등 및 유도표지의 기능을 마비시킨다. 이에 따라 건축내에 화재발생시 공간에서 발생하는 연기로 인해 피난유도설비들이 그 역할을 수행하지 못할 경우에 피난자에게 효과적으로 안전한 장소로 피난을 시키기 위해서는 시각적인 효과보다는 피난유도음을 활용하여 피난자에게 안전한 방향으로 유도될 수 있는 모델이 필요하게 된다.

하지만 일반 건축물에 있어서 화재가 발생되면 자동 화재탐지설비의 작동으로 경보음 등이 켜지면서 피난을 유도하고 있다. 이러한 기존 시스템에 있어서 이는

<sup>†</sup>E-mail: bes7009@dsu.ac.kr

화재진행 방향과는 무관하게 항상 고정된 단방향으로 유도함으로 실제 대규모 공간의 다양한 출입문에 있어서는 많은 시간의 낭비로 인하여 피난에 어려움이 나타나게 된다.

이 같은 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 화재시 피난자에게 피난 시간을 최소화하면서 피난시간 지연으로 발생하는 인명피해의 원인 중 연소생성물로 인한 시야 미확보 등으로 발생하는 피난장애를 해결하고자, 음성을 활용한 피난유도모델을 제안하고자 한다. 본 연구에서 제안하고자 하는 음성피난유도모델은 선행음효과(Haas effect)를 이용하여 피난자에게 방향감을 주어 피난방향을 제시하는 모델이다.

본 연구에서는 선행음 효과를 이용하여 개발된 음성피난유도 시스템의 적용을 위해서 실제 대형집회시설 공간에 모의피난실험을 실시하여 개발된 시스템의 선행효과와 최적화 방안을 찾고자 하였다.

## 2. 실험 장치 및 방법

### 2.1 실험 개요

근래 들어 건축물의 구조와 형태가 대규모화 되어감에 따라 대규모 공간내부에는 화재하중이 큰 내장재료, 사무기기 사용이 많아 화재 발생시 인명피해가 많다. 그리고 화재 발생시 연소생성물인 화염, 연기, 유해성 가스 등에 의해 피난행동에 침해를 받고 있다. 그러므로 본 연구에서는 실제 대형 집회시설 공간을 대상으로 모의피난실험 실시하여 음성피난유도시스템의 성능을 평가하고자 하였으며 실험의 개요는 Table 1과 같다.

### 2.2 실험공간

음성피난유도시스템의 성능평가를 위한 장소로 D대학교 체육관을 선정하였다. D대학교 체육관은 앞서 최적 선행음효과 도출을 위한 청감실험을 실시하였던 장소로 이는 건축물에서 비교적 넓은 공간이고 잔향시간이 길어서 음향학적으로 불리하므로, 최적의 선행음효과를 활용한 음성피난유도시스템의 성능평가를 위한

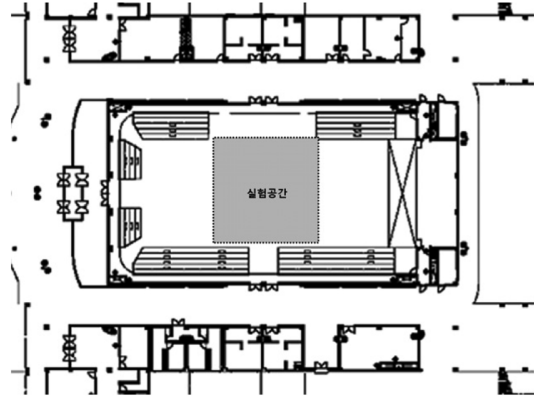


Figure 1. Ground plan of the gymnasium.

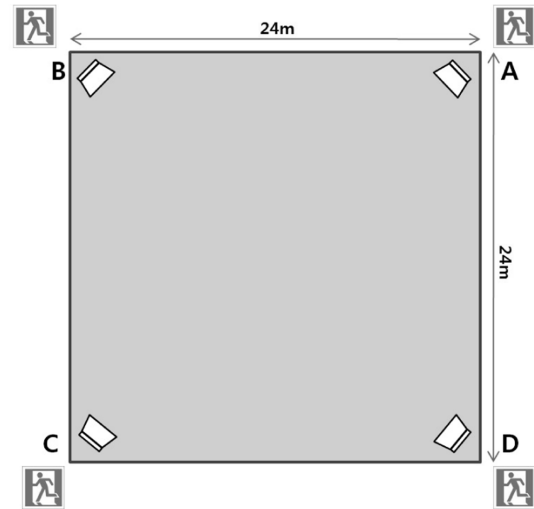


Figure 2. Testing ground layout.

장소로 적합한 곳이었다(폭 26m × 넓이 44m × 높이 20m). D대학교 체육관의 바닥 1층 평면도는 Figure 1과 같다.

