

# 철도 승강장 승객안전을 위한 비전기반 물체 검지 알고리즘 연구

## Study on Vision based Object Detection Algorithm for Passenger's Safety in Railway Station

오세찬\*                      박성혁\*                      정우태\*  
Oh, Seh-Chan              Park, Sung-Hyuk              Jeong, Woo-Tae

---

### ABSTRACT

Advancement in information technology have enabled applying vision sensor to railway, such as CCTV. CCTV has been widely used in railway application, however the CCTV is a passive system that provide limited capability to maintain safety from boarding platform. The station employee should monitor continuously CCTV monitors. Therefore immediate recognition and response to the situation is difficult in emergency situation. Recently, urban transit operators are pursuing applying an unattended station operation system for their cost reduction. Therefore, an intelligent monitoring system is need for passenger's safety in railway.

The paper proposes a vision based monitoring system and object detection algorithm for passenger's safety in railway platform. The proposed system automatically detects accident in platform and analyzes level of danger using image processing technology. The system uses stereo vision technology with multi-sensors for minimizing detection error in various railway platform conditions.

---

### 1. Introduction

현재 안전펜스나 비상정지 버튼과 같이 철도 승강장 환경에서 승객의 안전을 위한 여러 안전장치들을 적용하고 있으나 현실적으로 다양한 승객 안전사고를 방지하기는 어렵다. 따라서 철도 승객의 안전을 위한 여러 연구가 진행 중에 있다[1-5].

최근 IT기술의 발전과 함께 카메라를 활용한 감시 시스템이 널리 사용되고 있다. 현재 철도 역사에 널리 사용되고 있는 CCTV는 운영자가 관제실 또는 역무실에서 지속적으로 모니터링하고 있어야 하므로 위험상황 발생시 즉각적인 인지 및 대응이 어렵다. 게다가 무선통신 기술을 이용한 역내 상황을 승강장 진입 열차에 전송하는 영상전송시스템을 확대하여 적용하고 있으나, 마찬가지로 운전자가 매번 지속적으로 모니터링 해야 한다는 문제가 있다. 최근 운영기관의 비용절감 측면에서 역사 무인화를 추구하는 상황에서 승강장내 위험상황을 자동적으로 인지하고 위험 정도를 판단하여 실시간으로 알려줄 수 있는 지능적인 감시시스템이 필요한 실정이다.

---

\* 책임저자 : 한국철도기술연구원, 차세대전동차연구단, 정회원

한국철도기술연구원에서는 2005년부터 국토해양부 연구개발사업으로 철도 승강장에서의 승객 안전을 위한 비전기반 모니터링시스템을 개발중에 있다 [1][2]. 비전기반 모니터링 시스템은 영상처리 기술을 이용하여 승강장 위험상황을 자동으로 검지하고 위험레벨을 분석하여 운영자에게 신속하게 전송하는 시스템이다.

본 논문은 다양한 철도 승강장 환경으로 인한 검지 오류를 최소화하기 위해 스테레오 및 열상 카메라를 이용한 검지 알고리즘을 개발한다. 특히, 기존의 2차원 검지시스템의 검지 계를 극복하기 위해 스테레오비전을 이용한 깊이기반 검지 알고리즘을 제안한다. 제안된 검지 알고리즘은 미래 철도환경에서의 승객 안전을 위한 지능적인 모니터링 시스템의 실현을 위해 기여할 것으로 기대한다.

## 2. 비전기반 모니터링 시스템

비전기반 모니터링 시스템은 다수의 검지 카메라를 통해 영상처리를 수행하여 승객의 선로추락, 승객의 전동차 문틈끼임 및 승강장 화재 등의 위험 상황을 검지하는 information acquisition process(IAP)와 다수의 검지 카메라로부터 얻어진 검지 결과를 통하여 위험상황을 분석하여 위험 레벨의 정도를 파악하는 decision making process(DMP), 위험상황을 종합관제실, 역무실 및 진입전동차와 같이 사전에 정의된 운영자에게 실시간으로 전송하는 information multicasting process(IMP)로 구성된다.

