

철도 승강장 선로의 침입자 및 장애물 검지시스템에 관한 연구

Rail Intruder and Obstacle Detection System for Railway Platform

김유호* 김진철** 최권희† 편선호*** 황종규****
Kim, You-Ho Kim, Jin-Cheol Choi, Kwon-Hee Pyeon, Seon-Ho Hwang, Jong-Gyu

ABSTRACT

Passenger safety is a primary concern of the railway system. However, dozens of people are killed every year when they accidentally fall on to the track from the boarding platform. This is one of the most urgent issues to solve regarding the railway platform. The installation environment, and the blind area problems as well as maintenance and operating costs which are not efficient have to be looked at. To solve these problems, we propose a 3D laser radar sensor based monitoring system for the railway platform. This paper introduces an overview, the detecting method, and the interface with the signalling system in detecting a fallen passenger from the platform using the 3D laser radar sensor.

1. 서론

최근 들어 지하철의 승강장(platform)에서 정신이상자, 취객, 자살 기도자 등의 추락에 의한 인명사고, 출퇴근 혼잡 시간대에 옷이나 신체 일부가 열차의 출입문에 끼이는 사고, 승강장과 철도차량 사이의 틈에 승객의 일부가 빠지는 사고 등 철도 승강장내의 안전사고는 매년 수십여 명씩 발생하고 있다. 특히 승강장 선로에 사람이나 장애물이 침입하였을 경우, 철도 승강장에서 선결되어야 할 가장 시급한 문제 중 하나로 떠오르고 있다.

현재 승강장내 안전사고를 사전에 차단하기 위한 방법으로 승강장에 안전펜스를 설치하거나, 스크린도어라고 하는 이중 안전문을 설치하여 운영하고 있으며, 이러한 설비를 설치하기가 어려운 곳에 대해서는 역구내에 폐쇄회로 TV(CCTV)나 다양한 형태의 영상센서를 이용한 응용시스템이 시도되고 있다. 그러나 단순히 열차운전의 확인 및 승객의 이동, 승하차 등을 검지할 목적으로만 운영되고 있어 긴급상황 발생시 신속하게 대처하는 데에는 상당히 제한적이다. 뿐만 아니라, 설치환경 및 사각지대 등에 대해서는 여전히 선결되어야 할 문제점을 가지고 있으며, 시스템을 구현하기 위해 너무나 많은 부품으로 구성되어 있어 오히려 검지하는 시스템의 오류로 인해 유지보수 비용과 설치비용에 있어서 효율적이지 못하다는 문제점이 지적되고 있다.

본 논문은 유지보수 및 운영비용을 최소화 할 수 3D 레이저 레이다 센서를 이용하여, 공간에 대한 입체적인 검지 형태로 선로에 침입하는 사람이나 장애물의 형태를 정확히 인식하여, 신속하게 경보 신호를 송출하고, 승강장에 진입하는 열차에 경보를 보내고 필요에 따라서 운전자가 모니터로 확인하며 대처할 수 있도록 하여 사고를 미연에 방지할 수 있는 양방향성 승강장 선로검지시스템을 제안한다.

† 책임저자 : 정회원, (주)에이알텍, R&D개발부, 기술사/이사
E-mail : triple333@paran.com

TEL : (031)441-5561 FAX : (031)441-5563

* 정회원, (주)에이알텍, R&D개발부, 기술사/사장

** 정회원, (주)에이알텍, R&D개발부, 전무

*** 비회원, (주)에이알텍, 엔지니어링팀, 과장

**** 정회원, 한국철도기술연구원, 열차제어통신연구팀, 공학박사

2. 본 문

2.1 국내 철도사고 현황

국내 철도운영은 많은 발전을 이루어 왔으며, 현재 KTX-II 고속철도 및 각 시도의 경량전철사업의 본격적인 추진이 이루어지고 있다. 따라서 새롭게 건설되는 철도사업에 따라 다양한 열차제어기술이 적용되고 있으며, 기술개발에 대한 많은 관심과 더불어 승객 및 운영인원의 안전과 열차운행에 대한 보다 확실한 안전장치의 필요성이 더욱 강화되고 있는 실정이다. 따라서 현재 개발되어 적용되는 신기술에 대한 안전설비 또는 현재 사용되고 있는 설비에 대한 안전장치의 연구 및 개발이 절실히 필요한 실정이다.

