

영상분석기법을 활용한 도시철도 환승통로의 LOS 등급별 보행특성 분석

The Characteristics of Pedestrians LOS by Motion Analysis Method of the Metro Transfer Passage

신민정*, 허진호*, 김희규*[†], 문영삼*, 김진호**, 이나현**

Minjung Shin*, Jinho Hur*, Heekyu Kim*[†], Youngsam Moon*, Jinho Kim**, Nahyun Lee**

Abstract In the case of some stations in the metropolitan area by increasing of metro passengers, it is more than 200,000 the number of daily passengers. Especially serious congestion of transfer passage is repeated. In this study, it was conducted field experiments using the motion sensing camera capable of walking characteristics observed for the verification of the walking speed and the patterns of behavior in accordance with the LOS graded density. Experiment location is a metro Daerim Station. The transfer passage in the most crowded section was selected. Hourly the density, walking speed, time and the behavior patterns were measured for one weekday. The average speed in metro area estimates is 1m/s. The results of the experiment were analyzed to LOS D in 0.8m/s and LOS E in 0.58m/s. The LOS of metro passengers were effectively predicted and evaluated from the derived results. The results of this study utilized as a basic data to calculate an appropriate area when the improvement or construction of the station.

Keywords : Motion Analysis, Flow Coefficient, Walking Speed, Patterns of Behavior, Level of Service(LOS)

초 록 도시철도 이용객의 증가로 수도권 일부 정거장의 경우 일일 이용객 수가 20만명 이상이며, 특히 환승통로의 극심한 혼잡상황이 반복되고 있다. 이에 본 연구에서는 LOS 등급별 밀도에 따른 속도 및 보행패턴 검증을 위해 보행특성 관찰이 가능한 모션인식 카메라를 이용한 현장실험을 수행하였다. 실험장소는 도시철도 대림역으로 역사 내 환승인원이 가장 밀집한 구간을 선정하여 평일 1일간 시간대별 밀도, 속도, 시간 및 행동패턴을 측정하였다. 도시철도 면적산정 시 평균속도는 1m/s이나 실험결과 LOS D등급은 0.8m/s, E 등급은 0.58m/s로 분석되었다. 도출된 결과로부터 도시철도 이용객 LOS 수준을 효과적으로 예측 및 평가하고, 정거장의 개선 또는 신설 시 경제적, 효율적 면적 산정을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

주요어 : 영상분석, 유동계수, 보행속도, 행동패턴, 서비스수준

1. 서 론

도시철도 이용객의 증가로 수도권 일부 정거장의 경우 일일 이용객 수가 20만명 이상이며, 특히 환승통로의 극심한 혼잡상황이 반복되고 있다. 이에 본 연구에서는 이용객이 편리하고

[†] 교신저자: (주)모어엔지니어링건축사사무소(pietrokim@naver.com)

* (주)모어엔지니어링건축사사무소

** 한국철도기술연구원 스마트역사연구팀

안전하게 이용할 수 있도록 도시철도 환승통로에 대한 서비스 수준 LOS(Level of Service)을 파악함으로써 효과적인 관리가 이루어질 수 있는 방안을 마련하기 위해 LOS 등급별 밀도에 따른 속도 및 보행패턴 측정 현장시험을 수행하고, 그 결과를 활용하여 도시철도 이용객 LOS 수준을 효과적으로 예측 및 평가하고자 한다.

2. 환승통로의 LOS 등급별 보행특성 실험

2.1 LOS 보행특성 실험 개요

2.1.1 실험 장소 선정

환승통로의 서비스수준 및 혼잡도를 평가하기 위해 연계환승역간 거리가 긴 역사 중 카메라 설치가 용이한 대림역을 선정하였다. Fig. 1과 같이 대림역은 2호선(지상 3층)과 7호선(지하 2층) L-Type 연계 환승역으로 환승통로가 긴 구조이다. 승강장, 이동통로, 계단 앞 등 이동하는 승객들이 집중적으로 모이는 곳을 검토한 후 모션센서 인식 카메라의 설치가 용이하고, 환승객들의 병목 집중현상 구간을 선정하였다. 역사 내 실험 대상 장소는 환승인원 병목 지점으로 7호선에서 가까운 2호선 환승통로 에스컬레이터 앞 복도이며 전체 대림역 구간에서 출·퇴근시간대별 가장 병목현상이 심한 구간으로 실험 관찰 개요는 Fig. 1과 같다 [1].

