

철도 승강장 추락사고 방지를 위한 Virtual 3D Curtain 시스템 개발 Development of Virtual 3D Curtain System for Railway Platform Falling Prevention

염병수*, 김완기**, 박민규†

Byeong-Soo Yum*, Wan-Ki Kim**, Min-Kyu Park†

Abstract Recently, It's stalled the number of railway safety accidents and passenger dead accidents. With many railway safety projects are undertaken, PSD(Platform Screen Door) was installed in stations. Because of PSD failures, it is threatens the passengers' safety and leads train delays and other accidents. So we need a new alternative that is ensure the passenger safety at platform, it's the Virtual 3D Curtain System installed on Multi-Beam LED Sensor Module. We are also sure to contribute to prevent the passenger fall accidents including elderly, disabled person and Drinking passengers.

Keywords : Railway Safety, Casualty Accident, Object Recognition, PSD, Railway Platform Safety

초 록 최근 철도안전사고 중 여객 및 공중 사상사고는 정체 상태이거나 오히려 증가 추세에 있고 이러한 사고 예방을 위해 설치된 PSD(Platform Screen Door)는 높은 예산 지출과 잦은 고장으로 열차 지연 및 사고발생으로 이어지는 등 승객 안전 확보를 위한 새로운 대책의 검토가 필요하다. 이에 본 연구는 승강장에서의 승객 안전성 확보를 위해 경로 이탈 및 추락사고를 자동 검지하여 관제와의 협력을 통해 사상사고를 예방하고 향후 테러 및 자연재해 사고 예방 등의 확장성을 고려하여 경제적이고 성능이 우수한 멀티빔 LED 센서 모듈을 활용한 Virtual 3D Curtain 시스템을 개발하는 데 목적이 있다.

주요어 : 철도안전, 사상사고, 객체인식, 스크린도어, 철도승강장 안전

1. 서 론

일반철도 및 지하철의 플랫폼에서 승객들이 선로에서 떨어지는 추락사고가 지속적으로 발생하고 있으며, 이에 지하철에는 PSD(Platform Screen Door)가 전면 설치되는 추세이지만 2014년 기준으로 전국 지하철 및 국철 등 821개 역사 중 564곳에 68.7%만이 설치되어 여전히 승객 추락사고 및 사망사고가 발생되고 있다. 한국철도공사가 운영중인 국철 구간의 경우는 12개 노선 228개 역사 가운데 30.2%인 69곳에만 PSD가 설치되어 플랫폼에서 승객의 추락사고 위험은 여전히 높은 상태이다[1].

정부에서는 PSD를 확대 설치 할 계획이지만 지하역사는 약 30억/역, 지상역사는 약 15억/역으로 투입 비용대비 효율성 측면에서 적지 않은 재정적 부담으로 작용하고 있다.

† 교신저자: 동양대학교 철도대학 철도경영학과(railroad@dyu.ac.kr)

* 한국철도공사 연구원

** (주)에이치브레인

최근 철도 사고현황 및 원인을 분석하면 장애인 및 음주자에 대한 승강장 추락사고가 빈번히 발생하고 있고, 최저가 입찰제 등의 제도적 문제점으로 안전 성능이 검증되지 않은 부적합 PSD가 도입되어 오히려 승객의 안전을 위협하는 경우가 많이 발생되는데, 2014년 기준 서울메트로(121개 역사)에서 PSD의 장애 및 고장 건수는 1개 역사 당 평균 178건에 달하는 것으로 조사되었다.

Table 1 PSD No. of the system failure and disorder (focus on 121 stations of SeoulMetro)

구분		년도별				비고
		2012년	2013년	2014년	2015년 (3월)	
장애	일평균	41.3	41.1	47.5	63.9	장애접수 건수
	계	15,056	3.36	6.39	9.59	
고장	일평균	6.8	6.6	7.8	8.9	고장정비 건수
	계	2,485	2,408	2,852	797	

이용 승객의 안전을 위해 국내외에서 승객의 승강장 추락을 자동 인식하여 사고 발생을 관제에 전달하는 시스템이 개발되고 있는데, 객체를 인식하는 방법으로 널리 사용되고 있는 기술은 영상검지 방식(2D방식 및 3D방식)과 레이저 및 적외선 검지 센서를 활용한 객체 인식이 개발되어 시범운영 중이나 국내 철도의 경우 플랫폼에서 승객 추락방지 및 모니터링을 위한 시스템의 현장 설치사례는 드물고, 스크린 도어를 확대 설치하고 있으나 일반철도에서는 설치율이 낮고 플랫폼 형태 및 특성 상 스크린 도어의 전면설치는 한계가 있다.