그러나 Figure 2에서 보이는 바와 같이 체육관은 직사각형의 형태로 피난구의 위치가 양방향으로 배치되어 있어 본 실험에서 유도하려는 다수의 피난구에서 음성피난유도시스템의 최적화 연구에는 적합하지 않아 네 귀퉁이에 피난구(A~D)를 상정하여 특정 방향(A)에 존재하는 피난구로 유도하는 것을 모의 실험하였다. 또한 화재 발생시 연기로 인한 시야장애가 발생하였을 경우를 가정하여 시야가 확보되지 않는 상황에서 실험에 참가하는 피난자들의 안전을 위해 바닥이 평탄하고 위험요소가 없는 공간에서 실험을 실시하였다.

Table 1. Test Overview

Item	Description
Date	Mar. 19, 2011 (13:00~19:00)
Location	D University, Daeho-dong, Naju-si, Jeonnam
Test Facility	Gymnasium, D University
Participants	22 (Students at D Univ.)

### 2.3 실험조건

화재 발생시 연기로 인한 시야장애가 발생하였을 경우에 음성으로 피난자들을 올바르게 피난시키는 음성 피난유도시스템의 성능평가가 그 목적이다. 이를 위해 피난실험의 화재시 피난조건은 피험자에게 연기로 인한 시야장애를 발생시키는 것으로 한정하였으며, 실험이 끝날 때까지 일정한 연기의 농도를 유지시키기 어려운 문제점으로 인해 가시광선 투과율을 조정된 불투명 안대를 사용하여 화재시 연기로 인한 감광의 효과를 대신하였다.

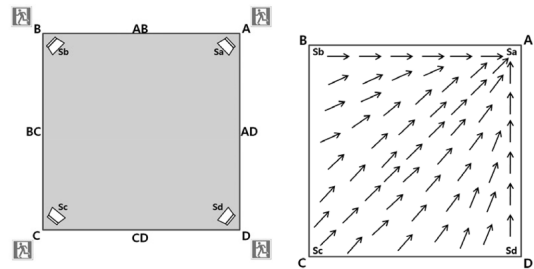
이는 화재상황을 연출하기 위해 피험자에게 특수 제작한 27%의 가시광선 투과율을 가지는 불투명 안대를 착용시킴으로써 연기로 인한 시각적 장애가 있는 피난 환경을 모사한 것이다. 이러한 피난환경은 무자극성 연기 속에서의 피난환경으로만 설정하였다. 무자극성인 연기 속에서의 보행속도는 연기농도에 거의 반비례하여 늦어진다. 자극성이 강한 연기 속에서는 연기농도가 어느 정도 이상이 되면 보행속도가 급격하게 저하되기 때문이다.

또한, 이와 같은 불투명 안대를 통한 일률적인 감광의 경우 매질의 거리에 따른 변화가 실제 연기로 인한 감광과는 차이점이 있으나, 빛의 감쇠율에 대한 연기농도와 거리의 관계를 통해 실제 연기농도로 보정이 가능하다. 즉, 투과율 27%의 안대를 착용한 상태에서 구조물과 유도등, 물체 등을 확인 할 수 있는 가시거리가 5m~10m의 범위일 경우 0.13~0.26[l/m]의 연기농도에 해당되며, 이는 화재초기를 막 지나 연기로 인해 연기감지기가 작동하고 건물에 익숙하지 않는 사람이 피난 장애를 일으킬 수 있는 상태이다.

### 2.4 실험장치

음성피난유도시스템 적용을 위해 개발된 선행음효과(Haas Effect) 시스템을 활용하여 시스템을 구성하였다. 개발된 선행음효과 시스템은 선행음과 후속음의 지연시간을 0~150ms까지 조절할 수 있고, 사운드카드가 설치된 노트북에서 실험음원을 쉽게 선정하고 재생할 수 있도록 개발된 시스템이다. 개발된 시스템은 최대 4개까지 스피커에서 선행음효과를 조절할 수 있도록 설계되어 장치를 구성하였다.

실험에 사용된 피난유도음은 신호음과 여성 아나운서 문구로 구성된 “띠리링- 비상구는 여기입니다”를 이용하였다. 또한 선행음효과를 주기 위해 선행음과 후속음의 지연시간의 선행연구정감실험결과에서 음압레벨이 동일할 경우 가장 높은 효과를 보인 20ms로 설정하였다.



(a) The positions of the emergency exits and Spot speakers  
(b) Sound directed to A

Figure 3. Sense of direction due to HAAS effect.

### 2.5 실험방법

실험은 Figure 3과 같이 마루의 면이 정방형의 건물공간이 있고, 그 네 귀퉁이에 피난구(A~D)를 상정하여 특정 방향(A)에 존재하는 피난구로 유도하는 것을 모의실험 수행하였다.

