

철도역사 안전을 위한 비전기반 승강장 모니터링 시스템

Vision based Monitoring System for Safety in Railway Station

오세찬* 박성혁* 이장무*
Oh, Seh-Chan Park, Sung-Hyuk Lee, Chang-Mu

ABSTRACT

Passenger safety is a primary concern of railway system but, it has been urgent issue that dozens of people are killed every year when they are fallen from train platforms. In this paper, we propose a vision based monitoring system for railway station platform. The system immediately perceives dangerous factors of passengers on the platform by using image processing technology. To monitor almost entire length of the track line in the platform, we use several video cameras. Each camera conducts surveillance its own preset monitoring area whether human or dangerous object was fallen in the area. Moreover, to deal with the accident immediately, the system provides local station, central control room employees and train driver with the video information about the accident situation including alarm message. This paper introduces the system overview and detection process with experimental results. According to the results, we expect the proposed system will play a key role for establishing highly intelligent monitoring system in railway.

1. Introduction

철도는 대규모의 운송수단으로 대중적이면서도 편리한 교통수단으로 자리잡고 있다. 하지만 많은 승객이 이용하기 때문에 한번의 안전관리 미숙으로 수많은 인명피해가 발생할 수 있다. 최근 들어 지하철 플랫폼 낙상에 의한 인명사고, 출퇴근 혼잡 시간대에 옷이나 신체 일부가 출입문에 끼이는 사고, 승강장과 철로 사이의 틈에 승객의 신체 일부가 빠지는 사고 등 철로내의 안전사고는 더욱 빈번해지고 있다.

이러한 안전사고를 감시하기 위해 현재 지하철 역구내에 설치하여 운영하고 있는 CCTV는 운영자가 사령실 또는 역무실에서 지속적으로 모니터링하고 있어야 하므로, 긴급상황 발생시 즉각적인 인지 및 이에 대한 대처방안 수립이 어렵고 수동적이고 제한적으로 운영되고 있어 긴급상황에 대한 자동 인식 시스템이 필요한 실정이다.

또한, 최근에는 승객의 선로 추락사고를 사전에 차단하기 위해 스크린도어(PSD)의 설치를 확대하고 있으나, 모든 승강장에 설치하기에는 경제적인 부담이 큰 문제점이 있으며, 특히 지상승강장일 경우에는 주변 경관을 차단하여 승객들의 답답함을 가중시킬 수 있다. 또한 차량이 정위치에 정차하지 못할 경우 스크린도어의 개폐에 문제가 발생할 수 있고, 스크린도어와 차량 사이의 틈에 인체나 물체가 끼였을 경우에 대하여 대비가 어렵다.

* 책임저자 : 한국철도기술연구원, 도시철도기술사업단, 정희원

따라서 긴급 및 위급상황에 대하여 신속하고 정확하게 상황을 자동으로 인지하고 대처할 수 있도록 하는 시스템 개발을 통하여 인명을 보호하며, 경제적으로는 설치 및 유지관리 비용이 저렴하여 승강장의 특성에 구분됨이 없이 설치 가능한 시스템이 요구되고 있다.

한국철도기술연구원은 2005년부터 정부 R&D의 일환으로 영상 처리기술을 이용한 승강장 안전시스템의 개발을 수행하고 있다. 본 연구는 승강장에서의 승객위험요소를 사전에 감지하여 역무원, 종합사령실 및 열차기관사 모두가 승객 위험요소를 동시에 신속하게 인지하고 종합적으로 대비할 수 있는 승강장 안전감지 시스템 개발을 목표로 한다.

그림 1과 같이 제안된 시스템은 승강장 승객 위험요소를 영상처리 기술을 통해 즉각적으로 인지한다. 승강장의 거의 모든 선로 영역을 감시하기 위해서 여러 대의 카메라를 이용한다. 각각의 카메라는 미리 정한 자신의 모니터링 영역에 사람이나 위험 물체가 영역 안에 있는지 감시한다. 시스템은 경보 메시지를 포함한 사고 상황 영상 정보를 역사 근무자, 종합사령실 근무자 및 열차 운전자에게 제공하여 신속한 사고대처가 가능하다.

