

스테레오비전기반 승강장 모니터링시스템

Stereo Vision based Platform Monitoring System

오세찬* 김길동* 박성혁* 이한민*
Oh, Seh-Chan Kim, Gil-Dong Park, Sung-Hyuk Lee Hanmin

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. Recently, advancements in IT have enabled applying vision sensors to railway environments, such as CCTV and various camera sensors. In this paper we propose a stereo vision based platform monitoring system which automatically determines in real-time whether human or object is in preset monitoring area or not. The system uses stereo image processing technique employed in ITS technology to improve detection rate. This paper introduces system overview, configuration and detection process of the system. According to the results, we expect the proposed system requirements will play a key role for establishing highly intelligent monitoring system in railway.

1. 서론

철도에서 승객의 안전은 무엇보다 중요한 사항이다. 그러나 매년 수십 명의 승객들이 승강장 추락사고로 인해 숨지고 있으며, 이는 철도분야에서 해결해야 할 가장 시급한 문제로 떠오르고 있다. 최근, IT 기술의 발전과 함께 철도환경에서 CCTV나 여러 타입의 비전 센서를 이용한 응용시스템이 시도되고 있다. 현재 지하철 CCTV는 열차운전의 확인 및 승객의 이동, 승하차 감시등을 감시할 목적으로 각 역의 승강장 또는 승객 밀집지역에 설치하여 운영되고 있으며, 차량 및 선로상태를 비롯한 철도 인프라의 유지보수 목적으로 다양한 형태의 카메라 센서가 사용되고 있다. CCTV가 단순히 수동적으로 영상정보를 기관사나 사령실에 전송하는데 반하여 최근, 화상처리식 감지 기술을 기반으로 카메라를 이용하여 사람이나 기타 장애물의 위치 및 동작을 지능적으로 판단하여 위험 상태를 알려주는 다양한 형태의 시도가 이루어지고 있다[1-3].

본 논문은 지하철 역사내 승객의 안전을 위해서 스테레오비전 기반의 승강장 모니터링 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 승강장 선로에 낙하한 물체 및 승객 및 역사 화재발생을 자동으로 감지하여 역무실 및 진입 열차, 통합사령실로 사고정보를 제공하는 승강장 안전시스템이다.

* 책임저자 : 한국철도기술연구원, 도시철도기술사업단, 정희원

2. 화상처리식 검지시스템 적용성 검토결과

현재 연구중이거나 적용하고 있는 비상정지버튼, 스크린도어 및 화상처리식 검지시스템 등에 대하여 비교 검토하였다.

2.1 비상정지버튼

승강장에서 비상상황 발생시 역무원이나 승객이 승강장에 설치되어 있는 비상정지버튼을 누르면, 열차의 정지신호가 발생하여 열차를 정지시키고, 비상경보부저가 울린다. 비상상황이 종료되면 다시 복귀버튼을 누르면 정상상태로 복귀한다. 비상정지버튼은 승강장에 20m 간격으로 설치되어 있어 비상상황을 발견한 승객이나 역무원이 누를수 있도록 구성하고 있다. 이 시스템은 현재 범계역 및 부평역에 설치 운영되고 있다.

이 시스템은 설치 비용이 비교적 저렴하고, 시스템이 단순하여 운영 및 유지관리가 용이하다. 그러나, 비상상황을 자동으로 인지하지 못하고, 승객이나 역무원이 비상버튼을 눌러야 하며, 운영자가 육안 확인후에 대처하므로 효과적인 비상대응이 어렵다.

2.2 적외선 검지시스템

승강장의 안전선 옆에 55m 간격으로 높이 1m가량의 철제 기둥 모양의 적외선 감지기를 설치하고, 승객이 안전선 밖으로 나오면 역무실에 신호를 보낸다. 신호를 받은 역무실에서는 CC(폐쇄회로)TV로 승강장 주변을 살펴 승객이 지하철 선로에 떨어졌을 경우 즉시 구조에 나설 수 있도록 하였다. 또한, 역사 진입 전 150m와 250m 지점에 붉은색 경고등을 설치하여 자동으로 켜져 지하철역으로 접근하는 열차 운전사가 지하철을 서행 또는 정지시킬 수 있도록 하였다.

그러나, 안전선에 침범하는 승객들에 대해 자동으로 감지하여 상황별 위험도를 판단하지 않고 무작정 경고 메시지를 역무실로 전송하기 때문에, 호기심과 장난 등으로 승객들이 수시로 드나들 경우 일일이 확인해야 하는 역무원은 그 업무를 다하지 못할 수 있어 별도의 확인 인력이 필요할 수 있다. 또한 터널내에 설치한 붉은색 경고등은 열차의 운행을 지연시킬 수도 있다.