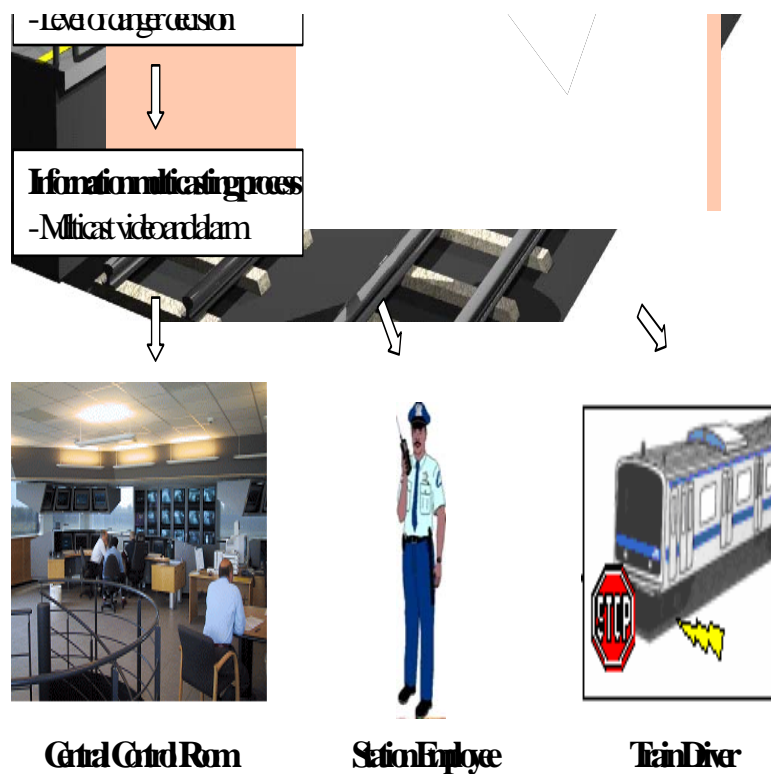


그림 1. 비전기반 모니터링 시스템 구성 및 동작 개요

## 2.1. Information Acquisition Process

Information Acquisition Process(IAP)는 그림 2에서와 같이, 스테레오카메라 및 열상 카메라를 이용하여 전체 선로 영역을 감시한다. 스테레오 카메라는 1대가 약 40m의 감지영역을 모니터링 한다. 하지만 이러한 감지영역은 플랫폼 환경에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 곡선의 플랫폼인 경우, 정확한 감지를 위해 감지영역이 축소될 수 있다. 스테레오 카메라는 플랫폼에 진입열차 상태판별과 승객 또는 물체의 선로추락과 같은 상황을 감지한다. 열상 카메라의 경우 1대가 약 100m의 감지 영역을 가지며, 조명 조건이 열악한 실외 환경에서 사람과 사물의 구분에 이용한다.

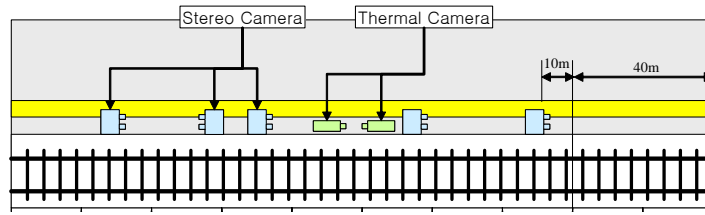


그림 2. IAP에서 스테레오카메라와 열상카메라 설치위치

## 2.2 Decision Making Process

Decision making process(DAP)는 IAP로부터 얻어진 각각의 감지 결과로부터 위험 상황 및 위험 정도를 판단한다. IAP에서 각각의 센서로부터 얻어진 감지결과는 네트워크를 통해 이벤트 queue로 저장 된다. 이들에 대해서 유효한지 체크한 후에 어떠한 종류의 사고인지 사고 이벤트 값을 분류한다. 이벤트 히스토리 DB를 검색하여 현재 이벤트와 유사한 사례를 찾는다. 검색 결과를 가지고 현재 위험상황에 대한 분석과 위험레벨을 판단한다. 판단된 결과는 다시 이벤트 히스토리 DB에 저장한다. 만약 결과가 위급한 상황이면, information multicasting process(IMP)에 전달하여 멀티캐스팅한다.

## 2.3 Information Multicasting Process

IMP는 DMP로부터 얻어진 위험상황 및 위험레벨을 사전에 정의된 수신단에게 전송하는 기능을 수행한다. IMP는 운영자가 사고에 대해 즉각적인 대응이 가능하도록 사고 상황에 대한 영상과 위험정도 판단결과를 전송한다.

## 3. 비전기반 물체 감지알고리즘

감지 알고리즘은 그림 3과 같은 절차로 진행된다. 우선 각각의 스테레오 카메라 감지영역마다 열차의 진입상태(IN), 진출상태(OUT), 정차상태(ON) 및 해당 감지영역에 열차가 없는 상태(OFF)의 4가지 열차 상태를 검출한다. 감지영역에 열차가 공차상태일 경우 추락 물체를 감지한다. 만약 공차가 아니면 승객의 문틈끼임과 같은 위험상황을 감지한다. 다양한 감지 센서로부터 얻어진 정보를 바탕으로 추락물체의 위치, 크기 및 사람과 물체 여부를 판단한다. 위험상황이 발생시에는 위험정보를 IMP에 전송한다.

