

철도 승강장 군중 밀도 추정 연구

김규진***, 안태기**, 김문현***

한국철도기술연구원*, 성균관대학교 정보통신공학부**

A Study of Crowd Density Estimation of Railway Platform

Gyu-Jin Kim***, Tae-Ki An**, Moon-Hyun Kim**

Korea Railroad Research Institute*, Sungkyunkwan University**

Abstract - 지능적인 감시 체계에 대한 필요성이 증대됨에 따라 많은 곳에서 지능화된 군중에 대한 모니터링을 요구하고 있다. 이는 비단 철도 분야에 있어 예외가 되지 않으며, 철도 서비스 구간 내에서의 필요성 또한 증대되고 있다. 철도 승강장 내에는 보안 감시에 사용되는 CCTV가 설치되어 있다. 이렇게 설치되어 있는 CCTV를 통해 철도 승강장의 영상 정보를 취득할 수 있으며 이것을 이용하여 군중 밀도 추정에 도움이 될 수 있다.

본 논문에서는 철도 승강장 내 군중 밀도를 군중의 움직임으로부터 발생하는 모션벡터를 검출하여 군중 밀도와 모션 벡터와의 상관관계에 대해 연구하였다.

1. 서 론

지하 구간에서 운행이 이뤄지는 도시철도는 구축에 많은 비용과 시간이 필요하지만, 수송능력의 우수한 성능이 검증되어 전세계적으로 대표적인 대도시 교통체계로 각광받고 있다. 이에 따라서 많은 사람들이 도시철도를 이용하게 되었고 열차와 역을 오가는 승강장의 승객 밀도를 측정하고자 하는 시도가 지속적으로 이뤄지고 있다.

승강장 내의 승객에 대한 밀도를 측정하는데 있어 많은 도시철도 서비스 구간을 모니터링 해야하는 운영자에게 쉽지 않은 일이다. 따라서, 자동화되고 지능화된 군중 밀도 추정 방식이 필요하다. 철도 승강장 내 군중 밀도를 추정하는데 있어 현재 승객의 안전사고 예방을 주 목적으로 하여 설치되어 있는 폐쇄회로 텔레비전(CCTV)을 이용할 수 있다.

본 논문에서는 도시철도 승강장 내 설치되어 있는 CCTV를 이용하여 승강장 내에 위치한 군중의 움직임을 추정할 수 있는 모션 벡터를 검출하여 철도 승강장 내 군중 밀도를 추정하는 방식에 대해 연구하고자 한다. 이렇게 연구된 결과는 환승구간과 가까운 객차나 입구와 가까운 객차에 사람이 몰리는 것을 예방하는데 도움이 될 수 있다. 또한, 철도 승강장의 군중 밀도 정보를 기반으로 개찰구의 유인한 운영을 통해서 운영 효율화에 기여할 수 있다.

2. 본 론

2.1 군중 밀도

철도 승강장 내 군중 밀도를 추정하기에 앞서 정확히 군중 밀도가 무엇을 의미하는 지를 정확히 정의하는 과정이 필요하다. 국내에서 도시철도와 관련된 군중 밀도 관련 연구 사례로는 전철객차 1량에 160명이 승차한 경우의 혼잡도를 100%로 정의하고 도시철도 서비스 구간별 혼잡도 통계자료를 보고한 사례가 있다[1]. 또한, 철도 승강장 내 군중이 포아송 분포를 따른다고 가정하고 승강장내 군중의 혼잡도를 5단계로 정의하여 혼잡도를 분석한 연구가 존재하였다[2]. 한편, 퍼지 방식을 이용하여 군중 밀도를 5단계로 나누어 지능적인 종합 감시시스템에서의 지능적인 혼잡도 상황인식 모델을 정의한 연구 또한 존재하였다[3]

2.2 모션 벡터 검출

영상 내 군중의 움직임을 검출하기 위한 방식은 차영상이나 가우시안 혼합 모델 등 많은 방식이 도입되었으나 본 논문에서는 옵티컬 플로우(Optical Flow)를 통해서 검출하는 방식을 사용하고자 한다. 옵티컬 플로우는 이미지의 각 점이 움직인 방향과 속도를 계산해 내는 접근법으로써, 가장 일반적으로 미분을 이용한 기법을 이용한다. 이러한 방식은 이미지 전체의 모션 벡터를 검출해 내기 때문에 군중이 움직인 방향과 이동 속도를 알아낼 수 있어 매우 효율적인 알고리즘이다. 미분을 이용한 옵티컬 플로우는 검출 방식은 정합(Matching) 문제를 풀지 않으면서도 모션 벡터를 검출할 수 있어 큰 장점을 가진다.

미분 기법을 이용한 옵티컬 플로우는 검출 방식은 대표적으로 Horn-Schunck 방식과 Lucas-Kanade 방식이 존재한다. 앞서 언급한 옵티컬 플로우는 검출에는 여러 가지 가정이 존재한다. 첫째, 시간이 지나도

변화하는 화소들은 화소의 위치만 변화될 뿐 화소값은 동일하게 유지된다는 화소값 불변의 제한조건(Brightness Invariance Constraint)을 기반으로 전개된다. 둘째, 평탄 제약조건(Smoothness constraint)으로 유일해를 가지지 않는 옵티컬 플로우에 대해 2차원 성분에 대한 라플라시안 값들에 대한 제곱합을 최소화 하는 벡터 검출을 목표로 한다. 이러한 방식을 사용하여 철도 승강장 내 군중 밀도를 검출된 모션 벡터를 기반으로 분석하면 영상 내에서 군중이 어느 방향으로 움직이고 있는지 또한 어느 정도 영역만큼 움직였는지 한 번에 알 수가 있다.