2.3 스크린도어

승강장에 스크린도어를 설치하여 차량이 도착한 경우에만 스크린도어를 개방함으로써 승객이 위험상황에 노출되는 것을 사전에 차단하는 시스템이다. 이때 스크린도어는 차량의 문에 대한 개폐를 감지하여 자동으로 개폐되도록 한다.

물체의 승강장 선로에 추락을 사전에 차단하여 전동차와의 접촉을 방지할 수 있도록 하며, 방음,방풍 등으로 승객 편의성 향상시키고, 열차 화재시 방연기능을 가능하게 한다. 따라서 향후 열차의 무인운전도 가능할 수 있도록 지원할 수 있다.

그러나, 초기 설치비가 높고(서울지하철 평균 약 23억/승강장), 열차 정위치 미준수시 문이 열리지 못해 승객불편 가중될 수 있으며, 먼지 등 오염물질의 유입으로 도어개폐에 대한 고장시 열차 운행이 장시간 중단될 수 있다. 또한, 곡선승강장일 경우 열차와 스크린도어와의 틈새가 넓어져 승객 안전에 오히려 불리할 수 있으며, 열차와 스크린도어 사이에 승객의 끼임 등 비상상황 발생시 신속한 비상상황에 대한 검지 및 확인시설을 별도로 설치하여야 하고, 기관사, 통합사령실과 역무실, 승객에게 비상상황에 대한 정보제공시설이 없어 신속히

대응하기가 어려울 수 있다.

2.4 화상처리식 검지시스템

화상처리식 검지시스템은 승강장의 선로 낙하물, 안전선준수, 보안구역 및 화재상황 등을 화상처리식 검지시스템을 통하여 자동으로 검지하고, 검지된 정보는 위험도를 분류하여 역무실, 통합사령실 및 열차로 자동으로 화상 및 메시지 전송하는 시스템이다.

즉, 승객이 위험상황에 노출된 상황을 자동으로 검지하고 그 위험도를 판단하여, 차량이 진입하기 전에 역무원과 차량 운전사, 통합사령실에서 위험상황을 육안 확인하면서 응급대처를 할 수 있도록 하는 시스템이다.

표 1은 스테레오비전기반의 화상처리식 검지시스템과 스크린도어와의 비교 검토한 결과이다. 화상처리식 검지시스템은 열차에 근접하여 선로에 낙하한 물체에 대하여는 사전 차단이 곤란하다. 그러나, 선로 및 승강장내 비상상황을 자동으로 인식하여 역무실, 통합사령실 및 열차 기관사에게 위험메세지 및 화상정보를 제공함으로써 열차가 승강장에 진입하기 이전에 비상상황에 대한 신속한 대응을 할 수 있도록 한다. 또한, 화상처리식 검지시스템은 설치 장소에 구애받지 않고 설치공사비가 상대적으로 저렴(스크린도어의 약 1/10배)하며, 설치공사시에 열차의 운전을 방해하지 않고 공사기간이 비교적 짧아 승객의 불편이 최소화 될 수 있다.

표 1. 스테레오 카메라를 이용한 승강장 선로 모니터링 시스템

항 목	화상처리식 검지시스템	스크린도어(PSD)
설치비	▪약 4~5억원/역	▪약 20~30억원/역
유지비	▪약 0.4~0.5억원/년	▪약 2~3억원/년
장 점	<ul style="list-style-type: none"> ▪초기 설치비 저렴 ▪승강장형태 관계없이 설치 가능 ▪위험 감지시 신속한 통신체계로 응급조치 ▪승객 환경 편의성 저하 없음 ▪PSD의 문틈 끼임 등을 사전에 검출 가능 ▪공사기간 짧고 승객불편 최소화 가능 ▪무인운전시 PSD와 연동으로 안전성 향상 	<ul style="list-style-type: none"> ▪승객 추락 및 전동차 접촉 사전 차단으로 인명 사고 사전 차단 ▪열차 무인운전 및 역무인력 절감 가능 ▪승객 유동성 향상/고속통과 가능 ▪열차 진입시 방풍/방음/방진으로 쾌적성 향상 ▪열차 화재시 방연효과 ▪지하승강장 역 환기탑 및 기계실 축소 가능
단 점	<ul style="list-style-type: none"> ▪열차 바로 앞에서의 추락 사전 차단 곤란 	<ul style="list-style-type: none"> ▪초기 설치비가 높음 ▪공사기간 길어 승객 불편 가중 ▪열차 정위치 준수 못할시 승객 불편 가중 ▪지상승강장 주변 경관 차단으로 승객 편의 저하 ▪고장시 열차 운행 지연
결 과	<ul style="list-style-type: none"> ▪승강장 추락사고중 자살사고는 약 30%(교통안전연차보고서, 건설교통부,2005.)로, 나머지 70%의 추락사고는 사전 방지가 가능 ▪무인자동화 경전철시스템에서 역무원이 있는 지상승강장은 검지시스템 도입 운영(덴마크 코펜하겐 메트로(22개 정거장, 3~4량편성), 영국 DLR(34개 역, 4량편성)) ▪향후 차세대전동차 무인운전시 PSD와의 연동운영으로 승객 안전성을 향상을 위해 필요 	

