

군중의 이동특성 측정 알고리즘에 관한 연구

김응식, 박성민, 이관희
호서대학교 안전시스템공학과

Development of Moving Characteristics Measuring Algorithm

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

1. 서론

본 논문에서는 군중의 이동특성 측정 장치 개발과 이의 분석 알고리즘에 대하여 논하고자 한다. 기존의 피난에 관한 여러 연구에서는 피난자 각각의 행태를 분석하기 위한 구체적인 방법에 대해서는 연구된 바가 거의 없다. 따라서 측정 장치를 통한 분석 알고리즘의 개발은 피난자 각각의 데이터를 얻을 수 있는 장점이 있으며 분석 작업이 매우 용이해졌다. 결론적으로 본 연구에서는 이동특성 측정 장치를 통해 얻어진 수많은 데이터들을 보다 유용하고 정확하게 분석, 활용하기 위하여 이동특성 측정 알고리즘의 개발과 이를 이용한 분석의 유용성을 제시하고자 한다.

2. 이동특성 측정 데이터 분석 알고리즘

2.1 이동특성 측정 장치의 개요

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

2.2 데이터 분석 알고리즘

(1) 보행자 유무 확인

이동특성 측정 장치로부터 수집한 데이터 중 보행자가 진행한 시간대만을 추려내어 실

제 유용한 정보(해당센서에 대한 측정값 및 시간값)만을 가려낸다.

(2) 보행자의 이동 경로 추적

보행자가 밟은 해당 센서에 대한 시간 대표 값들을 선정하고 이를 사용하여 보행자가 진행한 경로를 추적한다. Fig. 1은 두 사람이 서로 다른 속도로 장치를 통과한 모습을 보여준다. 장치의 왼쪽으로 진행한 사람은 20번, 26번 센서를 같이 밟고 8번 센서를 밟고 지나갔으며, 오른쪽 사람은 28번을 통해 16번 센서를 밟고 4번과 5번 센서를 밟고 장치를 통과 하였다. Fig. 1의 데이터 분석방법은 다음과 같다.

1	2	3	4 47.3[Sec] 3.7V, ⊕	5 47.5[Sec] 1.7V, ⊕	6
7	8 46.9[Sec] 4.4V, ⊕	9	10	11	12
13	14	15	16 46.7[Sec] 4.6V, ⊕	17	18
19	20 46.4[Sec] 3.8V, ⊕	21	22	23	24
25	26 46.2[Sec] 4.25V, ⊕	27	28 46.1[Sec] 3V, ⊕	29	30

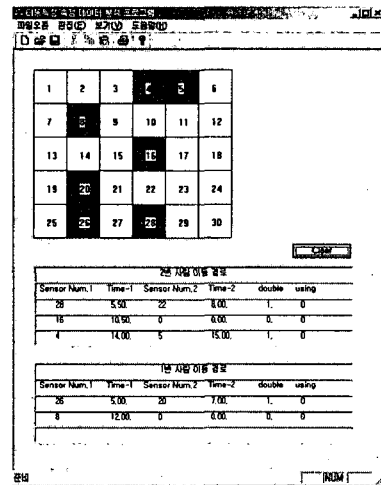


Fig. 1. Traces on the Sensing Unit Fig. 2. Traces on the Sensing Unit in program

- 1) Fig. 에서 센서 28번이 밟힌 0.3~0.8초 구간에서와 같이 0이 아닌 값들 중 전압 값의 평균에 따라 해당 센서를 밟은 시간이 정해진다. 따라서 3.3V인 0.55초의 값이 28번 센서를 밟은 시간과 측정값을 대표한다.
- 2) 비슷한 시점에 여러 개의 센서 값이 읽혀진 경우에 이것이 한 걸음인지 두 걸음인지를 구별해 주어야한다. 예를 들어 Fig.에서 20번, 26번 그리고 4번, 5번 센서는 두 개의 센서가 감지되었지만 한 걸음인 경우이다.

(3) 보폭 및 이동 속도의 계산

앞서의 두 단계를 거쳐 데이터들은 한 걸음씩 구분되어졌으며, 이것을 시간에 따라 보면 다음 표와 같은 결과를 얻을 수 있다.