Figure 3의 (a)와 같이 피난구 A 부근에 설치한 스피커 Sa로부터 유도음을 재생하면, 실내 전역에서 A방향으로 방향감을 얻을 수 있다. 그러나 마루의 면이 10m 이상일 경우, 피난구 A 부근에 비해 피난구 C 부근에서는 음압레벨이 크게 저하하게 된다. 따라서 음압레벨을 실내 전체에 골고루 분포시키기 위해 피난구 A에서 D까지 피난구 부근에 배치한 각 스피커로부터 유도음을 동일한 정도의 레벨로 재생하면 전체 음압레벨이 동일한 음장을 얻을 수 있다.

하지만 각각의 피난구로부터 유도음을 발생하게 되면 전체 공간에서 방향감을 알 수 없게 된다. 그래서 각 스피커로부터 같은 유도음을 동일한 레벨로 발생시키되, 선행음(Sa)과 후속음(Sb, Sc, Sd)을 지연효과를 주어서 재생하면 선행음효과에 의하여 Figure 3의 (b)와 같이 특정한(A) 방향으로 방향감을 갖게 할 수 있다.

따라서 실험에서는 전체 공간에 음압레벨을 골고루 분포시키면서 스피커의 위치에 따른 선행음효과 성능평가를 위해 다음 Figure 4와 같이 스피커를 분포시켰다.

Table 2는 실험방법에 따른 스피커의 위치와 선행음효과의 조건을 나타내고 있다.

Table 2의 Case 1의 경우는 Figure 4에서 표시되어 있듯이 모든 피난구에서 피난유도음이 발생하여 피험자들에게 방향감을 제공하지 않았을 경우 특정 피난구(A)로 피험자들이 대피하는 시간을 측정하였다. Case 2의 경우는 양쪽의 피난구에서 피난유도음을 재생시켜 피험자들의 대피 시간과 방향감을 측정하였고, Case 3

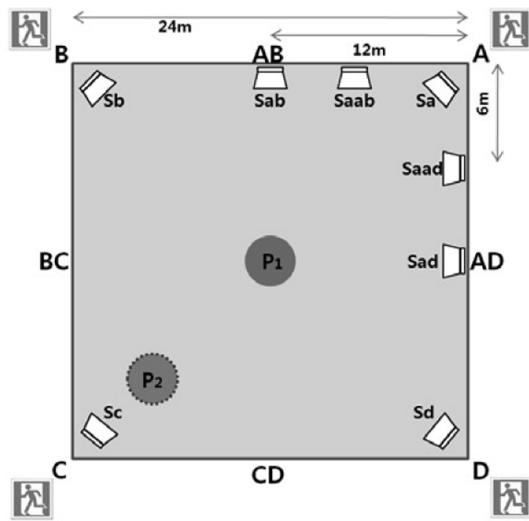


Figure 4. The starting points and the position of the speakers arranged for different testing method.

과 Case 4의 경우에는 특정 피난구(A) 방향의 경우에 방향감을 주어 선행음효과가 존재했을 경우와 그렇지 않을 경우를 구분하여 피험자들의 대피 시간과 행동 패턴을 비교 평가하였다. 또한 Case 5와 Case 6은 특정 피난구(A) 방향으로 선행음효과를 더 추가하기 위하여 후속음을 발생시키는 스피커를 피난구(A) 방향으로 가깝게 배치하였을 경우에 피험자들의 대피시간과 피난행동을 비교 평가하였다.

Case 7부터 Case 10까지는 피험자들의 출발위치를 특정 피난구(A)와 거리를 더 멀리 두어 앞서 비교 평

가하였던 다른 Case에서 선행음효과에 따른 피험자들의 대피시간과 피난행동과의 비교를 위하여 실험에 참가한 피험자들의 출발위치를 변경하여 실험을 실시하였다. 피험자들은 20에서 30대까지, 남성 12명, 여성 10명으로 총 22명 D대학교 재학생들로 구성되었다. 각 개인별 피난 패턴을 분석하기 위해 피험자들의 앞쪽과 뒤쪽에 번호표를 부착하였다. 부착된 번호표를 통하여 피험자들이 음성 피난유도음에 대응하는 것을 시간 순으로 분석하였다.

### 3. 실험결과

본 연구에서는 비상시 인명피해의 위험요소인 연기 발생에 따른 시야장애 상황을 연출하여 음성피난유도 시스템의 적용을 위한 모의실험을 실시하였으며 피험자들의 피난행동과 피난 대피시간을 조사·분석하였다. 시야장애가 있는 모의 실험에서 피험자들이 피난유도음을 듣고 올바른 피난구까지 이동하는 피난행동 과정과 출발지점에서 피난구까지 이동하는 피난 대피시간을 비교하였다. 이러한 결과를 바탕으로 선행음효과를 이용한 음성피난유도시스템의 최적의 성능을 도출할 수 있는 방법을 찾고자 하였다.

