

## 압전센서를 이용한 피난자의 이동특성 측정 장치 개발

박성민, 김응식, 이관희, 최윤석  
호서대학교 안전시스템공학과

### Development of Moving Characteristics Measuring Equipment for Evacuees using FSR (Force Sensing Resistors)

Seong-Min Park, Eung-Sik Kim, Kwan-Hee Lee, Yun-Suk Choi  
*Department of Safety System Engineering, Hoseo University*

#### 1. 서론

최근 쇼핑몰, 대형 할인매장 등 대형 건축물 및 공공 시설물이 증가하고 그 용도가 다양해지고 있으며 이에 따라 사고의 위험 요소 또한 다양해지고 화재 및 기타 재난이 발생할 경우 대형 사고로 발전할 위험성이 커지고 있다. 이러한 배경 하에서 화재 시 재실자의 피난시간 예측 및 피난 경로의 사전 검토 등이 요구되어진다.

실제로 이러한 예측을 위해 국외의 EXODUS, SIMULEX 등과 같은 시뮬레이션 프로그램이 사용되고 있다. 이러한 예측 기법은 건물의 구조적 특성별 분석은 가능하지만 그 건물에 거주하거나 그 건물의 시설물을 이용하는 재실자, 특히 우리나라 사람의 특성을 반영하기는 쉽지 않다. 하지만 재실자의 특성을 고려한 피난 예측은 무엇보다 중요한 요소라 할 수 있으며 이러한 피난 예측을 위해서는 피난자의 행태 분석이 선행되어야 한다.

현재 국내외에서 피난에 관련된 연구들이 행해지고 있지만 피난자의 행태를 분석하기 위한 구체적 방법 및 측정 장치의 개발에 대해서는 연구된 바가 많지 않다. 따라서 이를 위한 측정 장치의 개발이 필수적이다.

이에 본 연구에서는 각 건물별 피난자의 행태를 분석하기 위한 이동특성을 측정 장치의 개발과 이를 이용한 피난자의 이동특성 측정의 유용성을 제시하고자 한다.

#### 2. 이동특성 측정 장치의 구성

##### 2.1 전체 구성의 개요

측정 장치의 구성은 크게 압력 측정부, I/O 모듈부, 데이터 수집부, 인터페이스 및 분석

부로 나뉘며 압력 측정부는 압전센서를 이용하여 압력 작용 시 저항의 변화에 따른 전압차를 발생 시킨다. I/O 모듈부는 입력 전압을 압력 측정부에 전달하며 압력 측정부로부터 발생된 전압 강하의 차를 데이터 수집 장치로 전달한다. 데이터 수집부에서는 시간에 따라 측정된 전압 값을 메인 컴퓨터에 전달한다. 인터페이스 및 분석부에서는 시간에 따라 데이터 수집 장치로부터 입력된 전압 및 측정 위치를 표시하며 저장된 입력 값에 따라 보행자의 이동특성을 분석한다.

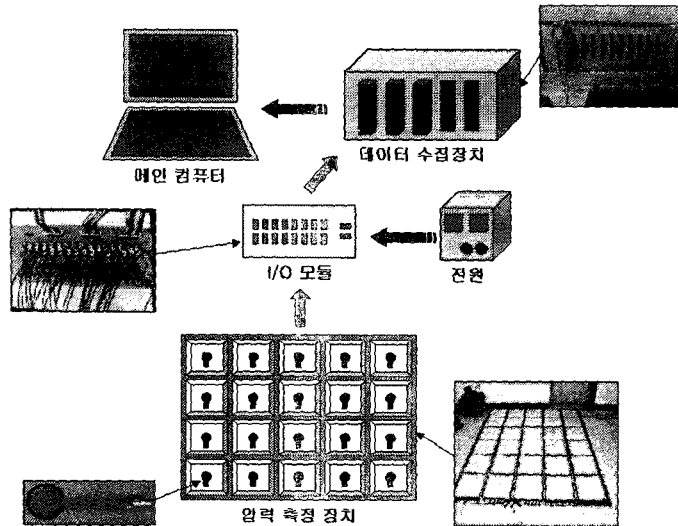


Fig. 1. 이동 특성 측정장치 전체 구성도

## 2.2 압력 측정부

압력 측정부는 고무깔판, 압전센서, PE판자, 고무덮개로 이루어져있다. 압전센서(FSR (Force Sensing Resistors))는 센서 표면에 힘을 증가 시킬 때 감소하는 저항이 발생하는 중합체의 필름(Polymer Film)장치이다. 이 센서를 직사각형의 고무판에 배열하여 보행자가 센서를 밟고 지나갔을 때 그 압력을 측정하여 압력 측정 여부와 위치, 다음 측정 위치까지의 시간을 파악하여 보행자의 이동 수, 속도, 방향등을 측정할 수 있다.