이러한 이유로 최근 덴마크 코펜하겐 메트로 및 독일의 뉴렘베르그 메트로에서는 스크린도어와 함께 지상 및 지하 일부 승강장에 장애물 검지시스템을 개발하여 적용하고 있다 [4][5]. 하지만 이들 시스템은 간단한 적외선, 레이저 센서를 이용하여 지능적으로 검지가 불가능하다. 따라서 지능적인 화상처리식 검지시스템을 개발 적용함으로써 스크린도어와 더불어 승강장 안전성을 향상 시킬수 있을 것으로 검토되었다.

3. 스테레오비전 기반 승강장 모니터링시스템

3.1 시스템 구성

제안된 스테레오 비전 기반의 승강장 검지시스템은 그림 3과 같다. 검지의 정확성을 위하여 여러 대의 스테레오 카메라가 일정한 간격으로 전체 선로 영역을 모니터링 하도록 구성한다. 각각의 스테레오 카메라는 미리 정해진 선로영역을 감시한다. 만약 어떤 물체가 정해진 영역에 낙하되면 지능적으로 승객인지 사물인지 구분하여 이를 역무실 및 진입 열차, 통합사령실로 전송하여 신속한 사고대처가 가능하도록 한다.

검지 영역은 그림과 같이 3차원의 공간으로 설정이 가능하다. 얻어진 물체 영상도 3차원 좌표로 표현이 가능하기 때문에 3차원 모니터링 영역 내에 존재여부를 확인 가능하다. 일반 모노카메라를 사용한다면 이러한 모니터링 영역의 설정이 불가능하여 검지성능이 저하될 수 있다. 예를 들어, 그림과 같이 카메라 가까이 새 또는 다른 곤충들이 날아갈 경우 깊이 정보를 모르기 때문에 단지 물체로 확인된 픽셀만으로는 선로에 떨어진 사람으로 오동작을 일으킬 가능성이 높다.

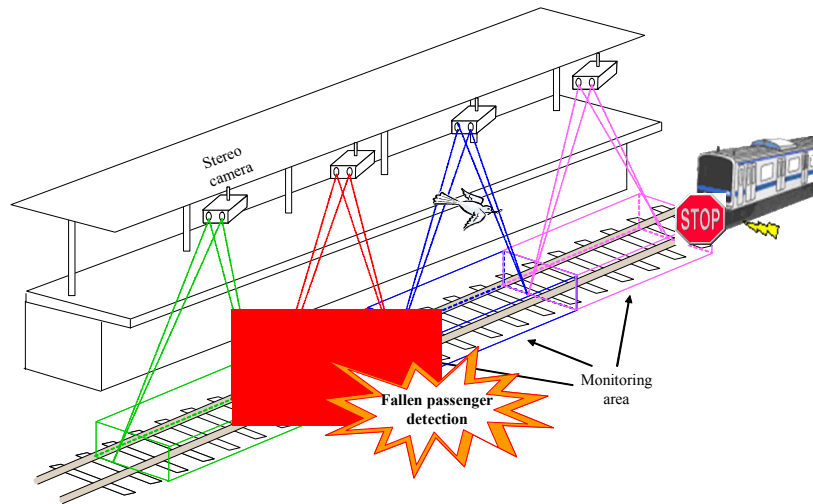


그림 3. 스테레오 카메라를 이용한 승강장 선로 모니터링 시스템

사람이 선로에 추락한 경우 신속하게 사령실 및 운행중인 차량 운전자에게 알릴 수 있는 통신체계를 구축해야 한다. 이를 위해서는 기존의 신호체계와 유기적으로 연동하도록 구축한다. 검지의 정확성을 높이는 또 다른 방법은 여러 종류의 센서를 이용하여 하나의 센서가 가지는 단점을 보완하는 것이다. 예를 들어, 스테레오 카메라가 양안차를 얻는 시간 복잡도를 줄이기 위해서 초음파 센서를 부착하여 대략적인 깊이정보를 얻은 후에 이를 바탕으로 양안차 탐색영역을 축소 정의 가능하다.