#### 3.1 피난행동(피난패턴)

피난행동의 조사·분석 방법은 피험자들이 출발지점에서 음성피난음을 듣고 피난구까지 이동하는 경로를 시간 흐름에 따라 기록하였다. 기록은 2 대의 디지털 카메라를 이용하여 각각의 Case마다 실험대상 공간 전체를 촬영하였다. 촬영된 영상을 추후에 분석하여 피

Table 2. The Conditions of the Hass Effect for Different Testing Method

Item no.	Active Speakers	HASS Effect		Remarks
		Advance Sound	Follow-up Sound	
Case1	Sa, Sb, Sc, Sd	-	-	Evacuation guidance sound signal given from all 4 directions
Case2	Sa, Sc	-	-	Evacuation guidance sound given from 2 directions
Case3	Sa	-	-	Evacuation guidance sound given from 1 direction
Case4	Sa, Sb, Sd	Sa	Sb, Sd	Verification of HASS effect
Case5	Sa, Sab, Sad	Sa	Sab, Sad	Evaluate HASS effect by playing the sounds from equal distances
Case6	Sa, Sb, Sd	Sa	Saab, Saad	Evaluate HASS effect by the increase of the sound pressure level
Case7	Sa	-	-	Changed the starting positions of the subjects (P2)
Case8	Sa, Sb, Sd	Sa	Sb, Sd	
Case9	Sa, Sab, Sad	Sa	Sab, Sad	
Case10	Sa, Sb, Sd	Sa	Saab, Saad	

험자들이 피난유도음을 듣고 이동하는 경로를 다시 기록지에 기재하는 방식으로 피난행동을 조사·분석하였다.

촬영위치는 실험대상 공간을 전체적으로 촬영이 가능한 체육관 상층에서 촬영하였으며, 나머지 한 대는 피난을 유도했던 피난구에 설치하여 피험자들이 피난구로 대피하는 행동과 도착시간을 촬영하였다. 기록지에는 22명의 피험자들이 출발지점에서 올바른 피난구로 이동하는 경로가 각 시간대별로 기록되어 있으며, 각각의 Case에서 활용되었던 스피커의 위치가 표기되어 있다.

Case 1의 경우처럼 4방향으로 피난유도음을 동시에 제공하면 피험자들은 초기에 피난유도음이 들려오는 스피커의 각 방향으로 대피하는 것을 알 수 있다. 특히 안전한 피난구로 가정한 A 피난구에 설치된 Sa 스피커 보다는 A 피난구 양 방향에 존재하는 B 피난구와 D 피난구 방향으로 초기에 많은 수의 피험자들이 피난하는 행동을 보였다. 그리고 B와 D 피난구가 부적절함을 인식 한 후에는 피난유도음이 들려오는 다른 스피커 방향으로 피난행동을 취하는 것을 알 수 있었다. 하지만 A 피난구로 곧바로 오는 피험자보다는 B와 D 방향으로 이동하면서 정확한 방향을 감지하지 못하는 것을 알 수 있다.

Case 2에서는 2방향에서 피난유도음을 동시에 제공하면 피험자들은 피난유도음이 들려오는 양방향으로 이동하는 것을 알 수 있다. 피험자들의 위치에 따라 거리가 가까운 피난구 방향으로 양분되는 것을 알 수 있다. 시간이 경과하여 C 피난구 방향으로 이동한 피험자들이 다시 안전한 피난구로 가정한 A 피난구 방향으로 이동하기 위해 A와 D의 중간 지점으로 이동하다가 다시 방향을 상실하는 경우가 발생하는 것을 알 수 있다.

Case 3의 1방향에서 피난유도음을 제공하면 피험자들은 매우 빠르게 A 피난구 방향으로 피난하는 것을 알 수 있다. 이것은 Case 1과 Case 2와는 다르게 피난유도음이 한 방향에서 제공되기 때문에 피험자들이 쉽게 방향감을 인지할 수 있게 하여 올바른 피난구로 유도하는 것을 알 수 있다.

현재의 소방관련법에 의하여 피난유도시설은 모든 피난구에 설치되어 화재 발생시 동시에 피난유도음을 제공하기 때문에 Case 1과 Case 2에 나타난 것처럼 피험자들에게 혼란을 줄 수 있다. 이것은 피험자들이 안전하고 빠른 피난구로 대피시키는 것이 아니라 올바른 피난구를 찾기 위해 많은 시간을 소비할 수 있게 하여 피난자들을 위협한 상태(병목현상)에 처하게 할 수 있다.

Case 4의 선행음효과를 두어 3방향에서 피난유도음

을 제공하지만 Sa에는 선행음을 제공하고, Sb와 Sd에는 후속음을 제공 A 피난구 방향으로 방향감을 주었을 경우 피험자들의 피난행동을 보여주고 있다. Case 1과 Case 2의 경우처럼 3방향에서 피난유도음이 제공되지만 피험자들은 A 피난구 방향으로 빠르게 이동하는 것을 알 수 있다.