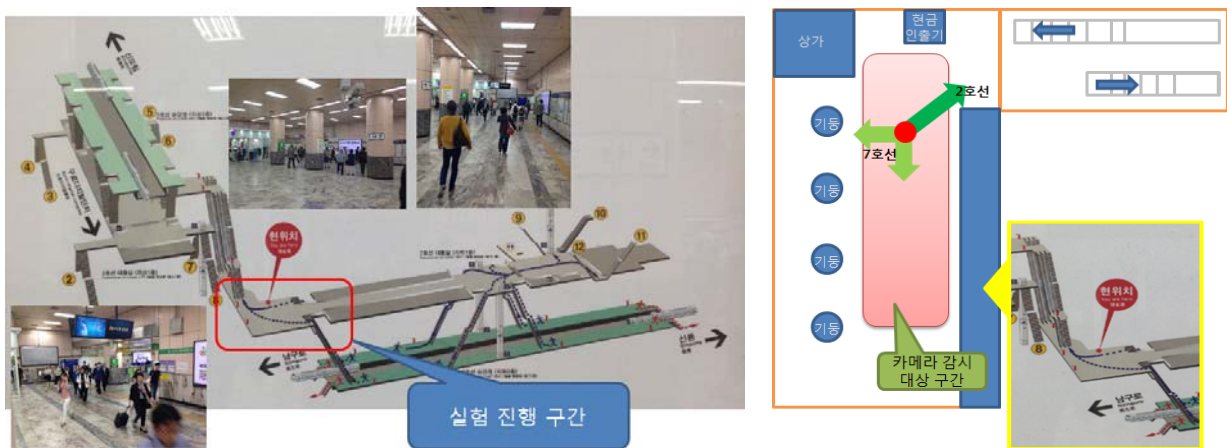
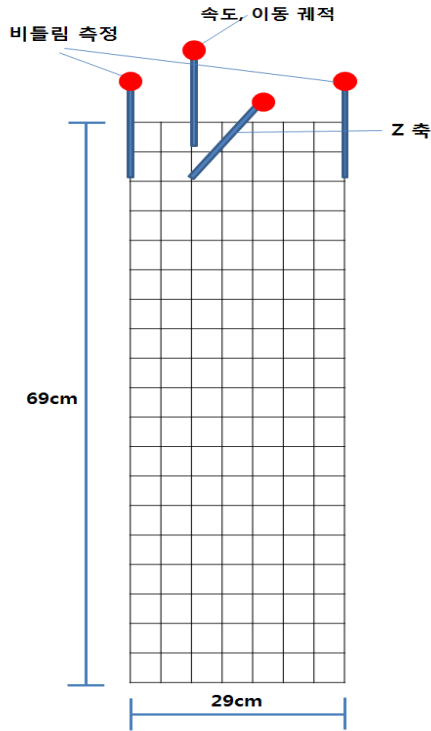


Fig. 1 Test site section in Daerim station

2.1.2 실험 장비

LOS 등급별 밀도에 따른 속도 및 보행패턴 검증을 위해 보행특성 관찰이 가능한 모션인식 카메라인 Raptor-E Digital Camera를 사용하였으며, 모션센서 및 센서대와 피실험자에게 모션센서를 부착한 모습은 Fig. 2와 같다. 관찰대상구간 높이 2m 이상 위치에 카메라 6대를 설치하였고, 카메라 감지 가능 공간은 6.5m×21m×2.8m이며, 혼잡도 측정 가능 예상 공간은 4m×7m×2.3m이다. 카메라 설치 후 L-Calibration이 좌표축을 생성하고, Wand Calibration이 렌즈 왜곡률을 보정하고, 각 측정 대상에 대한 개체를 생성한 후 데이터 측정 및 보정을 통해 데이터를 분석하였다[1].