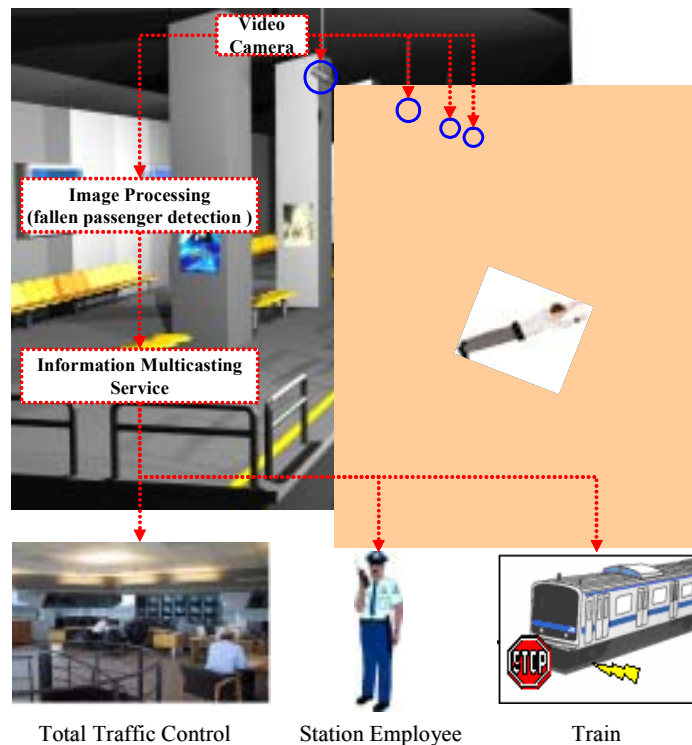


그림 1. 비전기반 승강장 모니터링 시스템

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 제안된 시스템 개요를 설명하고 3장에서는 검지 프로세스를 설명하며, 4장에서는 실험을 통한 제안된 시스템을 분석한다. 끝으로 5장에서는 결론 및 추후 보완해야 할 점에 대해서 간략히 기술한다.

2. Vision based Platform Monitoring System

그림 2는 비전기반 승강장 모니터링 시스템의 구성을 보여준다. 제안된 시스템은 기능적으로 크게 정보수집 부, 정보 퓨전(fusion) 부 그리고 정보 제공부로 나눌 수 있다.

정보 수집부는 승강장에서의 화재나 승객의 선로추락과 같은 위험 상황을 검지하고 인지한다. 검지 프로세서는 열차 검지, 물체 검지, 물체인식과 물체 추적과 같은 일련의 작업을 수행한다.

정보 퓨전부는 상황의 분석을 위해서 각각의 카메라로부터 모니터링 된 결과로부터 좀 더 의미 있고 높은 수준의 정보를 추출해 내는 역할을 수행한다. 상황 분석의 결과를 통해서 사령실 직원과 역무원 그리고 진입 열차 운전자에게 각기 다른 조치사항이 담긴 경보메시지를 생성할 수 있다.

정보 제공부는 각기 다른 수신자 즉, 사령실 직원, 역무원, 진입 열차 운전자에게 해당되는 표준 운영절차(SOP) 와 함께 경보메시지, 위험 상황에 대한 영상을 즉시 전송하는 역할을 수행한다.