Case 5의 선행음효과에 따른 피험자의 피난행동을 보여주고 있다. Case 4의 경우와는 달리 피험자를 중심으로 등거리 간격으로 스피커를 설치했을 때 피난행동의 차이를 비교하기 위해서 실험을 실시하였다. 피험자들은 초기에는 A 피난구 방향으로 빠르게 이동하지만 A 피난구 근처에서는 스피커 Sab와 Sad에서 발생하는 피난유도음 때문에 상당히 많은 시간을 소비하는 것을 알 수 있다.

반면에 Case 6의 경우에는 A 피난구 근처에 후속음을 발생시키는 스피커 Saab와 Saad를 설치하여 Case 3과 같이 1방향에서 피난유도음이 제공되는 상황과 비슷하게 실험을 실시하였다. 피험자들은 A 피난구 방향으로 매우 빠르게 피난한다. 또한 후속음이 제공되는 스피커의 영향을 거의 받지 않고 A 피난구로 대피하는 것을 알 수 있다.

이처럼 Case 4, Case 5 그리고 Case 6처럼 선행음효과를 이용하여 다수의 위치에서 피난유도음을 제공하였을 경우를 비교 분석해 보면, 각 피난구에 음성피난유도시스템을 설치하여 안전하고 올바른 피난구(A)에서 선행음을 발생시키고 그 외의 피난구에서 후속음을 발생시켜서 피난자들을 피난시키는 피난유도시스템이 매우 효과적인 방식이라는 것을 알 수 있다. 특히 안전하고 올바른 피난구(A) 주변에 후속음을 발생시키는 스피커를 설치할 경우에는, 피난자들에게 매우 효과적인 방향감을 제공하여 피난자들이 신속하게 대피할 수 있게 해준다.

또한 피험자들과 거리가 떨어져 있는 Case 7, Case 8, Case 9 그리고 Case 10의 경우에도 다른 Case와 동일하게 안전하고 올바른 피난구(A) 방향으로 피험자들을 피난시키기 위해서는 피난구(A)에서 선행음을 발생시키고 그 가까운 주변에서 후속음을 발생시키는 것이 선행음효과를 활용한 피난유도시스템에 매우 적합한 방식이라는 것을 실험결과를 통해 알 수 있다.

### 3.2 피난시간

피난시간의 피험자들이 출발지점에서 음성피난음을 듣고 피난구까지 이동하는 경로를 초 단위로 기록하였다. 이러한 결과는 피난을 시작한 각 시간대별로 건축물 내 재실자의 피난행동을 확인할 수 있으며, 전체 대

피에 소요되는 대피시간을 확인할 수 있다. 실험에서 얻어진 피난시간은 피험자의 인원 및 위치, 스피커의 위치와 개수에 따른 방향성 그리고 선행음효과에 의한 방향성 등을 고려한다면 매우 의미 있는 지표로 활용되어질 수 있을 것이다.

본 연구에서는 선행음효과의 조건에 따라 크게 세 가지로 분류하여 비교·분석하였다.

- 각 방향 피난유도음
- 선행음 효과
- 거리 이격시

첫 번째는 Case 1 또는 Case 2에서 선행음효과 없이 피난구에 부착되어진 스피커에서 피난유도음을 제공하였을 경우를 비교 하였다. 두 번째는 Case 3~6과 같이 선행음과 후속음의 지연시간을 두어 선행음효과를 발생시켰을 경우에 스피커의 배치에 따른 피험자들의 피난시간을 비교하였다. Case 7~10과 같이 실험대상 공간 내에 피난유도음을 발생시키는 스피커와 피험자들의 거리가 떨어져 있을 경우에 피난시간을 분석하였다.

Figure 5의 Case 1은 4방향에서 피난유도음을 발생시켰을 경우이고, Case 2는 2방향에서 피난유도음을 발생시켰을 경우이다. 앞서 피난행동에서 나타났듯이 피험자들이 지정된 피난구로 이동하기 위해 많은 시간이

소요되는 것을 알 수 있다. 특히 4방향에서 피난유도음이 들려오는 Case 1의 경우에는 110초 이상 시간을 경과해야 올바른 피난구로 도착하는 비율이 전체의 45%를 넘어서고 있다. 초기 10초대에 도착하는 피험자의 비율은 4%로 매우 낮은 유도성능을 나타내고 있다.

또한 2방향에서 피난유도음이 들려오는 Case 2의 경우에도 30초대까지 지정된 피난구로 피난하는 비율이 전체의 55% 정도이다. 이러한 피난시간은 2 방향으로 피난유도음이 들려오는 경우에 절반 정도의 피험자들은 안전하고 빠른 피난구 방향이 아니라 화재발생으로 피난이 불가능하고 위험한 피난구 방향으로 이동 후 다시 지정된 피난구 방향으로 도달하는 시간이 많이 소요되는 것을 알 수 있다.

