철도 승강장 승객 안전을 위한 영상처리식 모니터링시스템 개발

Development of Vision based Passenger Monitoring System for Passenger's Safety in Railway Station

오세찬* 박성혁* 이한민* 김길동* 이장무*
Oh, Sehchan Park, Sunghyuk Lee, Hanmin Kim, Gildong Lee, Changmu

ABSTRACT

In this paper, we propose a vision based passenger monitoring system for passenger's safety in railway station. Since 2005, Korea Railroad Research Institute (KRRI) has developed a vision based monitoring system, funded by Korean government, for passenger's safety in railway station. The proposed system uses various types of sensors, such as, stereo camera, thermal-camera and infrared sensor, in order to detects danger situations in platform area. Especially, detection process of the system exploits the stereo vision algorithm to improve detection accuracy.
The paper describes the overall system configuration and proposed detection algorithm, and then verifies the system performance with extensive experimental results in a real station environment.

1. Introduction

철도는 편리하고 안전한 대중교통수단이지만 승강장에서의 승객의 선로추락, 문틈 끼임과 같은 안전사고는 매년 발생되고 있다. 이러한 사고의 방지를 위해 다양한 승객 안전장치들이 개발되어 사용되고 있다. 국외의 경우 승강장 승객안전시스템을 크게 Closed System과 Open System으로 분류하여 정의하고 있다. Closed System의 대표적인 예로는 스크린도어가 있으며, Open System은 물체 검지시스템(ODS, Object Detection System)을 들 수 있다. 유럽의 운영기관의 경우 자신의 운영환경에 적합한 승강장 안전시스템을 채택하여 운영하고 있다. 예를 들어 독일의 뉴른베르그 메트로의 경우 승강장 곡선구간이 심하여 스크린도어 설치를 포기하고 레이더 기반의 물체 검지시스템을 채택하였으며, 덴마크 코펜하겐 메트로의 경우 지하 역사는 스크린도어를, 지상 역사의 경우 적외선 센서기반의 물체검지시스템을 설치하여 운영하고 있다.

* 책임저자 : 한국철도기술연구원, 차세대전동차연구단, 정회원

따라서 다양한 철도 운영환경에 대응이 가능하도록 다양한 승강장 안전시스템의 개발이 필요하다.

본 논문은 승강장 승객 안전성 향상을 위해 영상처리 기반의 승객 모니터링시스템을 제안한다. 일반적인 물체 검지시스템의 경우 단순한 검지센서의 사용으로 인해 지능적인 물체 검출이 불가능하다는 단점이 있다.

제안된 영상처리 기반의 승객모니터링 시스템은 승강장 위험상황을 영상처리 기술을 이용하여 자동으로 검지하고, 검지된 영상과 경보 메시지를 종합관제실, 역무실 및 진입열차 등 사전에 정의한 운영자에게 실시간으로 전송하는 승강장 승객 안전시스템이다.

한국철도기술연구원은 2005년부터 국가 연구개발 사업으로 영상처리 기반의 승객모니터링 시스템을 개발하고 있다. 당해 연도는 시스템 제작 및 구성품 테스트 단계로 전체적인 시스템의 구성과 제안된 시스템은 승강장 위험상황의 검출을 위해 스테레오카메라, 열상카메라 및 적외선 센서와 같은 다양한 타입의 센서를 사용한다.

특히, 검출의 정확성 향상을 위해서 본 시스템은 스테레오비전 알고리즘을 적용한다. 스테레오비전 알고리즘은 스테레오카메라로부터 획득된 좌우영상을 이용하여 양안차(disparity)를 계산하고, 계산된 양안차를 바탕으로 카메라로부터 물체까지의 거리(depth z)를 얻는다. 따라서 기존 2차원 검지에서 사용하는 2차원의 (x, y)좌표대신 (x,y,z)의 3차원 좌표를 기반으로 물체를 검출하기 때문에 더욱 정확한 물체 검출이 가능하다.

본 논문은 전체적인 시스템 구성과 제안된 검출 알고리즘에 대해서 기술하며, 실제 역사 환경에서의 다양한 실험을 통해 제안된 시스템의 성능을 입증하였다.