그림 4에서와 같이 제안된 승강장 모니터링 시스템은 크게 정보수집부, 정보처리부, 정보제공부로 나뉜다.

정보수집부는 검지센서인 카메라로부터 정확한 검지에 필요한 해상도의 영상을 획득하여 스테레오 영상처리를 통해 선로낙하 물체 유무를 판별한다. 선로 낙하물체가 있을 경우 물체에 대한 3차원 영상정보를 정보처리부에 전송한다.

정보처리부는 여러 스테레오 카메라로부터 얻어진 낙하물체 정보를 수신하여 선로 낙하물체가 승객 혹은 동물, 쓰레기 등을 스테레오 영상 처리 알고리즘을 이용하여 판별하게 된다. 또한, 스크린 도어를 비롯하여 전동차 문틈에 승객이 끼어 있는지에 대한 판별을 함께 수행한다. 판별 결과에 따라 위험도를 분석하여 위험 메시지와 영상정보를 정보제공부

에 전송하고, 전동차 ATC와 연계하여 사고 구간내 진입열차 정지 신호를 발생시킨다.

정보제공부는 정보처리부로부터 수신한 위험 상황 메시지와 영상정보를 각각 유무선 통신서버를 통하여 승강장 근무요원과 진입 열차내 기관사, 역무실 승무원, 종합사령실에 전송하여 신속한 사고대처가 가능하도록 한다. 따라서 위험메시지 및 영상정보는 전동차를 안전하게 정지시킬 수 있도록 충분히 신속하고 정확하게 제공하여야 한다.

그림 5는 진입열차 정지를 위해서 전동차 ATC 신호와의 연계방법을 보여준다. 정보처리부의 유선통신서버에서 SDU(Signal Distributer Unit)을 통해서 각 역사의 기기실에 설치되어 있는 ATC 송수신부와 연계를 수행한다. 이때, 전송 에러에 대한 신뢰성을 높이기 위해 유선통신서버와 함께 무선통신서버를 통해서도 ATC 송수신부와 인터페이스가 가능하도록 구성되어야 한다.