1방향에서 피난유도음을 발생시킨 Case 3의 경우에는 초기(10초대)에 피난하는 비율은 9%이고 점차 증가하다가 30초대에 가장 많은 피험자들이 지정된 피난구로 도달하였다. Case 3의 1방향에서 스피커를 통해 피난유도음을 발생시켰을 경우에는 피험자들이 지정된 피난방향에 대해 혼란을 겪지는 않았다.

Case 4의 경우로 3개의 피난구에 스피커를 설치하고 1개의 지정된 피난구에서는 선행음이 발생시키고, 나머지 피난구에서 후속음을 들려주었을 경우에 피난시간을 보여주고 있다. 초기(10초대)에 피난하는 비율은

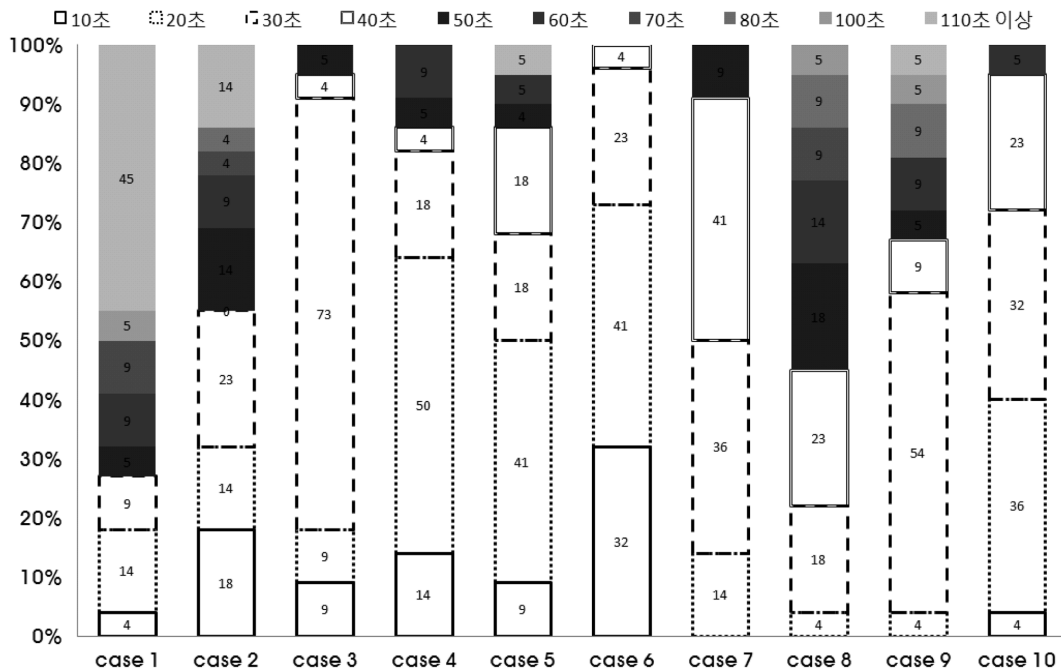


Figure 5. Time taken in evacuation when the guidance sounds were given in accordance with the conditions.

14%로 1방향에서 피난유도음을 들려주었을 때보다 빠르게 피난하는 비율이 높아졌다. 특히 1방향에서는 30초대에 가장 많은 피험자들이 지정된 피난구로 피난을 하지만 Case 4의 경우에는 20초대에 가장 많은 피험자들이 피난구로 피난하는 것을 알 수 있다. 이것은 1방향에서 피난유도음을 들려줬을 때보다 선행음효과를 활용하여 3방향에서 피난유도음을 들려줬을 경우가 피험자들에게 더 많은 방향감을 주고 있다고 볼 수 있다.

Case 5는 1개의 피난구에 스피커를 설치하고 나머지 두 개는 피난구에 설치된 스피커와 동일한 거리에 있는 위치에 설치하여 선행음효과를 주었을 경우에 피난 시간을 보여주고 있다. 초기(10초대)에 피난하는 비율은 1방향에서 피난유도음을 발생하였을 경우와 동일한 9%이고, 20초대에 가장 많은 피험자들이 올바른 피난구로 대피하였다. 하지만 상당히 많은 피난 시간을 소요하는 피험자들의 분포가 높았으며 심지어 110초 이상의 피난시간을 소요하는 피험자들이 발생하였다. 이러한 경향은 Case 4에서도 발생하고 있다. 이것은 올바른 피난구 방향에서 발생하는 피난유도음을 인식하는 게 아니라, 후속음이 설치된 스피커 방향에서 나오는 피난유도음을 올바른 피난구로 인식하는 경향이 나타났다. 이는 다수의 스피커를 이용하여 선행음효과를 발생하였을 경우에도 피험자들이 방향감에 대한 혼란을 겪을 것으로 사료된다.

Case 6은 1개의 피난구에 스피커를 설치하고 부가적으로 피난구에 가깝게 후속음을 발생시키는 스피커를 설치한 경우에 피난시간을 보여주고 있다. 초기(10초대)에 32%나 올바른 피난구 방향으로 피난하였으며 30초대까지 전체의 96%가 올바른 피난구로 피난하였다.