2. System Overview

그림 1은 영상처리식 모니터링시스템 컨셉을 보여준다. 영상처리식 모니터링시스템은 영상처리기술을 이용하여 승강장에서의 다양한 사고를 자동으로 검지하고 위험레벨을 분석하며 사전에 정의된 운영자들에게 즉각적으로 경보와 함께 사고영상을 제공하는 시스템이다.

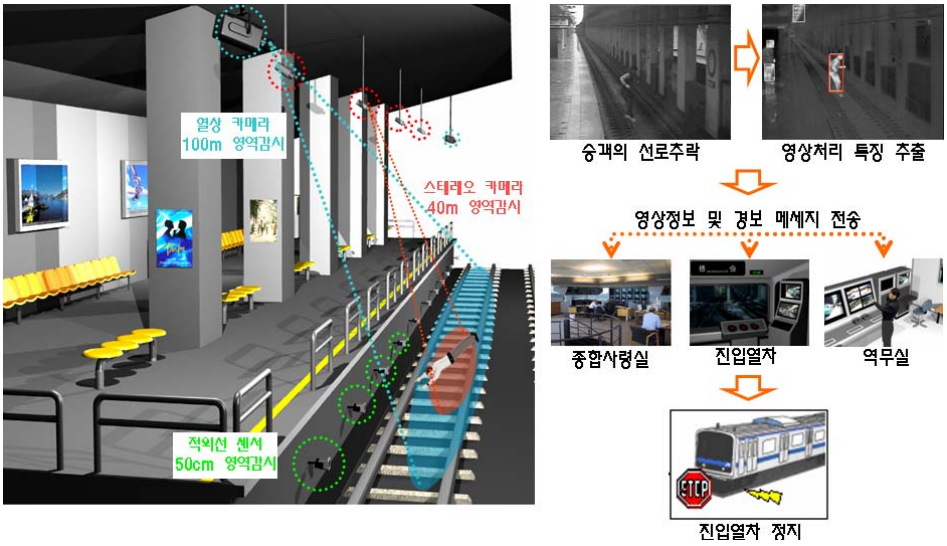


그림 1. 영상처리식 모니터링시스템 개요

제안된 시스템은 다양한 승강장 안전사고의 검지를 위해서 다수의 스테레오 카메라, 열

상카메라, 적외선 센서들을 이용한다. 승강장 전체 영역을 모니터링 위한 검지센서의 구성 방법은 그림 2에 제시하였다. 한대의 열상카메라와 스테레오 카메라는 각각 최대 100m, 40m의 검지영역을 가지며, 적외선 센서의 경우 최대 50cm의 검지영역을 가진다.

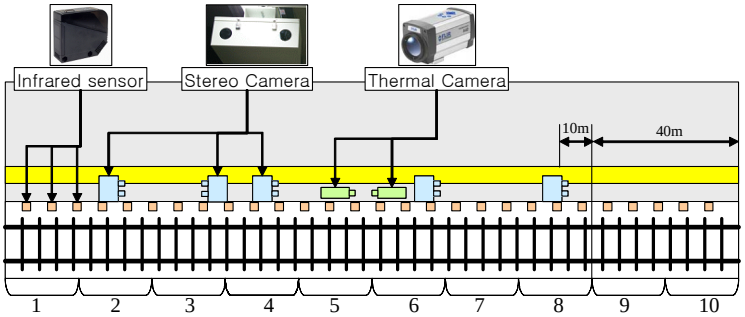


그림 2. 검지카메라와 검지센서의 구성

3. 사고 분석 알고리즘

제안된 사고 분석 알고리즘은 크게 센서레벨 분석과 통합레벨 분석으로 구분된다. 센서레벨에서는 각각의 검지카메라와 검지센서의 결과만으로 분석이 이루어진다. 예를 들어, 열상카메라는 철도 승강장 환경에서 발생하는 다양한 빛의 조건에 크게 영향을 받지 않는 장점을 가지며, 사람과 같이 특정 온도를 가지는 물체의 검출에 용이하다. 적외센 선서의 경우, 정확한 물체 추락 여부와 추락 물체의 위치의 검출이 가능하며, 스테레오카메라의 경우 추락 물체의 크기 및 정확한 추락 물체여부의 판단이 가능하다.

그림 3은 스테레오 카메라를 이용하여 열차의 상태를 판별하는 방법을 보여준다. 스테레오카메라를 이용하여 승강장에서 열차의 출발(OUT), 도착(IN), 정차(ON) 등의 상태 판별을 안정적으로 수행이 가능하다.