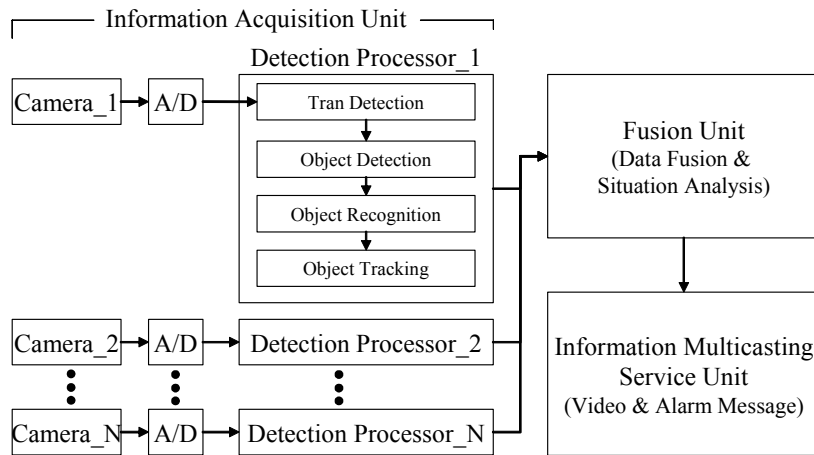


그림 2. 제안된 승강장 모니터링 시스템 구성도

3. Detection Process

제안된 시스템의 검지 프로세스는 그림 3과 같은 절차로 수행된다. 우선 각각의 카메라 영역에서 열차의 현재 상태를 판별하여 열차가 존재하지 않을 경우 물체 검지를 수행한다. 프레임차와 배경 분리에 의해서 움직임을 검지하며 물체의 크기가 일정 크기 이상인 경우 물체 인식을 수행한다. 물체 인식은 사람 혹은 열차 진행에 이상을 줄 수 있는 장애물인가를 판별하여 필요에 따라 진입열차 통제 및 사고 대처를 수행한다.

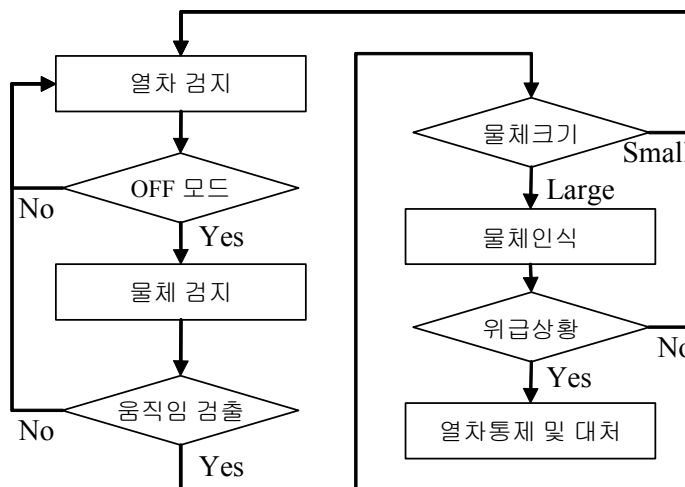


그림 3. 검지 절차

3.1 Train Detection

열차 검지는 승객추락 검지를 수행하는데 실수를 방지하기 위해 열차의 상태를 판단한다. 각각의 카메라에 해당하는 열차의 상태는 다음과 같은 4가지 상태를 갖는다. 표 1은 열차의 상태를 나타낸다. 물체 또는 사람의 검지는 OFF 모드, 즉 열차가 카메라 검지영역에 없을 경우에 수행된다.

표 1. 열차 상태

열차 상태	설명
OFF	승강장에 열차가 없는 상태
IN	승강장에 열차가 진입하고 있는 상태
ON	열차가 정차하고 있는 상태
OUT	열차가 출발하고 있는 상태

승강장에 낙하한 물체의 위험 여부를 판단하기 위해서는 우선 차량의 현재 상태를 정확히 산출하여야 한다. 차량의 현재 상태는 그림 4와 같은 상태도에 따라 판별이 가능하다.