Table. 1. Final Results

No. of Occupant	1st step	2nd step	3rd step	Mean Pace	Mean Velocity
1	20 & 26	8		0.8[m]	1.14[m/sec]
2	28	16	4 & 5	0.37[m]	0.43[m/sec]

보폭은 센서 하나당 크기를 30x30cm, 센서간 거리를 2cm로 하였기 때문에 이를 기준으로 구할 수 있으며 이동 속도는 앞서 계산한 보폭과 센서를 밟은 시간의 대표 값을 사용하여 계산할 수 있다.

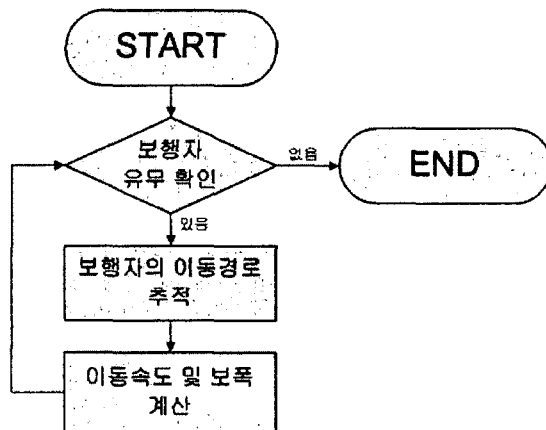


Fig. 3. Diagram of data analysis algorithm

3. 이동특성 측정 실험 및 분석

3.1 이동특성 측정 실험

이동특성은 크게 두가지 방법으로 측정하였다. 첫 번째 방법은 CCTV를 이용한 기존의 방법으로, CCTV 1대와 감시 카메라 1대를 실험 장소에 설치하여 촬영을 하였으며, 이렇게 촬영한 내용을 VTR로 녹화하여 녹화된 화면을 통해 데이터를 분석 하였다. 다음은 피난특성 측정 장비를 이용한 방법으로 가로 2m, 세로 1.68m 크기의 가로 6개, 세로 5개, 총 30개의 센서로 구성된 이동특성 측정 장치를 설치하고 측정 장치 위로 보행하는 보행자의 이동 특성(보폭, 보행 속도, 보행 방향등)을 측정하였으며 측정된 데이터를 본 연구에서 개발된 분석 알고리즘을 사용하여 분석하였다. 또한 데이터의 신뢰성을 위해 두 실험 결과를 비교하였다.

3.2 실험 결과

Fig. 4의 왼쪽은 기존의 분석 방법인 CCTV를 이용한 분석 결과이고 오른쪽은 이동특성 측정 알고리즘을 적용한 분석 결과이다. 이 알고리즘을 통해 CCTV를 이용한 분석에서는 유출할 수 없었던 인자인 보폭을 유출할 수 있었다.

CCTV 실험 분석 결과 (비디오 사용)					이동특성 장치 실험 분석 결과 (압고리즘 적용)							
NO.	분석시간 (sec)	보행인원 (인)	보행거리 (m)	보행시간 (sec)	보행속도 (m/s)	NO.	분석시간 (sec)	보행인원 (인)	보행거리 (m)	보폭 (m)	보행시간 (sec)	보행속도 (m/s)
1	46	1	1.68	1.77	0.95	1	46	1	0.64	0.64	0.5	1.28
2	69	1	1.68	1.07	1.57	2	68	1	0.84	0.84	0.6	1.40
3	179	1	1.68	1.10	1.53	3	178	1	0.81	0.81	0.5	1.62
4	199	1	1.68	0.73	2.29	4	198	1	0.8	0.8	0.35	2.29
5	237	1	1.68	1.80	0.93	5	236	1	1.58	0.79	1.25	1.26
6	334	1	1.68	1.43	1.17	6	335	1	0.79	0.79	0.5	1.58
7	338	1	1.68	0.93	1.80	7	337	1	0.79	0.79	0.5	1.58
8	448	2	1.68	1.17	1.44	8	447	2	0.79	0.79	0.9	0.88
9	448	2	1.68	1.10	1.53	9	447	2	0.79	0.79	0.8	0.99
10	454	1	1.68	3.47	0.48	10	454	1	1.58	0.79	2.2	0.72
11	678	1	1.68	1.17	1.44	11	667	2	0.94	0.94	0.8	1.17
12	678	1	1.68	1.03	1.86	12	667	2	0.8	0.8	0.5	1.60
13	1571	1	1.68	1.70	0.98	13	705	1	1.58	0.79	0.9	1.76
14	1594	1	1.68	1.43	1.17	14	838	2	1.28	0.64	1.1	1.16
15	1673	1	1.68	1.07	1.57	15	838	2	0.64	0.64	0.5	1.28
16	1710	2	1.68	1.67	1.01	16	1704	1	0.79	0.79	0.8	0.99
17	1710	2	1.68	1.64	1.03	17	1710	1	0.79	0.79	0.5	1.58
18	1719	1	1.68	1.74	0.97	18	1719	1	0.79	0.79	0.5	1.58
19	1733	2	1.68	1.60	1.05	19	1733	2	0.64	0.64	0.75	0.85
20	1733	2	1.68	1.60	1.05	20	1733	2	1.28	0.64	1.2	1.07
21	1746	2	1.68	1.43	1.17	21	1746	2	0.79	0.79	0.7	1.13
22	1746	2	1.68	1.43	1.17	22	1746	2	1.43	0.72	1.4	1.02
23	1764	2	1.68	1.07	1.57	23	1764	1	0.64	0.64	0.7	0.91
24	1772	1	1.68	1.57	1.07	24	1772	1	1.28	0.64	1.1	1.16
25	1799	1	1.68	1.67	1.01	25	1799	1	1.26	0.63	1.2	1.05
26	1822	2	1.68	1.03	1.62	26	1821	2	0.96	0.96	1	0.96
27	1852	1	1.68	1.17	1.44	27	1852	1	0.96	0.96	0.6	1.60
28	1875	1	1.68	1.07	1.57	28	1875	1	0.64	0.64	0.5	1.28
29	1964	1	1.68	1.67	1.01	29	1964	1	0.64	0.64	0.4	1.60