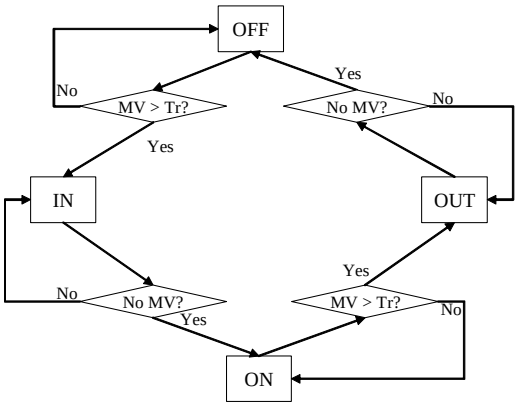


그림 3. 승강장 열차상태와 상태전이

또한 스테레오카메라를 이용하여 보다 정확한 물체 검출이 가능하다. 스테레오카메라는 좌우 영상의 차이(양안차)를 기반으로하여 카메라로부터 물체까지의 거리 검출이 가능하다. 따라서 기존의 2차원적인 물체 검지기술의 한계를 극복하여 정확한 물체검출이 가능하다.

그림 4는 스테레오비전을 이용한 물체거리 검출 방법을 보여준다. 그림에서 물체까지의 거리는 다음과 같이 계산이 가능하다.

$$Z = b(f/d)$$

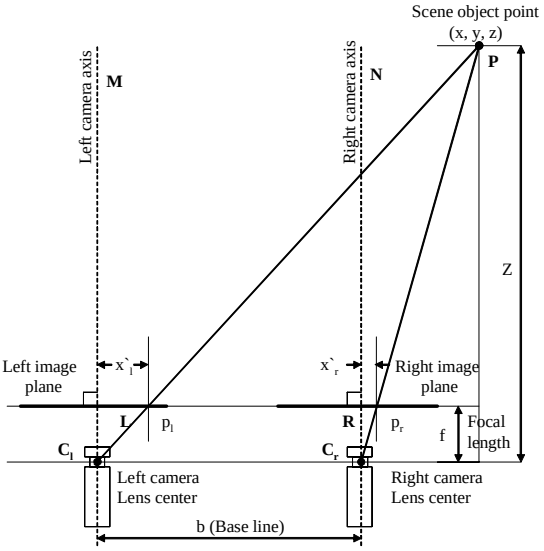


그림 4. 스테레오 카메라를 이용한 물체거리 판별

통합레벨에서는 각각의 센서레벨에서 얻어진 결과를 바탕으로 종합적인 사고상황의 판별이 이루어진다. 예를들어, 각각의 센서레벨에서 얻어진 검지결과는 네트워크 망을 통하여 이벤트 Queue의 Stack에 저장이 된다. 시스템은 매번 사고 이벤트가 발생될 때마다 유효한지를 체크하며, 사고 종류에 따라서 발생된 이벤트를 분류한다. 그리고 history DB를 조사하여 이전에 이와 유사한 사고 상황이 있었는지 분석하며, 이를 바탕으로 최종적으로 발생된 이벤트의 위험 정도를 분석하게 된다. 결과를 출력한 후에 현재 사고 이벤트를 다시 history DB에 기록한다.

이전의 사고 상황 분석을 더욱 빠르고 효율적으로 수행하기 위해 제안된 시스템은 신경망 알고리즘을 이용하여 수행한다. 일반적으로 신경망 알고리즘은 입력 계층, 은닉 계층 그리고 출력 계층으로 분류된다. 신경망 회로의 구성은 그림 5에 제시되어 있다. 각각의 계층은 임의의 개수로 정의되는 노드를 가진다. 은닉 계층의 노드를 특별히 뉴런이라 일컫는다. 은닉 계층은 흔히 학습이라 일컫는 작업을 통해 구체화된다.