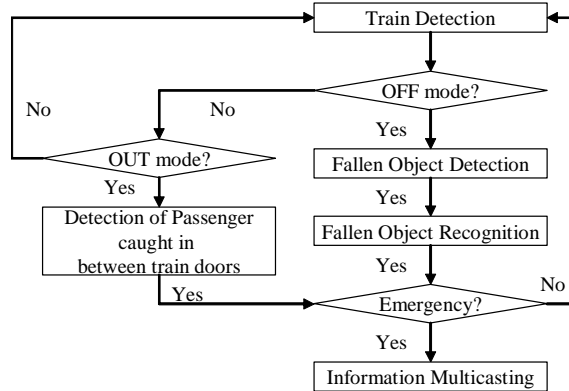


그림 3. 비전기반 물체 감지 알고리즘 동작개요

### 3.1 Train Detection

열차의 상태는 위험영역 내에서 motion vector를 가지고 판별한다. 위험영역 내에서 motion vector는 식 (1)과 같이 계산이 가능하다. 계산된 motion vector가 미리 정한 threshold 값보다 크다면 열차 상태전이가 이루어진다.

$$MV_{curr} = MB_{curr} - MB_{prev} \quad (1)$$

열차 상태의 변화는 항상 그림 4와 같이 변화한다.

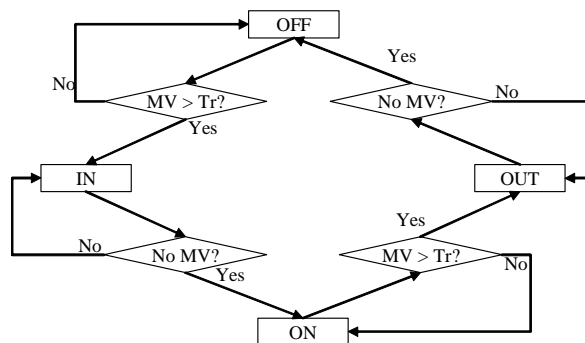


그림 4. 열차 상태전이

### 3.2 Object Detection

물체의 감지는 기본적으로 background subtraction 기법을 이용하며, 배경영상은 현재 프레임과 배경영상의 차이로 매 프레임마다 갱신할 수 있다. 하지만 OFF 상태에서 정확한 배경을 획득할 수 있으므로 열차상태가 OFF일때만 배경을 갱신한다. 배경영상의 갱신은 식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$BG_{curr} = BG_{prev} + K(IMG_{curr} - BG_{prev}) \quad (2)$$

물체는 감지는 스테레오 카메라의 좌영상 혹은 우영상을 가지고 위험영역에 물체가 있는지를 판단하며, 물체가 위험영역 안에 있는 경우 stereo vision 알고리즘을 통해 물체와의 거리를 계산하여 추락여부를 판단한다. 물체와의 거리는 아래와 같이 계산이 가능하다.

$$Z = b \times \left(\frac{f}{d}\right) \quad (3)$$

여기서  $b$ 는 렌즈사이의 간격을 의미하고,  $f$ 는 카메라 focal length를 의미하며,  $d$ 는 양안차를 의미한다. 추락 물체가 사람인지의 여부는 스테레오 카메라로부터 얻어지는 물체의 거리 및 크기정보와 열상카메라로부터 얻어지는 물체의 열 정보를 이용하여 판단이 가능하다.

#### 4. 실험 결과

2006년 5월부터 서울메트로 지상역사인 성내역과 지하역사인 혜화역을 대상으로 제안된 알고리즘의 검증에 실험을 수행하였다. 그림 5는 푸른색 라인의 열차영역과 붉은색 라인의 위험 영역을 보여준다.

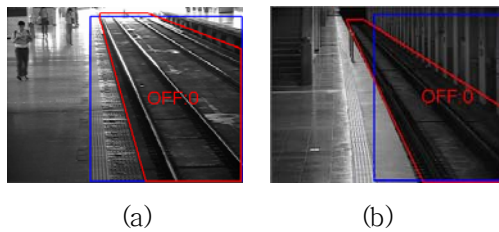


그림 5. 열차영역과 위험영역; (a) 혜화역, (b) 성내역

그림 6은 열차 감지 알고리즘의 결과를 보여준다. 갑작스런 빛의 변화에 의한 영향을 줄이기 위해 열차 상태는 연속적으로 다섯 프레임에 걸쳐 변화가 일어날 때 실제 상태 전이가 일어남으로 판단한다.



그림 6. 열차 상태판별 결과; (a) OFF 모드, (b) IN 모드, (c) ON 모드, (d) OUT 모드

그림 7은 물체 감지를 위한 양안차 예측 결과를 보여준다. 정확한 물체 감지를 위해서 정밀한 양안차가 필요하며, 향후 다양한 감지환경 및 실험 대상을 통해 이를 개선할 계획이다.