Fig. 4. The result of experiment

3.3 통계를 이용한 측정 결과 검증

측정 장치 및 실험 데이터의 신뢰도 분석을 위해 측정된 데이터를 바탕으로 측정 방법에 따른 보행 속도 측정 결과의 차이를 검증하였다. 평균에 대한 신뢰구간을 사용하였으며 보행 속도의 차이 검증은 분산분석 (ANOVA : Analysis of Variance)을 사용하였다. 분석 도구로는 SPSS(Statistical Package for the Social Science)를 사용하였으며 유의 수준은 5% 하에서 검정을 수행하였다. 데이터 분석은 이동특성 측정 장치 및 카메라로 측정된 45개의 데이터를 기반으로 실시하였다.

(1) 보행 속도 및 보폭의 평균에 대한 신뢰구간

Table. 2. Confidence Interval about Means of Walking Velocity

subject	N	mean (std. dev.)	95% confidence interval	
			LL	UL
Walking Velocity by the Measuring Instrument	46	1.300[m/s] (0.376)	1.189	1.413
Walking Velocity by the Camera Analysis	46	1.309[m/s] (0.366)	1.200	1.418

보행속도는 이동특성 측정 장치로 측정한 것과 카메라 분석을 사용한 것에 대한 평균 및 평균의 신뢰구간을 분석하였다. 표 에서 보는 바와 같이 이동특성 측정 장치로 측정한 보행 속도는 평균 0.300 [m/s]이며 카메라 분석을 사용한 측정 데이터의 평균 보행 속도는 1.309 [m/s]이다. 이 두 값은 서로 오차 범위 하에 있으며 평균 보행 속도는 1.3 [m/s] 정도로 거의 같은 수치를 나타낸다. 또한, 측정 장치 위를 걸어난 사람들의 평균 보폭은 0.745[m]로 분석되었다.

(2) 측정 방법에 따른 보행 속도 측정 결과의 차이 검정

Table. 3. Analysis of walking velocity by methods of measurement

subject	N	mean (std. dev.)	F	p-value
Walking Velocity by the Measuring Instrument	46	1.300[m/s] (0.376)	0.012	0.915
Walking Velocity by the Camera Analysis	46	1.309[m/s] (0.366)		

이동특성 측정 장치 및 카메라 분석의 두 측정 방법에 의한 보행 속도 측정 결과가 같다고 할 수 있는지 검정하기 위하여 위의 분석을 수행하였다. 그 결과 두 측정 방법에 따른 보행 속도 측정 결과의 차이는 없는 것으로 분석되었다. 이는 이동 특성 측정 장치를 사용함으로써 카메라 분석 방법보다 훨씬 간편하게 측정 및 분석 할 수 있는데 더해 그 측정 결과 또한 실제로 화면을 보고 분석하는 카메라 분석만큼, 혹은 보다 정확하게 측정할 수 있음을 나타낸다.