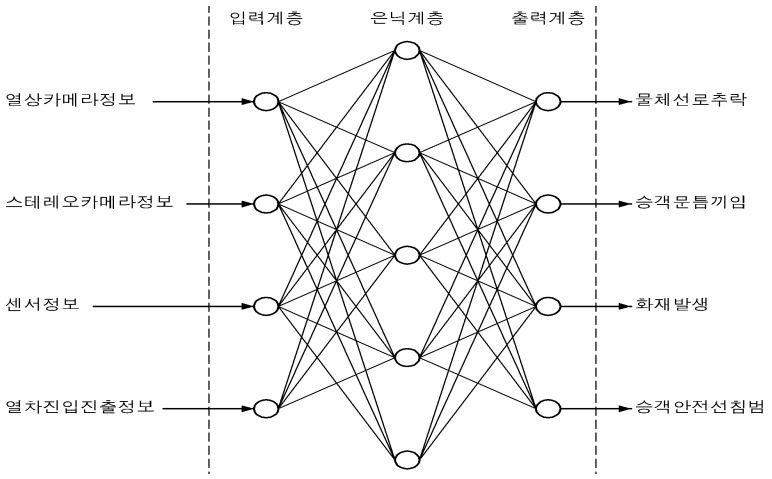
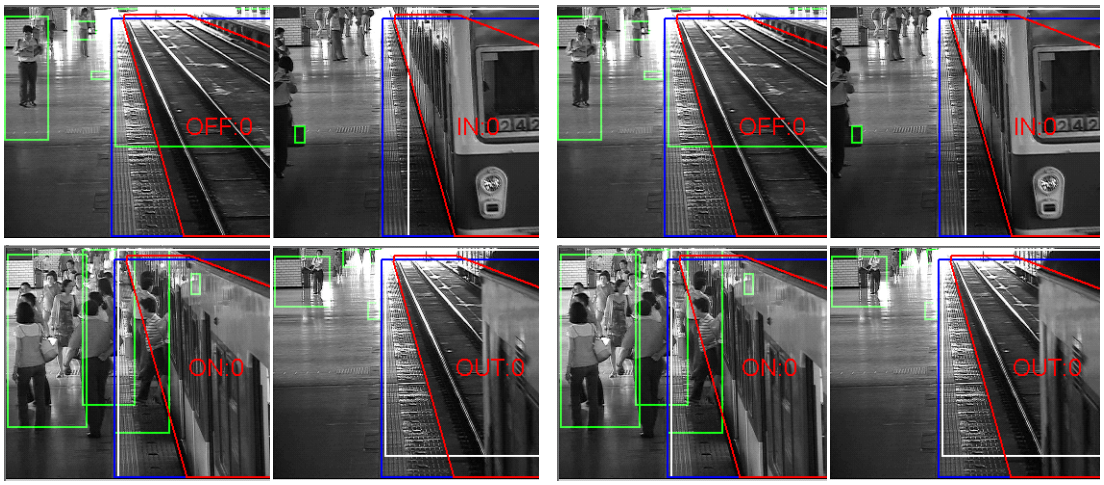


그림 5. 신경망 회로 훈련 구성도

4. 실험결과

2006년부터 서울메트로 지상역사인 2호선 성내역과 지하역사인 4호선 혜화역을 대상으로 검지실험을 수행하였다.

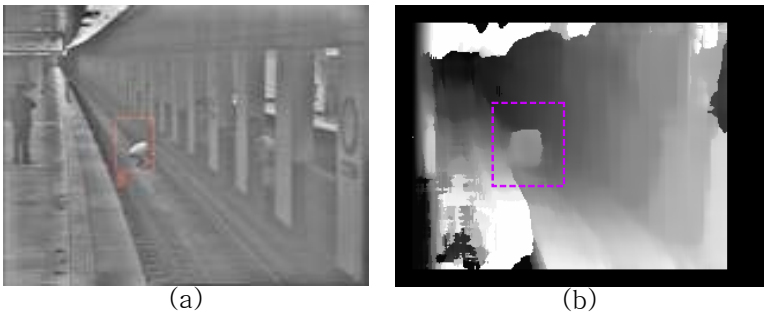
그림 6에서는 열차상태 검지 수행결과를 보여준다. 본 실험을 통해 제안된 열차상태 검지 알고리즘이 안정적으로 동작함을 확인하였다.



(a) (b)

그림 6. 열차상태 검지결과, (a) 성내역, (b) 혜화역

그림 7에서는 스테레오카메라를 이용한 좌우영상의 스테레오매칭(stereo matching) 결과를 보여주며, 이를 바탕으로 카메라로부터 물체까지의 거리를 검출할 수 있다.