카메라 설치 공간
6.5m X 21m X 2.8m

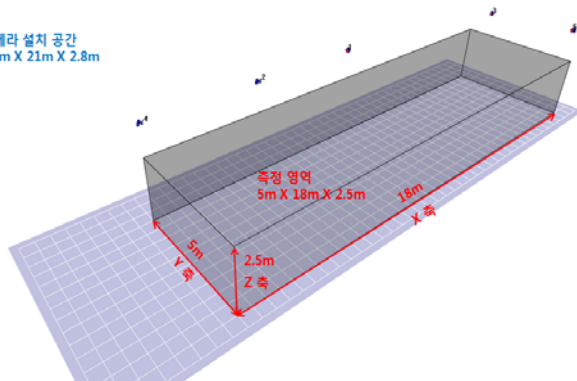


Fig. 2 Experimental equipment

2.1.3 실험 실시

실험은 2014년 5월 26일(월) 02:00에서 5월 27일 02:00까지 수행되었으며, 측정시간은 첫차 운행시간(05:40)에서 막차운행시간(익일01:00)까지 약 20시간이다. 실험자는 시간대별 4 point 마커 부착자 총 16명(오전, 오후 각 8명)이 상행선 팀과 하행선 팀으로 구분하여 진행되었으며 point 마커 위치에 따라 피실험자를 구분하였다. 지하철 운행시간을 고려하여 쌍방향 도보로 이동하였다. 열차 도착시 각 조별 첫 번째 실험자가 이동하고, 두 번째 실험자가 대기하였으며, 각 실험자는 각 호선 (2호선, 7호선) 승강장(4-4, 8량기준 중간지점)에 대기해 있다가 열차 도착과 함께 3~5초 후 환승구간으로 이동하는 승객들과 함께 이동하여 환승이동시간을 체크하였다. 데이터 측정 속도는 15 frame/sec, 측정 대상은 8개이고, 획득

데이터는 각 대상의 3차원 상의 속도(mm/sec), 각 대상의 X, Y 위치 궤적(mm), 각 대상의 각도(deg.)이다. 밀도 측정은 실험시 실험구간 내 인원을 측정하였고, 캠코더를 활용하여 전체 실험시간 영상을 촬영하였다. 데이터 측정 및 분석시 구분된 피실험자의 속도, 궤적, 회전을 모션 카메라 동기화를 통해 하나의 값으로 측정하였다. 실험영역 통과시간, 통과시 속도와 회전(15 samples/sec), 그리고 궤적에 대한 데이터가 수집되었다[1].

2.2 실험결과 및 분석

2.2.1 LOS 등급별 실험결과

대립역 선정된 공간에서의 밀도 산정을 위해 캠코더를 통해 실험현장영상 확보 후 1분마다 인원수를 측정하여 실험 범위 내 시간대별 밀도를 산정하였다. 설정된 시간대를 각각 15분 간격으로 나누어 이동인원을 산정하고, 15분간의 이동인원의 누적계를 1분당, 1m당 이동인원으로 환산하여 흐름계수를 산정하였다. 여기서 이동인원의 이동 폭은 3.4m로 산정하였으며, 15분간의 이동인원의 20%를 할증한 값이다. Motion Analysis기법을 이용한 행동패턴 산정결과 속도 및 어깨회전각 data를 15 sample/sec 산출하였으며, 센서 부착 실험자의 순간 속도가 산출되었다. Table 1은 각 시간대별 유동계수(인/m·분)와 LOS를 산정한 결과이다[1,2].

Table 1 LOS calculating results

Time	Flow Coefficient (person/m.min)	LOS	Time	Flow Coefficient (person/m.min)	LOS
07:02 - 07:17	27	B	17:53 - 18:08	40	C
07:17 - 07:32	38	C	18:08 - 18:23	56	D
07:32 - 07:47	50	D	18:23 - 18:38	69	E
07:47 - 08:02	69	E	18:38 - 18:53	70	E
08:02 - 08:17	76	E	18:53 - 19:08	70	E
08:17 - 08:33	89	F	19:08 - 19:23	62	E
08:33 - 08:48	66	E	19:23 - 19:38	57	D
08:48 - 09:03	50	D	19:38 - 19:53	44	C
09:03 - 09:18	50	D	19:53 - 19:54	30	C