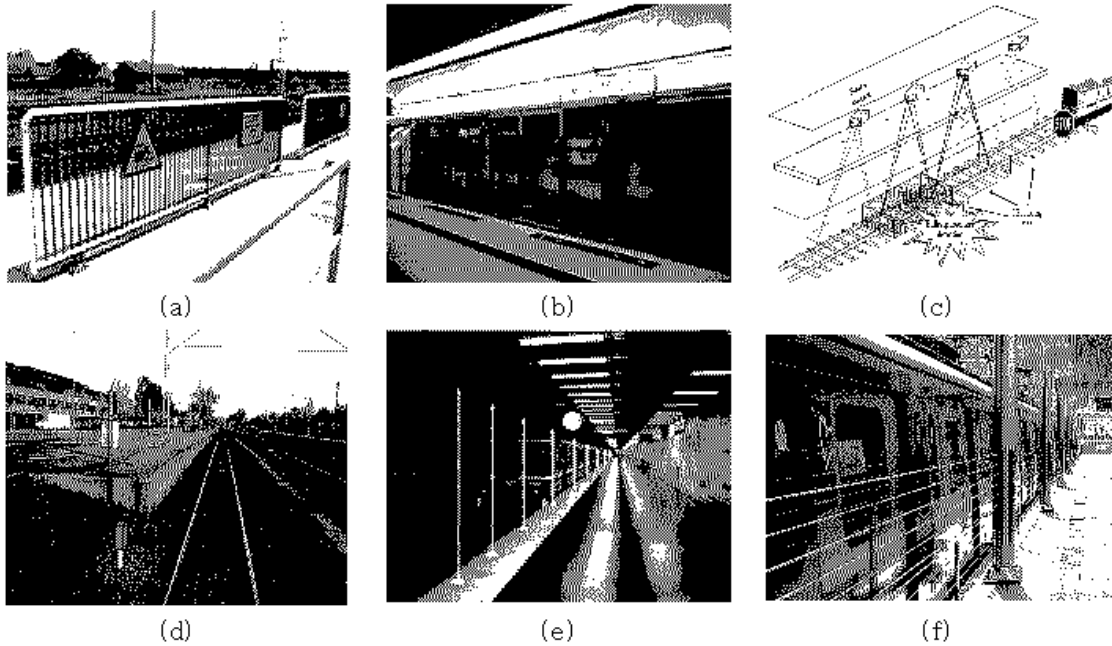
철도사고는 매년 조금씩 줄어들고 있는 추세에 있지만 여전히 인간의 행동적인 측면에 있어서는 사고가 줄어들고 있지 않다. 국토해양부는 "2008년 철도사고는 2007년에 비해 4.9% 감소한 408건 발생하고, 사망자는 159명으로 17% 감소하였다"고 발표하였다[1]. 철도사고 408건 중 열차의 충돌·탈선사고가 7건, 도로와 철도가 교차하는 건널목에서 발생한 사고는 24건, 운행 중인 열차에 치이거나 역·승강장에서 전도·추락한 인명사상사고가 377건이고, 인명피해 410명 중 사망자는 159명, 중상자는 167명, 경상은 84명이며, 전체 인명피해는 '07년(431명) 대비 4.9%(21명)가 감소하였다. 철도사고가 매년 감소하는 것은 철도안전시설을 확충하는 한편, 철도안전종합계획을 지속적으로 추진하고 철도안전심사 등을 통한 지도감독을 강화한 결과로 볼 수 있다[1].