(a) (b)

그림 7. 스테레오 매칭결과 (a) 원영상, (b)양안차 맵

그림 8에서는 거리별 물체 거리 측정 영상 결과를 보여준다.

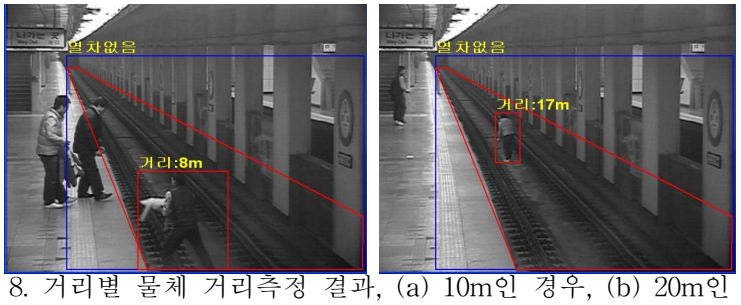


그림 8. 거리별 물체 거리측정 결과, (a) 10m인 경우, (b) 20m인 경우

정확한 물체 거리를 위해서는 정확한 양안차 계산이 필요하므로, 향후 지속적인 실험을

통해 이를 보완할 필요가 있다.

그림 9는 스테레오카메라 및 열상카메라를 이용한 물체검지 결과를 보여준다. 그림 9(b)는 배경분리 결과를 보여주며, 그림9(c)는 양안차 맵, 그림9(d)는 열상카메라를 이용한 물체검지 결과를 보여준다. 그림에서와 같이, 열상카메라의 경우 열 정보를 이용하여 사람과 같은 체온이 있는 생물의 검지에 효과적임을 알 수 있다.

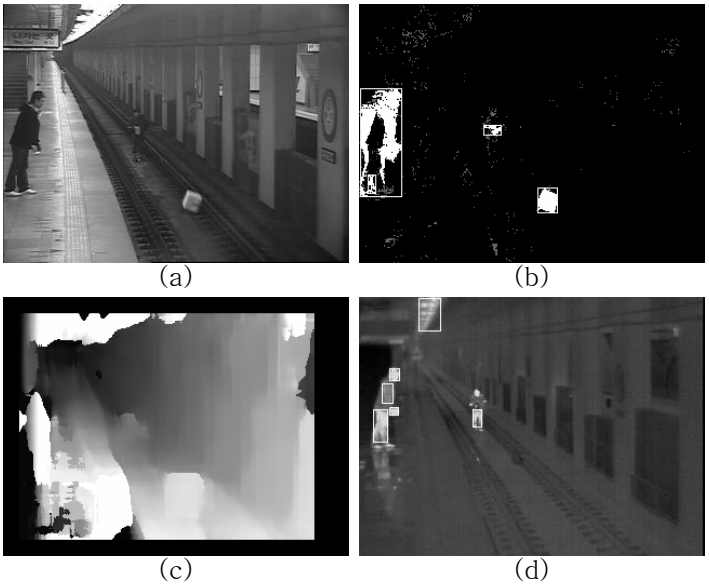


그림 9. 물체검지 결과, (a) 원영상, (b) 배경분리영상,
(c)양안차 맵, (d) 열상카메라 검지결과

5. 결론

본 논문은 승강장 승객 안전성 향상을 위해 영상처리 기반의 승객 모니터링시스템을 제안한다. 제안된 영상처리 기반의 승객모니터링 시스템은 승강장 위험상황을 영상처리 기술을 이용하여 자동으로 검지하고, 검지된 영상과 경보 메시지를 종합관제실, 역무실 및 진입열차 등 사전에 정의한 운영자에게 실시간으로 전송하는 승강장 승객 안전시스템이다. 특히, 검출의 정확성 향상을 위해서 본 시스템은 스테레오비전 알고리즘을 적용하였다. 본 논문은 전체적인 시스템 구성과 제안된 검출 알고리즘에 대해서 기술하였으며, 실제 역사 환경에서의 다양한 실험을 통해 제안된 시스템의 성능을 입증하였다.

6. 참고문헌

1. 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.
2. 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.
3. I.Yoda, “Image processing technology for advanced safety to people in railroad transportation - For railroad crossing and station platform”. IPSJ magazine, vol. 48, no. 1, Jan. 2007.