따라서 Case 6은 Case 4와 Case 5와 같은 다수의 스피커를 이용하여 선행음효과를 발생하였을 때 나타날 수 있는 방향감에 대한 혼란을 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

Case 1~6은 피험자들의 출발지점이 P1으로 설정하여 피난시간을 측정하였지만, Case 7~10은 출발지점을 P2로 설정하였다. 따라서 출발지점이 더 멀리 있는 관계로 초기 10초대의 피난시간의 비율은 현저하게 떨어지게 되었다.

1방향에서 피난유도음을 발생시킨 Case 7의 경우에는 20초대에 피난하는 비율은 14%이고 30초대까지 전체의 50%가 올바른 피난방향으로 피난하는 것을 알 수 있다.

Case 8의 경우로 Case 5와 동일하게 선행음효과를 주었을 때 올바른 피난구로 피난하는 시간을 20초대에는 4%이고 30초대에는 18%으로 Case 7의 1방향으로

피난유도음을 발생시키는 경우보다 피난시간이 길어지는 것을 알 수 있다.

이러한 경향은 앞서 Case 4와 Case 5에서 나타난 바와 같이 올바른 피난구 방향에서 발생하는 피난유도음을 인식하는 게 아니라, 후속음이 설치된 스피커 방향에서 나오는 피난유도음을 올바른 피난구로 인식하는 경향이 나타났다. 이는 다수의 스피커를 이용하여 선행음효과를 발생하였을 경우에도 피험자들이 방향감에 대한 혼란을 겪을 것으로 사료된다.

Case 9와 Case 10의 경우에는 앞서 Case 6과 같이 1개의 피난구에 스피커를 설치하고 부가적으로 피난구에 가깝게 후속음을 발생시키는 스피커를 설치한 경우에 피난시간을 보여주고 있다. Case 9의 경우에 초기 20초대에 4%이고 30초대에 54%로 많은 피험자들이 선행음효과에 의해 올바른 피난구에 대한 방향감을 갖고 피난하는 것을 알 수 있다. 하지만 앞서 Case 8과 같이 후속음을 발생시키는 스피커가 선행음을 발생시키는 스피커와 12m 정도 떨어져 있어서 몇몇의 피험자들은 방향에 대한 혼란을 나타내고 있다.

하지만 Case 10의 경우처럼 선행음과 후속음의 스피커 간격이 6m 정도로 가깝게 있을 경우에는 초기 10초대 4%, 20초대 36% 그리고 30초대 32%로 전체 72%가 올바른 피난구로 피난하는 것을 알 수 있다. 이것은 다수의 스피커를 이용하여 선행음효과 활용하여 피난유도시스템을 설치하였을 경우에 선행음과 후속음의 거리가 멀리 떨어져 있는 방식보다는 올바르게 피난하려는 피난구 쪽에 설치되어야 피난 효율이 높아지는 것으로 판단된다.

다음 Figure 6은 각 Case에서 가장 빠른 피난시간, 평균시간 그리고 가장 늦은 피난 시간을 보여주고 있다.

피난유도음을 인지하고 출발지점이 P1에서 올바른 피난구까지 가장 빠르게 피난하는 경우는 피난시간이 11초인 선행음과 후속음이 6m 간격으로 설치되어진

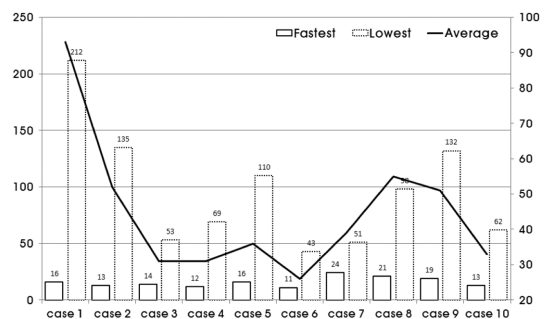


Figure 6. Time taken in each testing method (Sec.).

Case 6이다. 선행음효과가 없는 Case 1과 Case 2의 경우에도 가장 빠르게 올바른 피난구로 대피에 소요되는 시간은 16초와 13초로 빠르지만 전체 평균으로 봤을 경우에 실험조건별 대피시간이 가장 많이 소요되는 조건이다. 선행음효과가 없을 경우에 피험자들이 올바른 피난구의 방향을 찾지 못하고, 피난유도음이 가깝게 들려오는 피난구로 이동 한 후 다시 올바른 피난구로 찾아가는 시간이 소요되고 있다.