2.2.2 실험결과 분석

밀도별 행동패턴 DATA를 분석한 결과 LOS D 등급의 경우, 보행자가 주변 보행자로 인해 각자의 보행속도 유지가 힘들며, 이동 시 반대편의 보행자와의 충돌 위험이 빈번하며 추월 시 상대편으로부터 이동의 방해로 받는다. 캠코더 영상을 통해서 환승인원 이동 시 나타나는 행동 특성을 관찰한 결과에 따르면, 속도 제한이 발생하고 주변 보행자들과 빈번히 접촉하며 반대편 이동자로부터 이동경로의 결정의 방해로 받고, 추월 시 속도제한 및 충돌이 발생한다. 이동인원 행동 특성은 Fig. 3과 같이 1.5초까지는 속도값이 감소하며 이후 속도값의 폭도 감소

하였으며, 평균속도는 0.8m/s이고, 실험자 순간 속도는 1초대에서 감소하다 다시 증가하지만 1초 이후 다시 속도는 점점 감소하며 2초가 넘어가서는 속도의 폭이 급격히 감소하였다. 속도의 선택이 자유롭지 못하며, 정상보행이 부분적으로 힘든 상태이다. LOS D에서는 속도의 제한과 함께 순간 회전각이 5° 이상 변화가 빈번히 발생하였다. 이동 중 상대편에 의한 속도 및 어깨 회전이 발생한 결과이다. 반대편 방향에서 이동하는 환승객을 피하기 위해 순간 어깨 회전을 15° 까지 틀며 속도를 낮추어 이동하거나 충돌을 피하기 위해 순간 10° 의 어깨 회전각이 발생하였다. 이동 중 반대편 인원과 진행방향의 상태의 상대편과 충돌을 피하기 위해 어깨 회전 및 속도 감소 결과이다.

LOS E 등급의 경우, 보행자가 주변 보행자로 인해 일정한 보행속도 유지가 힘들며, 이동 시 반대편의 보행자와의 충돌 위험이 크며, 추월이 거의 불가능하다. 캠코더 영상을 통해서 환승 인원 이동 시 나타나는 행동 특성에 대한 관찰결과에 따르면, 속도 제한 및 타인의 의해 보행 속도를 선택하고 주변 보행자들과의 접촉 및 충돌 위험이 크다. 또한 반대편 이동자로부터 이동경로 결정의 심한 방해를 받고, 추월 시 상대편과의 접촉을 통해 가능하며, 모든 보행자는 대기열에 의한 방해 받는다. 이동인원 행동 특성은 Fig. 3과 같이 속도가 불규칙하며 어깨 회전이 빈번히 발생하고, 실험자 순간 속도값은 1.2m/s에서부터 지속적으로 감소와 증가가 발생하였으며, 평균속도는 0.58m/s이고, 속도값의 폭 또한 불규칙하여 보행이 자유롭지 못함을 관찰하였다. 속도의 제한과 함께 순간 회전각이 10° ~15° 이상 자주 발생하므로 주변 이동인원과의 충돌이 빈번함을 알 수 있다. 이동 중 상대편에 의한 속도 증감이 불규칙하며 및 충돌 및 추월을 위한 어깨 회전이 빈번하게 발생한다[1,3].