따라서 본 논문에서는 일반철도 및 지하철의 플랫폼에서 승객들의 추락사고를 사전에 예방하고 추락 시 신속한 검지 및 안전조치를 취할 수 있는 “철도 승객 플랫폼 추락예방을 위한 Virtual 3D Curtain 시스템 개발” 방안 제시하는데 목적이 있다.

2. 본 론

2.1 유사관련 연구 고찰

2.1.1 유사 연구

국내의 경우 한국철도기술연구원에서는 영상센서와 레이저센서를 이용한 승강장 내에서의 긴급 및 위급 상황에 대하여 신속하고 정확하게 상황을 인지하고 대처할 수 있도록 승강장의 위험 영역을 모니터링 하는 시스템에 관한 것으로 카메라를 이용하여 획득되는 영상 정보와 레이저센서를 이용한 위치정보를 이용하여 승강장내에서 열차 및 물체를 검지하여 물체의 추락 여부를 판별하는 시스템을 소개하였는데, 승강장의 길이가 300m~400m 내외의 길이에서 수많은 레이저 센서와 카메라를 설치해야 하기 때문에 경제적으로 많은 설치비용이 들어가며, 승객이 추락하기 전 안전선을 넘는 경우 검지하는 방식이 아니고 이미 승객이 추락하는 상황을 검지하는 방식으로 사전 예방 차원이 아닌 사후 처리에 효과가 있는 것으로 분석된다[2].




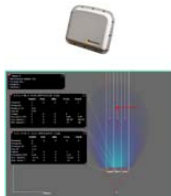
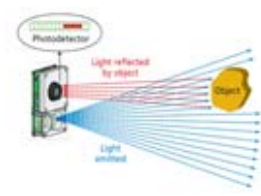
또한 일본에서는 레이더 기술과 광학화상센서를 통합한 철도안전감시기술에 관한 연구를

발표하였는데, 일본 철도기술연구원과 전기통신대학은 공동연구로 2009년부터 3년간 초분해 가능(超分解能) 레이더 기술과 광학화상센서를 통합한 철도안전감시기술에 관한 연구를 진행하고 있으며, 플랫폼 추락사고 등 안전한 열차운행을 보장하기 위해 선로내의 장애물을 사전에 검지하고, 장애물과의 충돌과 열차탈선 등을 미연에 방지하기 위한 다양한 감시시스템을 개발하고 있다.

2.1.2 객체 인식 센서의 장단점 분석

보편적으로 승강장 내 추락 방지를 위한 전체적인 프로세스는 유사한 방식이며, 다만 승객 즉, 객체를 어떤 방식으로 정확하게 검지하는지에 각 기술의 차별성이 있으며, 본 연구에서는 기존에 연구되어 온 검지 센서보다 정확도 및 내구성이 높은 멀티-빔 LED센서를 이용하여 개발하고 모니터링용 카메라 제어 모듈과 연계하여 이벤트 발생 지점의 상태를 근접 촬영하는 방식으로 이용자 및 감시자 모두가 정확하고 효율적으로 이용하는데 차별성이 있으며, 타 검지 센서를 이용한 시스템보다 상대적으로 적은 비용으로 높은 성과를 낼 수 있다는 장점이 있다.