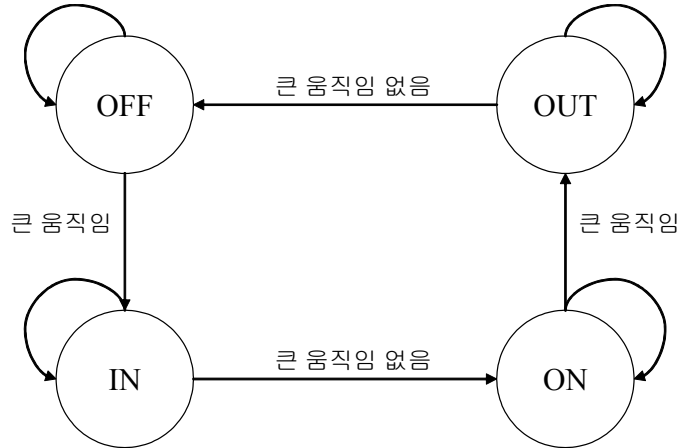


그림 4. 차량의 상태 판별을 위한 상태도

각각의 상태 전이는 표 2와 같이 정의 할 수 있다.

표 2. 열차 상태 전이

열차 상태	설명
OFF-IN	차량영역 내에 큰 움직임이 5프레임 연속 발생
IN-ON	차량영역 내에 큰 움직임이 5프레임 연속 검출되지 않을 경우
ON-OUT	차량영역 내에 큰 움직임이 5프레임 연속 발생
OUT-OFF	차량영역 내에 큰 움직임이 5프레임 연속 검출되지 않을 경우

3.2 Object Detection/Traction

승강장의 위험 영역 내에서 움직임이 검출되었을 경우는 크게 추락 물체가 존재할 경우, 열차의 움직임이 존재할 경우와 영상의 갑작스러운 밝기 변화로 생각할 수 있다. 물체의 판별 기법은 우선 열차의 OFF상태에서 위험영역내의 움직임 만을 고려한다. 또한 이전 프레임들에서의 움직임을 역으로 추적하여(back tracking) 위험영역 밖으로부터의 움직임일 경우 추락 물체로 판별할 수 있다.

물체 추적은 이전 프레임들의 움직임 정보를 저장하고 OUT 상태에서 움직임이 존재할 경우 back tracking하며 back tracking 물체가 위험 영역을 벗어났을 경우 추락 물체로 판별한다. 추락한 물체가 정지한 경우 움직임이 없더라도 물체 위치를 보전한다.

4. 실험결과

검지 테스트는 서울 메트로 4호선의 동작역과 남태령 역에서 수행하였다. 동작역은 지상역사이며 남태령은 지하역사이다. 각각의 역사에서 촬영한 영상데이터는 그림 5와 같다.




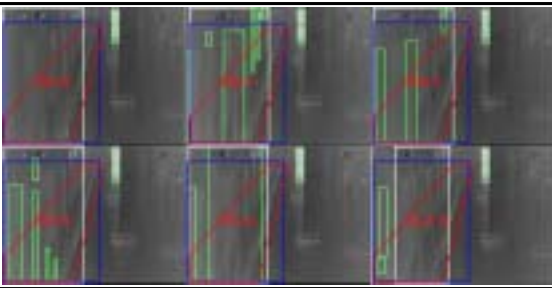
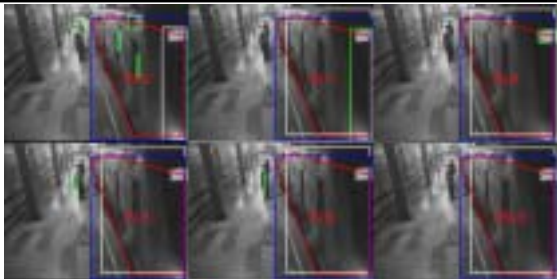

(a) (b)

그림 5. 테스트 영상; (a) 동작역, (b) 남태령역

4.1 Train Detection

열차 상태에 대한 실험결과는 표 3과 같다. 위험 영역내에 움직임 검출을 하여 큰 움직임이 발생 하였을 경우 열차의 움직임으로 간주 할 수 있다. 이때 영상의 갑작스런 밝기 변화는 고려하지 않는다. 노이즈를 고려하여 큰 움직임이 5 프레임 이상 연속하여 발생하였을 경우 열차의 움직임으로 판별한다. 따라서 실험 결과를 통해서 알 수 있듯이 제안된 시스템은 영상처리 기법을 통하여 열차의 4 가지 상태를 완벽히 검출이 가능하다.