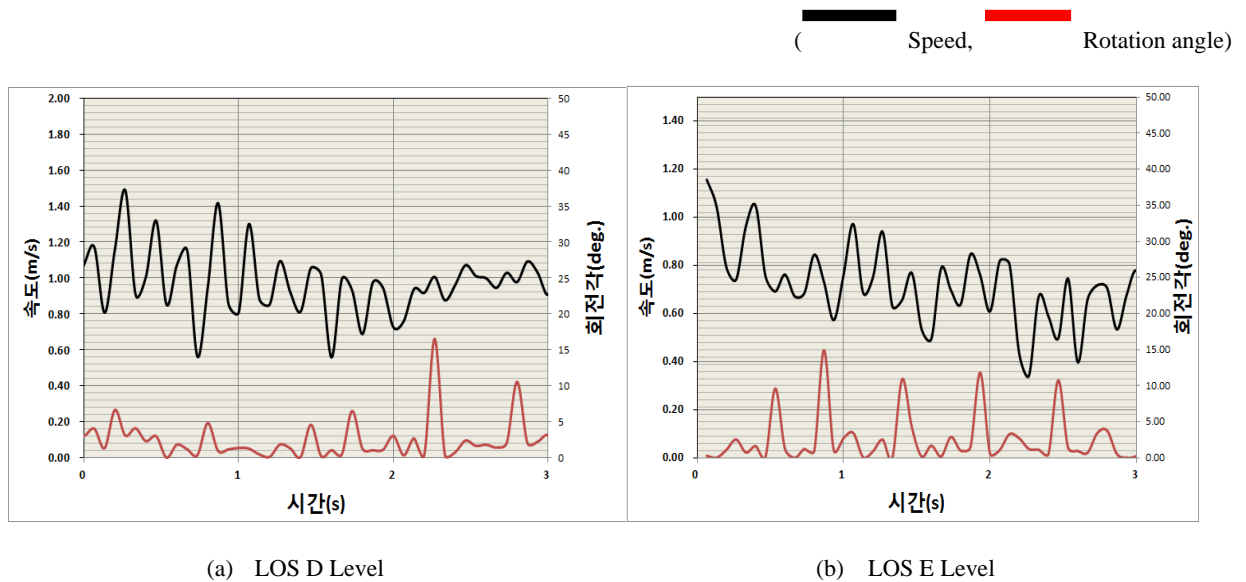


Fig. 3 Speed and rotation angle

3. 결론

도시철도 이용객 LOS 수준을 효과적으로 예측 및 평가하기 위하여 영상분석기법을 활용한 대림역 환승통로 현장실험을 실시하여 LOS 등급별 밀도에 따른 속도 및 보행패턴을 분석함으로써 다음과 같은 결과를 도출하였다.

- 1) 밀도가 증가할수록 속도는 감소하며, 어깨폭은 실제 큰 변화량이 없었다. 영상에서 혼잡 상황에서는 어깨를 움츠리는 동작보다 팔 움직임의 제한하거나 속도를 줄이며 어깨를 회전하는 동작을 취한다. 영상분석과 Motion Analysis에 의해 보행 중 충돌, 추월에 의한 어깨 회전각의 변화를 살필 수 있었으며, 서비스 수준이 F등급과 같이 극혼잡 상태를 제외하고는 밀도가 높을수록 어깨 움직임이 증가하였다.
- 2) 도시철도 면적산정 시 평균속도는 1m/s이나 실험결과 LOS D 등급의 평균속도는 0.8m/s, 순간최대회전각은 15° 이고, 보행 속도 제한, 빈번한 이동 방향전환, 충돌 위험이 자주 발생하였다. LOS E 등급의 평균속도는 0.58m/s, 순간최대회전각은 10~15° 이고, 보행 속도제한(속도 선택 불가), 이동 방향전환 힘들, 충돌이 잦으며 충돌을 피하기 위한 빈번한 움직임(충돌을 피하기 위해 어깨를 회전한 상태에서 이동), 군집보행의 행동패턴을 나타냈다.
- 3) 이를 통하여 정거장 면적 산출 시 가장 큰 영향 요소인 LOS(Level of Service)의 보행류 및 밀도에 대해 한국인의 표준체형, 정거장에서 보행자의 행동특성, 침두시간 수요산정 등을 고려하여 현재 도시철도 설계지침에 적용되는 환승통로 LOS D등급 및 E등급의 적용 기준값에 대한 검토가 필요한 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원(16RTRP-B067918-04)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Korea Railroad Research Institute (2015) Movement pattern measurement and analysis according to the Metro station pedestrian density.
- [2] Ministry of Land, Infrastructure & Transportation (2013) Korea Metropolitan Railway Station Planning Guideline.
- [3] Kim KwangMo, Kim Jinho, Shin Minjung, Kim Heekyu, Park Yonggul (2015) A Study on the Estimation for Width of Passageway for Improvement in the Safety and the Convenience of the Metro Stations and the Transfer Facilities, Journal of the Korean Soc. Hazard Mitig., 15(2), pp. 63-70.