철도유형별로는 고속철도의 경우, 열차충돌·탈선사고는 없었으며 인명사상사고만 13건이 발생하여 전년도(13건)와 동일하며, 일반철도는 231건(열차사고 6건, 건널목 사고 24건, 사상사고 201건)이 발생하여 전년(220건) 대비 5%(11건) 증가하였고, 도시철도는 64건(열차사고 1건, 사상사고 163건)이 발생하여 전년(196건) 대비 16%(32건) 감소하였다. 철도사고 원인별로는 철도시설·차량의 결함으로 인한 사고는 감소추세이나, 표 1에 보인 것처럼 자살추정·선로 무단횡단 등 공중의 불법행위로 인한 사고는 줄어들지 않고 있다. 열차사고의 경우, 종사자의 규정위반 등 업무소홀로 인한 사고가 사고원인의 71%이고, 건널목사고의 경우 자동차 운전자의 규정위반 등 운전부주의로 인하여 모든 사고가 발생하였으며, 인명사상사고의 경우는 자살시도, 선로 무단통행 등 불법행위에 의한 사고가 56%로 가장 많이 차지하고, 여객이 역·승강장 등에서 전도·추락하거나 작업자의 부주의한 행동 등 인적요인에 의한 사고도 32%나 발생하였다[1]. 특히 지난 2002년~2006년 말까지 자살, 무단출입, 열차접촉 등 승객과 열차의 직접접촉에 의한 사고로 총 412명의 사상자가 발생할 정도로 지하철 승강장 안전 문제는 심각한 수준에 달하고 있다.

표 1 2007년 대비 2008년도 국내 철도사상사고 현황

구분 연도	합계	여객						공중			종사자		
		선로무단 (근접)통행	승강장 전도추락	승하차시 넘어짐	열차에 뛰어듬	열차내 넘어짐	기타	선로불 법통행	열차에 뛰어듬	기타	불안전 한 조건	부주의 한 행동	기타
'08년	377	15	26	7	81	8	20	79	35	4	9	70	23
	(%)	4.0	6.9	1.9	21.5	2.1	5.3	21.0	9.3	1.1	2.4	18.6	6.1
'07년	399	24	8	6	98	9	14	81	36	8	16	85	14
	(%)	(6.0)	(2.0)	(1.5)	(24.6)	(2.3)	(3.5)	(20.3)	(9.0)	(2.0)	(4.0)	(21.3)	(3.5)
대 비	건 수	-22	-9	18	-17	-1	6	-2	-1	-4	-7	-15	9
	%	-5.5	-37.5	225.0	-17.3	-11.1	42.9	-2.5	-2.8	-55.0	-43.7	-17.6	64.3

2.2 승강장내 안전시스템 기술 검토



(a) 승강장 안전펜스 (b) 스크린 도어 (c) 스테레오 카메라를 이용한 선로 장애물 검지
 (d) 승강장 선로 장애물 검지 (e) 승강장 가장자리 장애물 추락 검지 (f) 루프형 스크린도어
 그림 1 승강장 추락방지 및 장애물 검지방법

철도를 운영하는 기관 및 단체에서는 승강장 추락사고 저감 방법에 대한 대책을 다방면으로 강구하고 있다. 그림 1은 승강장 추락방지 및 장애물 검지방법에 대해 구현된 예를 보인 것이다. 이들 중 안전한 방법으로 승강장 스크린 도어 도입을 그 해결책으로 추진하고 있으나 많은 투자비용과 여행환경 등을 고려할 때 지속적으로 추진하기는 곤란하다. 이러한 방법은 신설노선이나 도시철도 등 비교적 여객 취급이 많은 도시에서 적합 하지만 도시 간 철도, 한산한 역 등에서는 비교적 적용하기가 곤란하다. 일부 승강장에는 강제 단락 스위치방식으로 레도를 단락 시켜서 진입하는 열차를 정지시키고 있으나 이 또한 여객의 순간적인 기지를 요구하기 때문에 적극적인 방법이 되지 못한다. 따라서 보다 적극적이며, 지속적으로 검지가 가능하도록 스테레오 카메라와 화상 처리기술, 3차원 레이더 레이저 기술 등을 이용하여 열차가 선로에 진입하기 전에 승강장에서 추락한 여객을 선로 상 전역에 걸쳐서 자동적으로 검지하는 시스템이 실용화되고 있다[2][4][5].