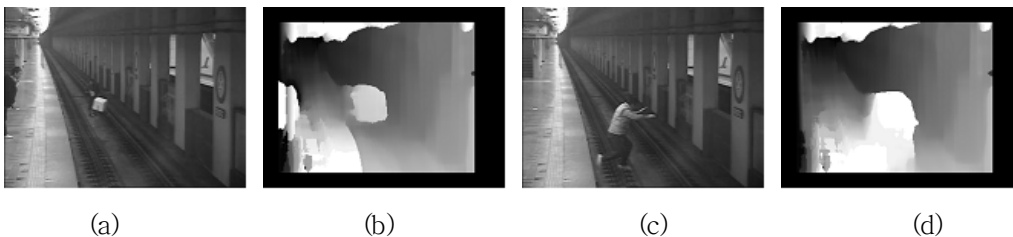


그림 7 양안차 예측 결과; (a) 박스 추락 원영상, (b) 박스추락 양안차 맵, (c) 사람추락 원영상, (d) 사람추락 양안차 맵

그림 8은 스테레오카메라와 열상카메라를 이용한 사람 감지 결과를 보여준다. 기존의 감지시스템에서는 위험영역에 물체가 침범하면 2차원 영역 기반으로 비교를 수행하나, 2차원 투영에 의하여 침범하지 않은 경우도 침범으로 인식하게 된다. 예를 들어, 아래 그림 8(a)의 경우, 플랫폼 위에 있는 사람은 그림 5(b)에서 설정한 위험영역을 침범하였지만, 실제 추락하지 않은 경우다. 양안차 예측과 마찬가지로 정확한 거리 측정을 위해 지속적인 실험을 수행할 계획이다.

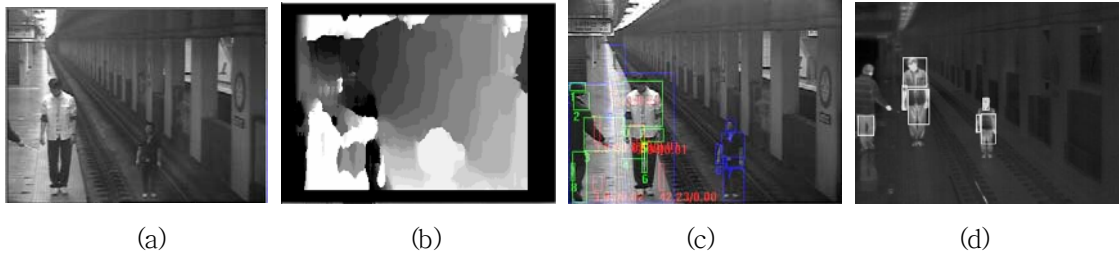


그림 8. 물체감지 결과; (a) 원영상, (b) 양안차 결과, (c) 물체와의 거리 예측결과, (d) 열상카메라 감지결과

## 5. 결론 및 향후 연구

본 논문은 다양한 철도 승강장 환경으로 인한 감지 오류를 최소화하기 위해 스테레오 및 열상 카메라를 이용한 감지 알고리즘을 개발한다. 특히, 기존의 2차원 감지시스템의 감지 한계를 극복하기 위해 스테레오비전을 이용한 깊이기반 감지 알고리즘을 제안한다.

실제 지하철 역사를 대상으로한 실험을 통해 제안된 알고리즘의 성능을 보였다. 향후 현장 설치실험을 통해 지속적인 알고리즘 수정 및 보완을 수행할 계획이다. 제안된 감지 알고리즘은 미래 철도환경에서의 승객 안전을 위한 지능적인 모니터링 시스템의 실현을 위해 기여할 것으로 기대한다.

## 6. Reference

1. Sehchan Oh, Sunghyuk Park, Changmu Lee, "Vision Based Platform Monitoring System for Railway Station Safety", ITST (International Conference on ITS Telecommunications), France, June, 2007.
2. Sehchan Oh, Sunghyuk Park, Changmu Lee, "A Platform Surveillance Monitoring System using Image Processing for Passenger Safety in Railway Station", ICCAS(International Conference on Control, Automation and System), Seoul, Korea, October, 2007.
3. Y.Sasaki, N.Hiura. "Development of Image Processing Type Fallen Passenger Detecting System," JR-EAST Technical Review Special Edition Paper, No. 2, pp.66-72, 2003.
4. I.Yoda, K.Sakaue. "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, 2004.
5. J. Vhunquez, M. Mao, "Detection of moving objects in railway using vision," IEEE Intelligent Vehicles Symposium University of Parma, Parma, Italy Jun. 1447, 2004.