고무 깔판의 크기는 보행자가 적어도 두 번 이상 걸을 수 있도록 하였으며 압전 센서의 배치는 깔판위의 어디를 밟아도 적어도 하나 이상의 센서가 작동할 수 있도록 고려하여 설계하였다.

## 2.3 I/O 모듈부

I/O 모듈부는 전원 공급기(Power Supply), 전압 강하 차 측정 회로로 구성되어있으며 입력 전압과 압력 측정부의 저항의 변화에 의한 전압 강하를 측정하여 이 전압을 데이터 수집부에 전달하는 역할을 한다. 회로는 저항, 콘덴서로 구성되며 저항은 센서의 동작을 가장 최적화하여 나타낼 수 있는 10kΩ으로 하였고 콘덴서는 노이즈 제거를 위해  $10 \times 10^3$

pF으로 하였다.

## 2.4 데이터 수집부

데이터 수집 장치는 DAQ system으로써, 각종 센서로부터 발생하는 물리량을 실시간 획득, 저장, 모니터링 하며 사후 분석 및 레포팅 하는 장비이다. 실험실 또는 공장등에서의 어떠한 물리량을 측정하여 아날로그 물리량을 디지털로 변환하여 컴퓨터에 저장하거나 특정한 신호를 받아 시스템의 실시간 제어가 필요할 경우 일련의 과정을 수행 하는 장비이다. 본 연구에서 데이터 수집부는 I/O 모듈부에서 측정된 전압 강하를 입력받아 이 입력 값을 메인 컴퓨터로 전달한다. 장치의 특성상 많은 개수의 센서를 필요로 하기 때문에 총 372개의 신호를 입력받을 수 있도록 하였다.

## 2.5 인터페이스 및 자료 분석부

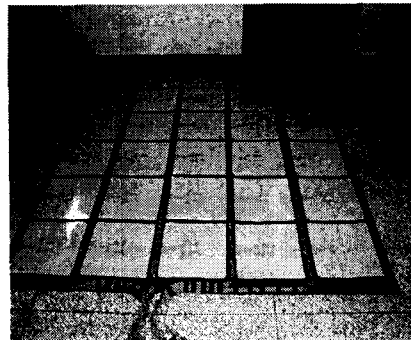
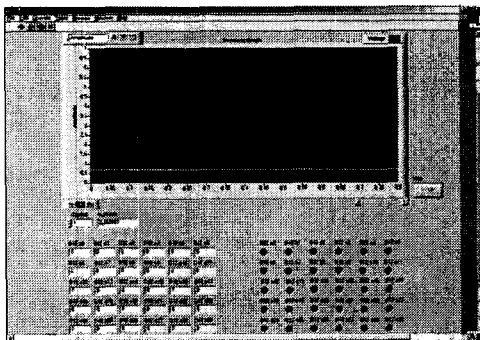
데이터 수집부로부터 메인 컴퓨터로 전달된 전압 신호를 LabVIEW 프로그램을 이용하여 그래프등 다양한 출력 형태로 인터페이스한다. 또한 이 자료들은 자동으로 저장되며 이를 정리, 분석한다. 자료는 EXCEL로 저장하여 분석을 용이하게 하였다.

# 3. 이동특성 측정 실험

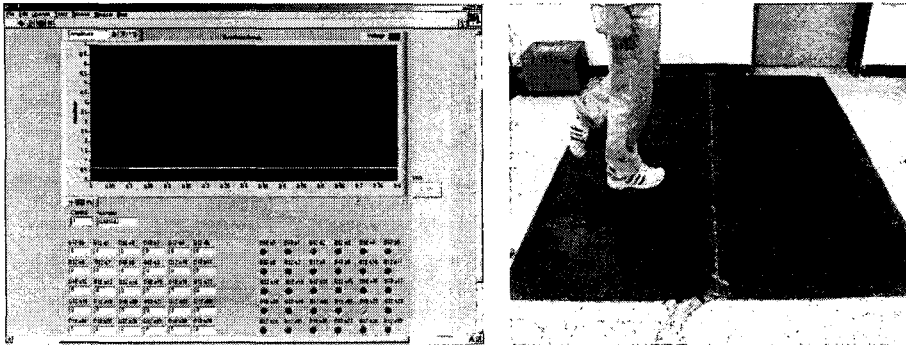
## 3.1 측정 방법

가로 2m, 세로 1.76m의 고무판에 가로 6개, 세로 5개, 총 30개의 센서를 설치하고 그 위에 PE판을 설치한 후 다시 고무판으로 덮어 압력 측정부를 구성한다. 압력 측정부와 I/O 모듈부, 데이터 수집부를 연결하여 측정 장치 세팅이 완료되면 메인 컴퓨터의 프로그램을 실행시켜 압력 측정부 위로 보행하는 보행자의 이동 특성(보폭, 보행 속도, 보행 방향등)을 측정한다.