이 이외에도 차량의 선두부에 근거리 감지센서와 원거리 감지센서들을 설치하여 차량의 전방에 사람 및 장애물을 감지하는 시스템이 고안(특허 10-0716033)되었지만, 차량의 제동특성에 대해서는 고려되지 않았다. 또한 다수의 비디오 카메라와 다수의 레이저센서를 승강장 하부 벽면에 설치하는 방법(특허 10-0869835)이 고안되었지만, 승강장 선로의 상행선과 하행선 사이에 건축물 기둥이 나열되어 있다든가, 반대편 선로에 차량이 진입되어 있는 경우에는 승강대 벽면에 설치된 적외선센서가 올바르게 동작하지 않는다는 문제점이 있다. 또 다른 기술로는 레일과 레일 사이에 적외선센서를 일정한 간격마다 설치하여 건축물 기둥과 반대편 선로에 차량이 있을 경우에도 적외선센서가 오동작 하지 않도록 하는 방법이 고안(특허10-0753117)되었지만, 레도의 침묵에 너무나 많은 센서가 설치되어야 하므로 레도의 유지보수 및 케이블 매설 등과 같은 비용 및 설치의 어려움이 수반되는 문제점이 있어, 실용화되기까지는 더 많은 연구를 필요로 하고 있다.

2.3 장애물 검출센서

일반적으로 승강장 선로에 있는 침입자 및 장애물에 대한 식별 방법은 적외선 센서, 레이더 센서, 초음파 센서, CCD 또는 IR 카메라 등과 같은 센서를 이용하고 있다. 그러나 이들 센서들은 전기장, 자기장, 빛 등과 같은 외부환경에 민감하게 반응한다는 문제점을 가지고 있다. 즉, 적외선 센서는 거리 성능이 떨어지고, 레이더 센서는 거리 성능은 우수하나 외부환경에 민감하여 거리에 대한 신뢰도가 떨어지며, 초음파 센서는 거리 성능 및 거리 분해능이 떨어진다는 문제점이 있다. 이로 인하여 측정된 데이터가 왜곡되어 측정 데이터가 달라지므로 장애물 검출 센서의 선택은 매우 중요하다. 최근에는 종전에 이들 센서들이 갖는 문제점들을 해결하고 고신뢰도를 보장하는 ‘3D 레이저 레이더 센서(3D Laser Radar Sensor)’가 개발되어 철도건널목 및 승강장에 응용되고 있다[4][5]. 표 2는 대표적인 센서들의 특징과 주요 문제점을 보인 것이다.

표 2 장애물 검출 센서 특징 비교

종 류	특 징	문제점	영역검지	적용가부
초음파센서	거리가 한정된다.	온도차가 크면 음속이 변하여 거리측정오차가 생긴다.	○ (입체영역)	×
집전센서	파장의존성이 없다.	열을 가지고 있지 않은 물체를 검지할 수 없다.	○ (입체영역)	×
투과형 광전 센서	검출거리가 길다. 검출영역을 제한하지 않는다.	태양광을 직접 비추면검지불능이 된다.	×	○
거리 측정식 광 커튼 센서	검지영역 설정이 용이하다	진동에 약하다.	△ (평면영역)	○
이미지센서	입체영역의 검지가 가능하다. 단독으로도 스크린도어의 상태인식이 가능하다.	주위가 어두운 상태에서는 검지할 수 없다.(조명필요)	○ (입체영역)	○

2.4 제안된 승강장 선로 장애물 검지시스템

① LaserGrab 개요

LaserGrab은 철도 승강장 또는 건널목 등 공공분야의 주요 보안 시설에 대해 특정 영역을 검지하는 무인 검지/경보 시스템이다. 이 장비는 3D 레이저 레이더 개념을 채택하여, 입체적으로 광범위한 영역을 검지할 수 있으며, 이상 물체를 포착시 경보 신호를 송출하고, 고성능 카메라를 제어하여 검지된 물체의 영상을 상황실로 실시간 전송하여 신속한 상황파악 및 대처가 용이하다. 선로 상의 장애물 또는 침입자를 검지하여 열차가 진입할 경우 열차에 경보를 보내고 필요에 따라서 운전자가 모니터로 확인하며 대처할 수 있도록 하여 사고를 미연에 방지할 수 있는 양방향성 검지 시스템이다[5].