3. 실험결과

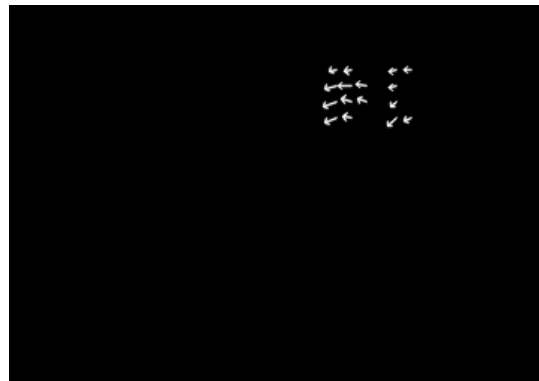
철도 승강장 내 군중의 밀도가 매우 한산한 경우와 혼잡한 경우로 나눠 모션 벡터와 군중 밀도 간의 상관관계에 대해 살펴보기 위해 강남역사 내 철도 승강장 영상을 기반으로 실험을 진행하였다.

3.1 매우 한산

아래 <그림 1>은 승강장 내 군중 밀도가 매우 한산한 경우에 해당하는 영상이다. 영상 내 영역에서 군중이 차지 하는 영역이 매우 작은 경우이다. <그림 1>과 같이 얻어진 영상에 있어 운영자가 지속적으로 모니터링 한다면 군중들이 어느방향으로 이동하는지 파악할 수 있으나 모션벡터를 검출하면 보다 직관적인 결과를 얻을 수 있다.



<그림 1> 철도 승강장 영상(매우 한산)



<그림 2> 검출된 모션 벡터(매우 한산)

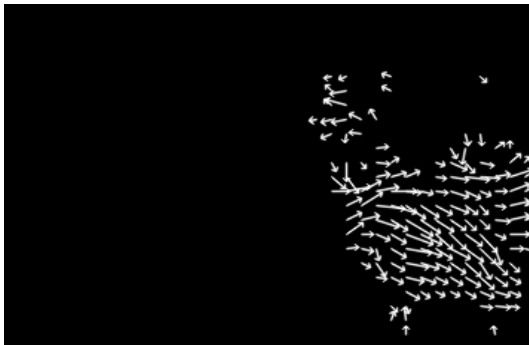
<그림 1>을 기반으로 모션 벡터를 검출하게 되면 <그림 2>와 같은 결과를 얻을 수 있다. <그림 2>를 살펴보게 되면 중간에 위치한 군중은 거의 움직임이 없는 것을 알 수 있으며, 우상단에 위치한 사람들이 영상 내에서 왼쪽으로 움직이고 있음을 알 수가 있다. 또한, 영상내에서 움직인 영역 정보 또한 확인할 수 있다.

3.2 혼잡

아래 <그림 3>은 승강장 내 군중 밀도가 혼잡한 경우에 해당하는 영상이다. 영상 내 영역에서 군중이 차지 하는 영역이 일정 부분 이상인 경우이다. <그림 3>과 연어진 영상을 기반으로 모션 벡터를 검출한 결과는 <그림 4>와 같다.



<그림 3> 철도 승강장 영상(혼잡)



<그림 4> 검출된 모션 벡터(혼잡)

<그림 3>을 기반으로 모션 벡터를 검출하게 되면 <그림 4>와 같은 결과를 얻을 수 있다. <그림 4>를 살펴보게 되면 매우 혼잡한 경우보다 검출된 모션 벡터의 양이 상당히 증가한 것을 확인할 수 있으며 군중의 움직임이 더욱 다양해 진 것을 확인할 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 철도 승강장 내 기설치된 CCTV 영상을 기반으로 모션 벡터 검출을 통한 승강장 내 군중 밀도에 대해 연구해 보았다. 모션 벡터는 혼잡도가 증가할수록 더욱 많이 검출되었으며 또한 움직임의 방향 또한 매우 불규칙 해짐을 확인하였다. 이렇게 추정된 군중 밀도는 군중의 이용 관리 전반에 걸친 정책 타당성 지표로 활용하거나, 승객유동이 순조롭게 진행될 수 있도록 지원하는 동시에 이용자의 흐름과 시간대별 고객 성향 파악 등의 여러 가지 응용 분야의 중요한 지표로서의 미가 있다. 특히 지하철의 경우 승강장 내 군중 밀도 추정을 통해 철도 열차 내 승객이 골고루 분포될 수 있도록 유도할 수 있는 근거 자료로써 활용을 기대할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 서울지하철의 건설 및 도시발전' 中 '서울시 도시철도 운행현황', 2003
- [2] 김규진, 엄기열, 정재영, 김문현, "도시철도 승강장 내 군중 혼잡도 분석에 관한 연구", 한국정보과학회 학술발표논문집, 제36권 제2호(C), pp. 422-426, 2009년 11월
- [3] 안태기, 신정렬, 김규진, "도시철도 혼잡도 상황인식 모델 정의", 한국철도학회 2010년도 추계학술대회, 2010년 10월