Table 2 the comparative analysis of Object recognition sensor

구분	영상 센서	레이저 센서	열화상 센서	레이더 센서	멀티-빔 LED센서
형태					
기술적 특징	영상변화에 따른 파라미터 생성 및 선형 여하는 대항성 생성 -추운동자예 보객체정정보	발광부에서 IR영역대의 빛을 특정 물체로 반사되어 돌아오는 반사파의 정보를 생성하여 거리, 속도 정보 수집	온도에 따른 외선 파장을 사용하여 열의 패턴을 감지	움직이는 목표물에 전파가 부딪히면 반사전파수가 목표물의 속도에 따라 변동하는데 이를 해석하여 속도 및 위치 등의 객체 정보를 생성	IR LED 송신부에서 객체를 대상으로 light pulse 파를 송신하면 돌아오는 반사파가 수신부의 광검출기에서 검지하며 송신파와 반송파간의 시간차이와 파형을 분석하여 거리, 크기 등의 객체 정보를 생성
검지정확도	90%	95%	95%	95%	98%
장점	-구축비용 저렴 -영상수집 가능	-정확한 거리의 객체존재 판단 우수	-직사광선 및 그림자에 따른 검지 영향이 없음 -영상수집 가능	-기상환경에 영향이 적음 -넓은 영역 검지 가능	-최대 16개 멀티빔을 사용하여 넓은 영역검지에 용이 -정확한 거리의 객체존재 우수 판단 우수 -기상환경에 영향이 적음 -구축비용 저렴
단점	-기상환경에 따른 검지 정확도 영향 받음	-사람과 물체간 객체 구분 불가 -단일 포인트 영역 이상을 검지 불가 -영상수집 불가	-구축비용 고가 -주변 열 분포도에 의해 객체 검지 정확도 저하	-물체의 움직임이 없을 시 객체 검지가 어려움 -영상수집 불가	-영상수집 불가

2.2 Virtual 3D Curtain System의 개요

2.2.1 시스템 구성도

개발 기술의 목표 달성을 위해 멀티-빔 LED센서모듈을 활용하여 Virtual 3D Curtain Sensing 하드웨어를 개발하고 LED 반사광 파형을 분석하여 객체 감지 및 거리, 크기와 같은 검출된 객체의 정보를 추출하는 임베디드 기반 S/W 알고리즘과 Virtual 3D Curtain Sensing 기반 모니터링 S/W를 개발을 최종 목표로 하였다.

본 연구에 활용 한 멀티-빔 LED센서모듈은 IR LED 송신부에서 객체를 대상으로 light pulse파를 송신하면 돌아오는 반사파가 수신부의 광 검출기에 감지되는 구조로 감지된 반사파를 대상으로 A/D 변환 과정을 거친 이후 데이터처리모듈에서 송신파와 반송파간의 시간 차이와 파형(waveform)을 분석하여 거리 및 크기 등의 객체 정보를 생성하는 기술이다.

멀티-빔 LED 센서를 승강장 지붕 상단에 부착하여 승강장 끝지점에서 약 1m의 간격을 검

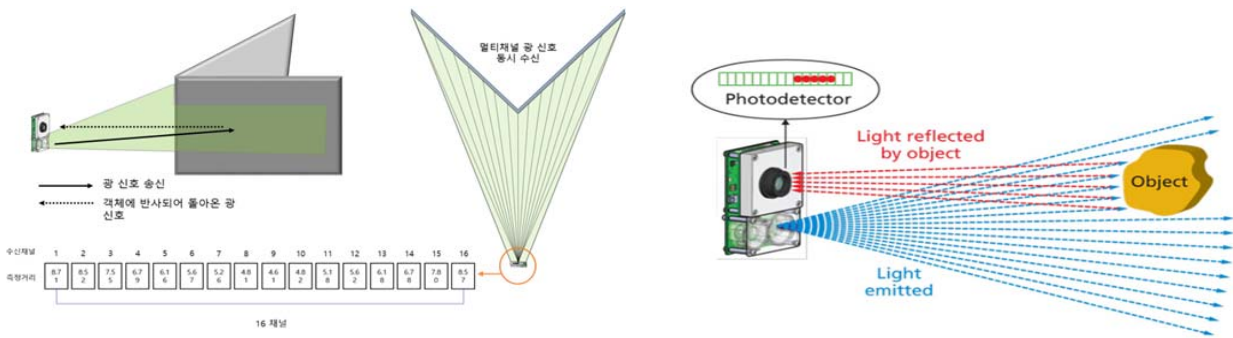


Fig. 1 the operational theory of Multi-Beam LED Sensor detector

지영역으로 설정하고 위험 지역에 객체가 인식될 경우 승강장 내에 설치되는 스피커를 통해 위험상황을 경고하고 동시에 주변에 설치된 CCTV 영상이 위험 발생 지점을 근접 촬영하여 센터로 저장되며, 센터에서는 진입하는 차량에게 위험 신호를 통해 안전 조치를 취할 수 있도록 구성하였다.