② LaserGrab의 특징

LaserGrab은 침입 위치 및 이미지 감지가 정확하고, 동물, 기계장비 등에 의한 오경보를 극소화하여 설치, 운용, 유지보수가 간편하다. 또한 야간에도 정확한 물체 감지 능력 탁월하며, 국제 표준 통신방식 채택으로 타 시스템과의 접속이 용이하다. 또한 3D 레이더 레이저 기술을 적용하므로 공간에 대한 입체적인 검지 형태로 침입자의 형태를 정확히 판별할 수 있다. 그리고 고속의 Scanning(50 Scan/Sec)과 신속한 물체 감지 측정 능력이 탁월(Less 0.5 sec)하여 4-800m 거리 범위의 공간을 검지할 수 있다는 특징을 가지고 있다.

③ 시스템 구성도

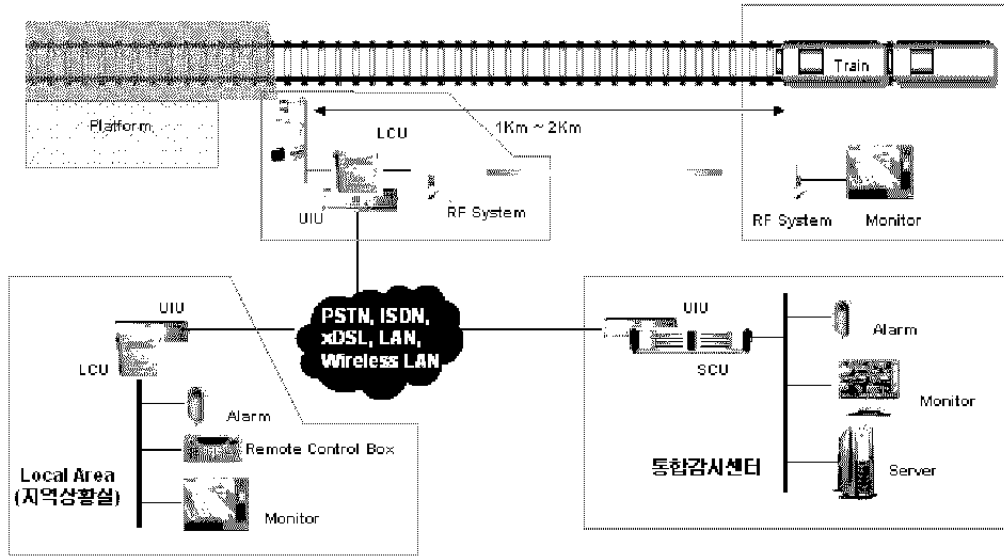


그림 2 승강장 선로 침입자 및 장애물 검지시스템

그림 2는 LaserGrab을 사용하여 승강장 선로 침입자 및 장애물 검지시스템을 보인 것이다. Laser Grab은 시스템 소프트웨어 및 시스템 하드웨어 부분으로 구성된다. 먼저 시스템 소프트웨어는 Linux 서버를 이용한 시스템 통합관리, 레이저 이미지 스캔 제어 관리(스캔 이미지 분석 및 경보 발생, 검지 영역내 물체의 정확한 식별 및 검지), 인터페이스 소프트웨어(필요시 타 보안시스템과의 연동 및 통합 가능) 및 기타 응용 소프트웨어의 개발(고객 요구사항에 대한 보완/수정/추가 개발) 등으로 분류되며, 시스템 하드웨어는 레이저 레이더 시스템으로 특정 지역을 스캔하여 물체를 포착/검지하는 기능을 수행하며, LCU(Local area Control Unit)와 연동되어 3D 이미지 분석/제어 및 경보를 발생시키는 LaserGrab(Laser Scan Unit)과 영상카메라를 제어하며, SCU(System Control Unit)와 연동하여 원격 제어에 따른 명령수행 및 통신 수단과 연동하여 수집 정보를 원격지의 SCU로 전송하는 LCU, 시스템 소프트웨어를 탑재하여 시스템 전체를 통제하고 원격 제어하며, 시스템의 통신을 관장하는 LaserGrab의 주 시스템인 SCU 그리고 LCU와 SCU의 사이에 구성되는 다양한 통신 매체와의 연동을 담당하며, 사용자 요구에 맞게 구현되는 통신 정합장치인 UIU(User Interface Unit)로 구성된다.