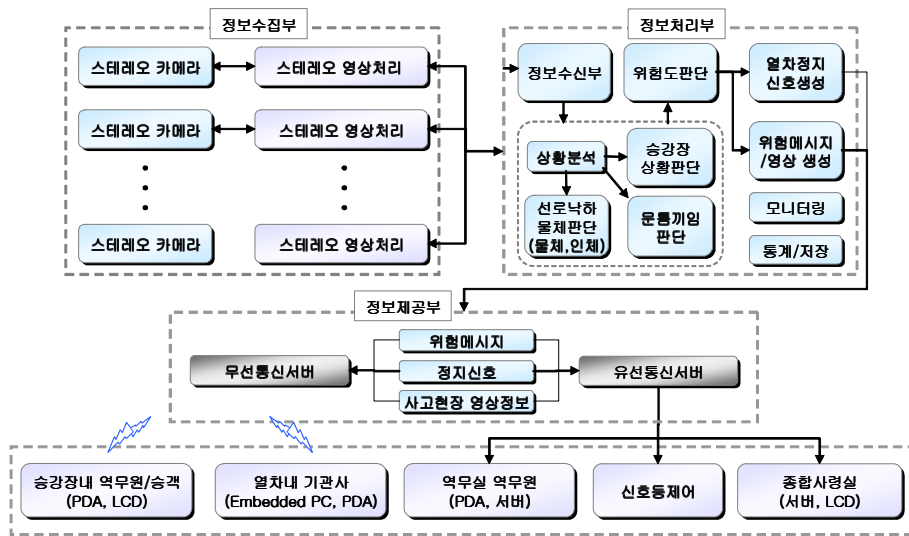


그림 4. 승강장 모니터링 시스템 블록 다이어그램

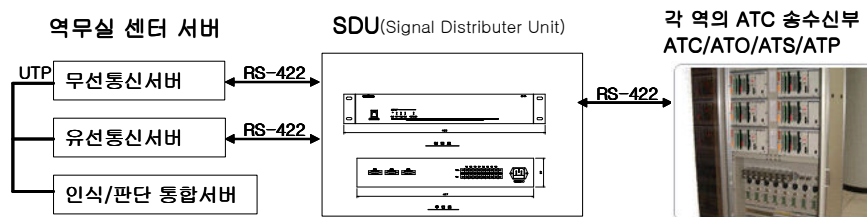


그림 5. 차량 ATC 신호연계 방안

3.3 Detection Process

제안된 승강장 모니터링 시스템은 승객이나 물건 등의 선로 낙하물 항목과 승강장 화재를 비롯한 승객 승하차 사고, 안전선 및 보호구역의 침범과 같은 승강장 안전관리 항목으로 구분하여 검지를 수행한다.

그림 6은 이러한 검지과정을 보여준다. 선로내에 승객이 추락한 경우 비상상황이 종료될 때까지 역무원과 사령실, 진입열차에 사고현장에 대한 영상정보와 위험 메시지를 전송하고, 진입열차 ATC 신호장치와 연계하여 사고구간 선로를 폐색구간으로 인식하도록 한다. 만약 선로 추락물체가 승객이 아닌 경우는 위험도 판단결과에 따라 열차 운행에 지장을 줄 수 있

는 경우 선로내에 안전 점검을 수행하며, 필요에 따라 현장영상 정보의 전송 및 진입열차를 통제 한다.

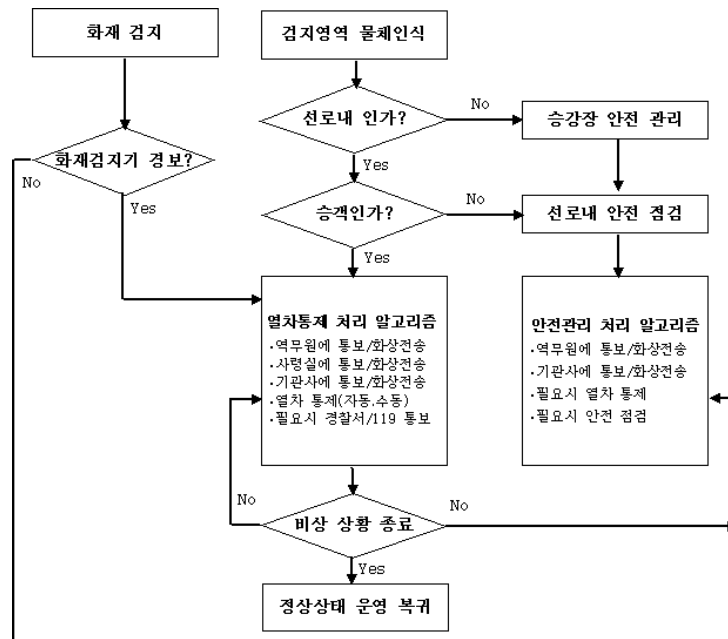


그림 6. 검지 흐름도

4. 결론 및 향후 연구

본 논문은 지하철 역사내 승객의 안전을 위해서 지능적인 스테레오 비전기반의 승강장 선로 모니터링 시스템의 구축을 위한 구성방안 및 낙하물체 검지과정, 통신방안에 대해 고찰하였다. 본 논문에서 고찰한 시스템 구성방안 및 역사 적용방안은 실제 카메라를 이용한 역사 선로 승객 추락 및 화재 모니터링 시스템의 구축에 활용가능하며 향후 점차 구체화 시킬 예정이다. 또한, 사고현장의 신속한 대처를 위해 승강장 근무요원, 진입 열차, 역무실 승무원, 종합사령실로 구성되어 있는 이질적인 수신단을 위한 효율적인 전송 시스템 구축에 관한 연구를 함께 진행중에 있다.

5. Reference

1. I.Yoda, K.Sakaue (2004). "Ubiquitous Stereo Vision for Controlling Safety on Platforms in Railroad Station," IEEJ Trans. on Electronics, Information and Systems, Vol. 124, No. 3, March, pp.805-811.
2. 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.
3. I.Yoda, K.Sakaue (2003), "Concept of Ubiquitous Stereo Vision and Applications for Human Sensing," Proc. of IEEE International Symposium on CIRA. pp.1251-1257.
4. G.S. Frederiksen, The Automated Copenhagen Metro in the first year of operation-Experience and Outlook, 9th International Conference on Automated People Movers, Sept. 2003
5. BOStrab, German Federal Regulation for the Construction and Operation of Light Rail Transit Systems, Dec. 1987