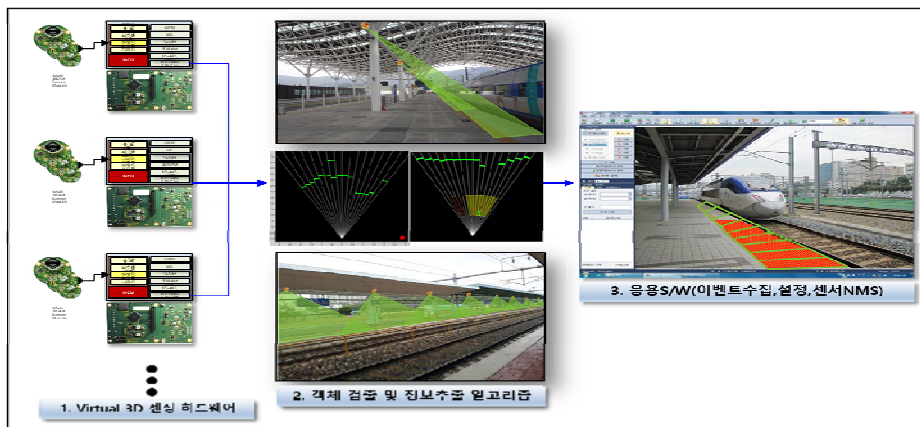


Fig. 2 Virtual 3D Sensing for monitoring focused on railway Platform walkers

2.2.2 객체 정보추출 알고리즘 및 운영 프로세스

객체를 정확히 검출하고 정보를 추출하기 위해서는 신호의 해상도가 중요하기 때문에 본 연구에서는 샘플링율(sampling rate)과 샘플링 된 신호의 해상도를 반복적으로 확장시키는 방법을 통해 객체 검출 정확도를 향상시키는 방법을 적용하였다.

기존 TOF(Time-of-flight) 센서들을 통해 객체 검출율을 향상시키기 위해서는 대부분 하드웨어적인 구성을 통해 검출 및 측정 정확도를 향상시키는데 반해 본 연구에서는 소프트웨어적으로 구현된 알고리즘을 통해 검출 성능을 향상시켰으며, 실외환경에서 객체를 정확히 검출하기 위해서는 먼지, 비, 눈 등에 의해 반사되는 미세한 신호성분에 영향을 받지 않아야 함으로 이를 제거할 수 있는 개선된 필터 로직을 적용하였다.

검출된 객체의 거리는 발신된 펄스 신호와 반사된 신호 사이의 시간 지연에 의해 측정되며, 측정된 시간 지연 값은 아래와 같은 식에 의해 거리로 환산된다.

$$d = \frac{C \times t}{2} \quad (\text{여기서, } C : \text{빛의 상수, } t : \text{시간 지연}) \quad (1)$$

시스템 운영을 위한 응용S/W는 위험 존에서 멀티-빔 LED센서모듈에 의해 객체가 검지되면 현장에 설치되는 스피커를 통해 위험 경고 메시지를 표출함과 동시에 센터로 상태정보를 전송하며, 각각의 검지기에 할당 된 ID를 추적으로 주변에 있는 영상카메라가 추적을 하고 영상을 촬영하여 센터로 전송함과 동시에 검지이력을 DB화 하는 프로세스로 구성하였다.