표 3. 열차 상태 전이 테스트 결과

OFF-IN 상태전이	ON-OUT 상태전이
	
IN-ON 상태전이	OUT-OFF 상태전이
	

4.2 추락 물체 검지

그림 6 (a)과 같이 위험 영역 내에서 움직임이 검출 되었을 경우, back tracking 기법을 통해 추락 물체인지 아닌지 검출이 가능하다. 그림 6 (b)에서의 푸른색 박스 영역은 열차 영역이고 붉은 색 영역이 위험 영역이며 흰색 영역은 물체의 영역이다. 이때 물체가 붉은 색 영역에 들어왔을 경우, 그림 6 (c)와 같이 이전 프레임의 움직임 정보를 역으로 추적하여 움직임이 위험 영역 밖으로부터의 움직임 인지를 판별 한다.

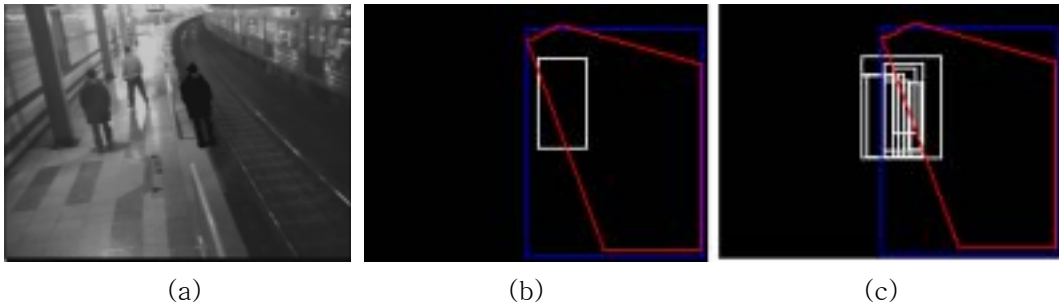


그림 6. 추락 물체 검지 테스트

5. 결론 및 향후 연구

본 논문은 지하철 역사내 승객의 안전을 위해서 지능적인 비전기반의 승강장 선로 모니터링 시스템의 구축을 위한 구성방안 및 낙하물체 검지방안에 대해 고찰하였다. 본 논문에서 고찰한 시스템 구성방안 및 검지방안은 향후 과제를 진행하면서 점차 보완하며 구체화 할 예정이다. 추후 낙하 물체가 검출 되었을 경우 스테레오 비전에 의한 물체의 부피 측정 및 화재의 검지, 승객의 열차 문틈 끼임 검지 등을 수행할 예정이며, 풍부한 현장 실험을 통해 시나리오에 의한 실제 영상 DB를 구축하여 검지의 정확도를 높일 계획이다. 또한, 사고현장의 신속한 대처를 위해 승강장 근무요원, 진입 열차, 역무실 승무원, 종합사령실과의 효율적인 전송 시스템 구축에 관한 실험도 함께 진행할 예정이다.

6. Reference

1. I.Yoda, K.Sakaue (2004). "Ubiquitous Stereo Vision for Controlling Safety on Platforms in Railroad Station," IEEJ Tr. on Electronics, Information and Systems, Vol. 124, No. 3, Mar., pp.805-811.
2. F.Kruse, S.Milch, H.Rohling (2003). "Multi Sensor System for ObstacleDetection in Train Applications," Proc. of IEEE Tr., June, pp.42-46..
3. Y.Sasaki, N.Hiura (2003). "Development of Image Processing Type Fallen Passenger Detecting System, " JR-EAST Technical Review Special Edition Paper, No. 2, pp.66-72.
4. J. Vhquez, M. Mao, "Detection of moving objects in railway using . . vision," IEEE Intelligent Vehicles Symposium University of Parma, Parma, Italy Jun. 1447, 2004.
5. N. Paragios and V. Ramesh. *An MRF-based approach for real-time subway monitoring*. In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001.