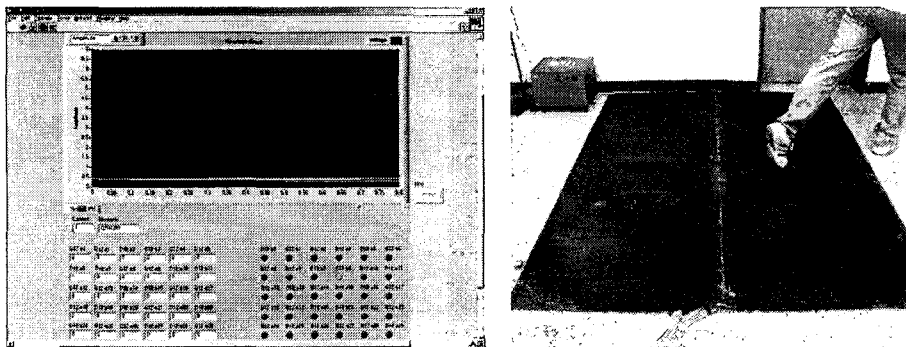
측정 후 이동 특성을 메인 컴퓨터의 LabVIEW 프로그램 화면으로 확인하고 EXCEL로 저장된 데이터를 통하여 측정 결과를 분석한다.



a. 초기상태



b. 첫 발을 디딤

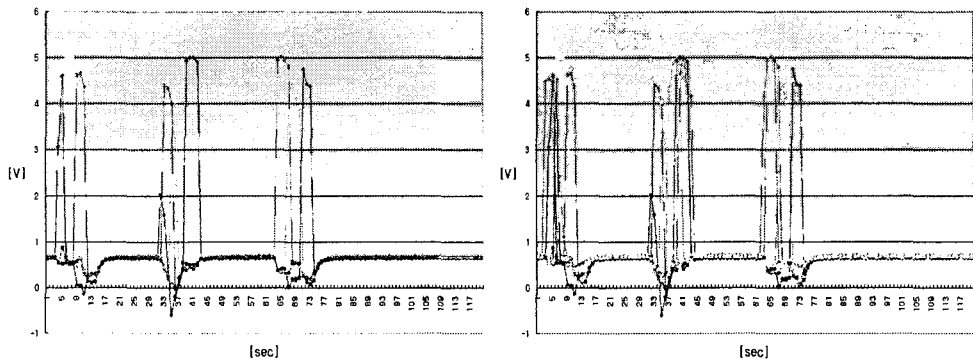


c. 두 번째 발을 디딤

Fig. 2. 실험 및 인터페이스 화면

### 3.2 측정 결과

첫 번째 실험은 한 사람이 일정한 거리를 왕복 한번, 편도 한번을 걸어난 것과 두 사람도 마찬가지로 같은 시간대에 일정한 거리를 왕복 한번, 편도 한번 즉 총 3번 센서위를 걸어가게 하였다.