반면에 1방향으로 피난유도음을 사용하거나 선행음효과를 이용하여 방향감을 제공하였을 경우에는 대피하는 시간이 가장 많이 소요되는 시간은 큰 차이를 보이지만 평균적인 피난시간은 서로 유사하게 나타났다. 이것은 피난유도음에 방향감이 있는 상황에서는 피험자들이 잘못된 대피 경로로 피난하더라도 올바른 피난 방향으로 쉽게 방향을 찾을 수 있어서 나타난 결과로 판단되었다. 특히 선행음과 후속음의 간격이 가까울수록 피험자들은 더욱 빨리 올바른 피난구로 대피하는 경향을 보여주고 있다. 따라서 선행음효과를 활용하여 음성피난유도시스템을 설계시에는 선행음과 후속음의 간격을 좁히는 방법이 최적의 방안이라고 사료된다.

#### 4. 결 론

본 실험은 비상시 인명피해의 위험요소인 연기발생에 따른 시야장애 상황을 연출하여 음성피난유도시스템의 적용을 위한 모의실험을 실시하였으며 피험자들의 피난행동과 피난 대피시간을 조사·분석하였다.

각 실험조건에 따른 피험자들의 피난행동과 피난시간을 살펴본 Case 1과 Case 2의 경우처럼 다수의 스피커를 이용하여 단순하게 피난유도음을 들려주었을 경우에는 피험자들이 피난유도음을 제공하는 각 피난구 방향으로 이동하는 것을 알 수 있었다. 각 피난구 방향으로 이동하였던 피험자 중에서 다시 안전하고 올바른 피난구를 찾기 위해 대피 이동하는 과정 중에서 다수의 방향에서 들려오는 피난유도음으로 인해 방향감을 상실하는 경향을 보여 주었다. 방향감을 상실한 피험자들은 올바른 피난구로 대피하는 소요시간이 상당히 길어지는 경향을 보여주었다. 하지만 선행음효과를 활용하여 피험자에게 피난유도음을 제공하였을 경우에는 피험자들이 방향감을 인지하여 올바른 피난구로 신속하게 대피할 수 있게 해주었다. 또한 잘못된 피난구로 대피하더라도 다시 안전하고 올바른 피난구 방향으로 쉽게 이동하는 것을 알 수 있다. 하지만 Case 4, Case 5 그리고 Case 8과 같이 선행음과 후속음을 발생시키는 스피커의 거리가 멀리 떨어져 있는 경우에는 후속음을

발생시키는 스피커의 위치를 피난구로 인식하여 피험자들에게 약간의 혼란을 제공하는 것으로 판단되었다.

전체적으로 선행음효과를 활용한 음성피난유도시스템이 연기발생에 다른 시야장애 상황에서 피험자들에게 올바른 피난행동과 빠른 피난 대피시간을 제공하였다. 특히 다수의 스피커를 이용하여 선행음효과 활용하여 피난유도시스템을 설치하였을 경우에 선행음과 후속음의 거리가 멀리 떨어져 있는 방식보다는 올바르게 피난하려는 피난구 쪽에 설치되어야 피난 효율이 높아지는 것으로 판단된다.

#### 후 기

“이 논문은 동신대학교 학술연구비에 의해 연구되었음”.

#### 참고문헌

1. 백은선, 백건중, 신훈, 송민정, 국찬, 김선우, “화재안전의식 및 피난유도 시스템에 대한 연구”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.24, No.6, pp.45-53(2010).
2. 백은선, 김선우, 백건중, 신훈, 송민정, 국찬, “선행음효과를 이용한 최적의 음성피난유도음에 관한 연구”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.25, No.2, pp.101-106(2011).
3. 나옥정, 전규엽, 홍원화, “피난유도장치의 종류에 따른 피난유도성능 비교에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, Vol.24, No.8, pp.251-259(2008).
4. 한국화재보험협회, “SFPE 방화공학핸드북 제3판”(2008).
5. 강성훈, “디지털 오디오와 심리음향”, 전자공학회지, Vol.12, No.5, pp.19-29(1995).
6. “소방관련법령집”, 도서출판 MGN119(2008).
7. 한국소방안전협회, “방화관리 이론과 실무”(2006).
8. 백건중, 신훈, 송민정, 백은선, 국찬, “화재안전의식 및 피난유도 시스템에 대한 의식조사”, 한국소음진동공학회, 학술대회 춘계 2010권(2010).
9. 伊藤洋一, 石井弘允, 三嶋泰雄, 神 忠久, 大串健吾, “音聲避難誘導のための方向判断に關する基礎實驗”, 音講論集, pp.463-464(1992.3).
10. 伊藤洋一, “先行音効果を利用した音聲避難誘導の検討”, 建築音響研資, AA 98-16, pp.1-8(1998).
11. 伊藤洋一, “音による避難誘導”, 日本音響學會誌, Vol.57, No.10, pp.675-680(2001).
12. H. Hass, “The Influence of a Single Echo on the Audibility of Speech”, J. Andio. Eng. Soc., Vol.20, pp.146-159(1996).
13. W.F. King III, “Historical Background of Hass and/or Precedence Effect”, J. Sound Vib., Vol.193, pp.349-358(1996).