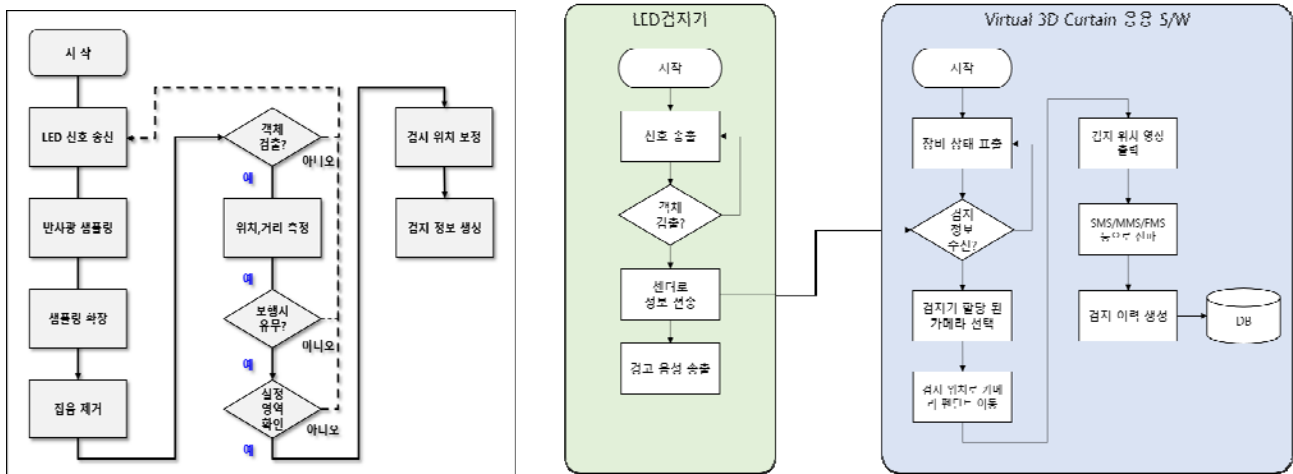


Fig. 3 the linked process between objects & information process and operation S/W

3. 결론

본 연구는 철도 승객 플랫폼 추락예방을 위한 Virtual 3D Curtain 시스템을 개발하여 스크린도어가 설치되어 있지 않은 철도역사 승강장에 설치하여 승객들의 승하차 시 안전을 도

모함과 동시에 승강장에서 보행자 이탈 예방과 사고발생 시 신속한 조치를 취할 수 있도록 하는 승강장 내 안전시스템 개발을 목표로 하였으며, 특히, 본 시스템을 통해 시각장애인 및 어린이, 노약자들에게 안전선 침범 시 경고 방송을 통해 승강장 내 안전한 보행 환경을 제공하는데 활용이 가능하다.

PSD는 도시철도 역사의 68.7%, 일반철도 30.2%의 설치율을 보이고 있고, 예산 확보 등의 문제로 인한 사업지연으로 여객 및 공중사상사고는 지속적으로 발생하고 있어 Virtual 3D Curtain을 상용화 한다면 상당수의 사상사고 예방에 기여할 수 있으며, PSD 및 타 제품 대비 높은 가격경쟁력 및 성능을 기반으로 국내 시장은 물론 해외 시장 진출에 최적화된 제품으로 성장 가능할 것으로 기대한다.

본 연구는 현재 개발 완료단계에 있으나 실제 현장에 설치하여 시스템의 운영효과를 검증하지 못한 한계점이 있었다. 향후 개발된 시스템을 실제 운영 사이트를 대상으로 설치하여 철도 승강장 내 승객들의 안전한 환경 제공과 운영상의 문제점을 검토하여 상용화 단계의 추가 연구가 필요하다.

후 기

본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 철도기술연구사업으로 지원된 『기존 안전검지장치 및 현장 운영데이터 기반 실시간 철도안전 통합 감시제어시스템 개발』 연구의 2 세부 과제인 「실시간 철도안전 의사결정 지원시스템 개발」 과제의 연구비 지원으로 수행되었습니다. (연구과제번호 : 14RTRP-B081103-01)

참고문헌

- [1] 데일리중앙, “전국지하철·국철, 스크린도어 설치율 68.7%”, 보도자료, 2014.9.
- [2] 한국철도기술연구원(2008), “다중센서기반의 승강장 모니터링 시스템”, 한국, 1008698350000.