a. 한명 실험 측정 결과

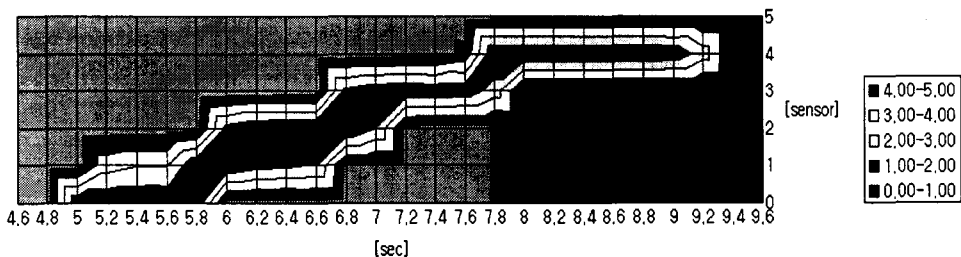
b. 두명 실험 측정 결과

Fig. 3. 편도 세 번 보행실험 결과

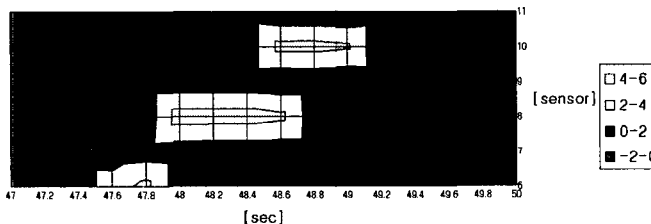
위의 그래프에서 보는 바와 같이 한 명이 걸었을 경우의 그래프는 시간대별 센서의 반응이 거의 1-2 정도로 알 수 있고 두 명이 같은 시간에 걸었을 경우 시간대별 센서의 반응이 2배 정도임을 알 수 있다. 또한 시간에 따라 반응한 정도를 보면 두 사람이 거의 같은 속도로 보행하였음을 알 수 있다.

전체적으로 세 번 반응이 있는 것은 왕복과 편도, 즉 센서 위를 3번 지나갔음을 의미한다.

두 번째 실험은 한 사람이 센서위를 빠르게, 또 느리게 걸어갔을 경우 시간에 따라 센서의 반응을 측정하였다.



a. 느리게 보행한 경우



b. 빠르게 보행한 경우

Fig. 4. 보행 속도에 따른 실험 결과

위의 그래프에서 세로축을 보게 되면 보행한 거리는 거의 같음을 알 수 있다. 또한 가로축의 시간축을 보면 느리게 보행한 경우와 빠르게 보행한 경우의 차이가 확연함을 알 수 있다. 느리게 보행한 경우는 시간축에 따라 넓게 분포되어지고 빠르게 보행한 경우는 짧게 분포되어짐을 볼 수 있다. 즉 위의 실험으로 알 수 있는 것은 가로축 센서 번호로부터 보행 방향 및 거리를 알 수 있고(a의 경우 센서 0번에서 6번 방향으로 b의 경우 6번에서 11번 방향으로 보행, 보행거리는 a, b 모두 128cm)보행하였으며 시간축에 따른 거리를 계산하여 보행 속도(a의 경우 0.4m/s, b의 경우 1.28m/s)를 알 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구를 통하여 개발된 이동특성 측정 장비를 이용하여 보행자의 이동 특성인 보폭, 보행 속도, 보행 방향을 측정할 수 있었다. 이는 기존의 측정 방법과 비교해 볼 때 측정 방법과 절차가 매우 간략화 되어졌고 그 결과 또한 비교적 정확하게 측정할 수 있었다.

또한 측정 결과 데이터를 일일이 따로 저장시키지 않고 자동으로 저장하고 이를 분석하여 이동 특성에 관련된 정보들을 얻을 수 있었다.

## 추후 과제

앞으로 실제 건물에 대한 적용과 분석이 행해져야 하며 피난 보행 패턴에 따른 알고리즘 개발을 통해 세부 상황별 분석이 이루어질 수 있도록 하여야 한다.

## 참고문헌

1. Seung-Jin Yoon, "A Study of Model For People's Evacuation Behavior", Graduate School of Safety Eng. Hoseo Univ. MS. Thesis, Feb. 1999
2. Eung-Sik Kim, Sang-Hyun Baek, "A Study on the Evacuation Simulation", Proceeding the Korean Institute of Industrial Safety, pp. 33-38, Jun. 1999
3. Jeong-Su Lee, Eung-Sik Kim, "A Field Study on the Evacuation Behavior in the Infant Using Facility Focusing on the Kindergarten and Day Care Center", Journal of Architectural Institute of Korea, Vol.16, No.7, July, 2000.
4. Hoseo Univ. Ministry of Health and Welfare, "Investigation for development of evacuation simulation program -A Case Study of Infant Facilities", 2001
5. Eung-Sik Kim, Jeong-Su Lee, Soo-Young Kim, "초등학교 현장 실험을 통한 피난특성 분석", 한국 화재·소방학회 춘계학술논문발표회, p185-194, 2003.
6. Hee-Kwon You01, "A Study on Evacuation Hospital", Graduate School of Safety Eng. Hoseo Univ. MS. Thesis, Feb. 2004.
7. Eung-Sik Kim, Jeong-Su Lee, Jang-Kyeom Kim, Hee-Kwon You, Seong-Min Park, "A Study on Evacuation Examining of Occupants in a Hospital", 6th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, p. 695-701, 2004, 3.