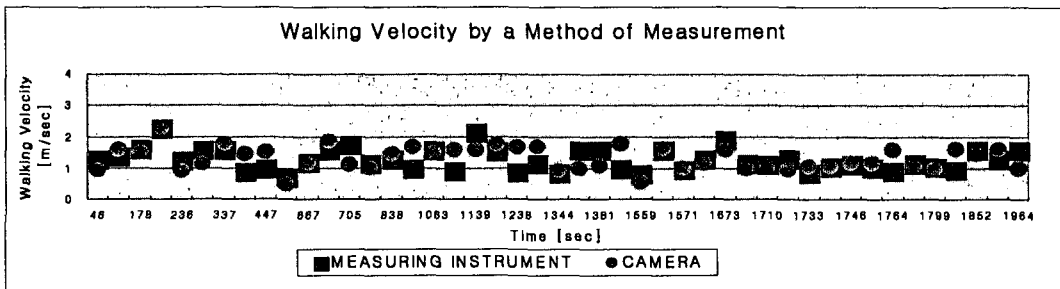


Fig. 5. Walking Velocity by Methods of Measurement

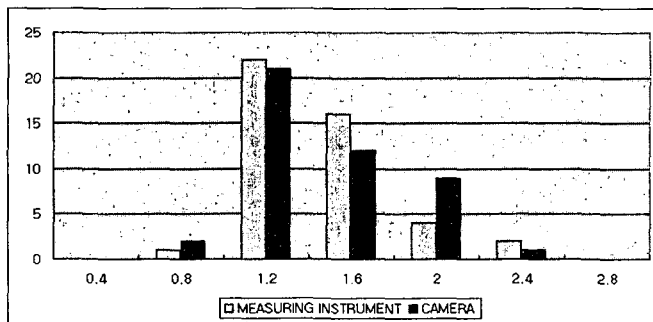


Fig. 6. Histogram by Methods of Measurement

4. 결론

본 연구는 피난특성 측정 알고리즘의 개발을 통하여 보행자의 피난 특성인 보폭, 보행 속도, 보행 방향 등을 분석하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 기존의 측정 방법과 질차적인 면을 비교해 보았을 때 분석 방법이 간략화 되었다.
- (2) 기존의 분석 방법보다 많은 양의 데이터를 빠른 시간에 분석할 수 있게 되었다.
- (3) 통계를 이용한 검정을 통하여 기존의 분석 방법을 사용한 결과와 피난특성 측정 알고리즘을 사용한 분석 방법을 비교한 결과 피난특성 측정 알고리즘을 사용한 분석 방법을 신뢰할 수 있었다.

참고문헌

1. 윤승진, “재실자의 피난형태 모델링에 관한 연구”, 호서대학교 산업안전공학과 석사 논문, 1999. 2.
2. 김응식, 백상현, “대피시뮬레이션 프로그램에 대한 고찰”, pp. 33-38, 99 한국산업안전학회 춘계학술 논문발표회 논문집, 1999. 6.
3. 김응식, 이정수, “초등학교 공간구성형식에 따른 피난형태 특성분석”, 건축학회 논문집, 1999
4. 김응식, 이정수, “영·유아 이용시설 피난형태 특성분석”, 건축학회 논문집, 2001
5. 김응식, 이정수, 김수영, “초등학교 현장실험을 통한 피난특성 분석”, pp185, 한국화재·소방학회 춘계학술 논문발표회 논문집, 2003
6. 김응식, 이정수, 김수영, 이필호, 유희권, “한국 노인의 보행속도 연구”, pp407, 한국화재·소방학회 춘계학술 논문발표회 논문집, 2003
7. 김응식, 이정수, 김수영, “초등학생의 피난 훈련 상황하에서의 이동속도 측정 및 분석에 관한 연구”, 한국화재·소방학회 논문집 제17권 제4호, 2003
8. 김응식, 박성민, 이관희, 최윤석, “압전센서를 이용한 피난자의 이동특성 측정 장치 개발”, 한국한국화재·소방학회 하계학술논문발표회 논문집, 2004
9. 이상엽, “Visual C++ programming Bible”, 영진출판사