또한 무선영상전송장치(RF system)는 기관사가 운전실 모니터를 통해 역사 수백~수키로 미터 전방에서 승강장 상황을 한눈에 확인할 수 있어 기관사가 느끼는 심리적 불안감을 해소할 수 있을 뿐만 아니라, 투신자살이나 승객 부주의로 인한 추락사고 등의 승강장 안전사고에 능동적으로 대처할 수 있게 된다. 2007년 3월 (구)정보통신부는 국제 표준 대역이 없어 국내 주파수 확보 및 시스템 제작이 용이한 10~30GHz 대역 내에서 무선영상전송장치에 소요되는 주파수 폭, 채널 수, 출력 및 주파수 대역을 혼선이 없고 고품질 영상 및 데이터의 양방향 전송이 가능한 광대역의 전용 주파수 대역을 분배할 계획이라고 발표한바 있다[3]. 해외의 경우, 미국과 캐나다 등의 일부 지하철 구간에서는 산업·과학·의료용(ISM) 주파수 대역(2.4GHz, 5.8GHz)을 이용하고 있으며, 영국, 일본 등은 10GHz 이상 대역에서 전용 주파수 대역을 분배하여 활용하고 있는 것으로 파악되고 있다.

④ LaserGrab 시스템 사양

표 3은 LASER OPTONIX사의 LaserGrab 시스템을 보인 것이다. 검출하는 물체의 최소 크기, 거리, 응답속도 등이 시스템의 가격과 성능을 결정하는 주요 요소가 되고 있는데 많은 수의 지하철 승강장에 적용하기 위해서는 LaserGrab LG700 모델이 가격과 성능면에서 적절하다. 특히 SIL(Safety Integrity Level)을 만족하기 위해서 2중화 시스템으로 구성하는 것은 필수적이다[5].

표 3 LaserGrab(Laser Scan Unit) 시스템 사양

항 목	LaserGrab LG400	LaserGrab LG700
R target 거리범위 30%	1-400 m	4-700 m
거리 분해능	± 1시그마에서 ± 10cm	1 m
내부측정속도	1000Hz	200Hz
주사 각도	0도에서 60도까지 기계적으로 조절가능	
각 분해능	0.1도 이하	0.1도 이하
주사 속도	1Hz ~ 50Hz로 모니터와 기어박스에 따라 결정됨	
경보에대한 응답시간	1초 이하	1-5초
경보 출력	Relay for alarm	Relay for alarm
출구에서 빔직경	22mm	25mm
100미터거리에서 빔직경	25cm	30cm
레이저 파장	905nm near IR	905nm near IR
레이저 안전 등급	1등급	1등급
레이저 모델	pulsed laser diode	pulsed laser diode
섭씨 온도범위	-10 ~ +50℃	-10 ~ +50℃
캡슐화	IP54 Steel cabinet	IP54 Steel cabinet
제원	450×300×150mm	450×300×150mm
중량	7Kg	7Kg
습도	0-100%	0-100%

3. 결론 및 향후계획

정부차원에서, 승강장 선로의 인명사고 예방대책은 철도안전 동영상 홍보 확대, 유관기관·시민단체가 참여하는 합동캠페인 실시, 시민참여 비상대응훈련 실시, 철도안전 UCC 경진대회」 개최, 「철도안전 홍보포스터 경진대회」 개최 등, 대국민 홍보를 강화하여 사고 발생을 대폭적으로 감축하고, 더불어 본 논문에서 제안한 것과 같이 승강장 안전설비를 강화 설치하는 것이 근본적인 대책이 될 것이다. 그로인해, 국내 IT기술로 구축한 승강장 선로 안전시스템을 해외 시장에 수출시 조기 선점이 가능할 것으로 보이며, 국내 관련 부품 및 장비 산업의 활성화에도 크게 기여할 것으로 기대된다. 향후에는 승강장 선로 안전시스템을 시범 구축하여 실용화에 필요한 상세 기준 및 사양을 도출할 예정에 있다.

감사의 글 : 본 논문은 국토해양부가 출연하고 한국건설교통평가원에서 위탁시행한 철도중합안전기술개발사업의 결과입니다.

참고문헌

1. 국토해양부, "2008년 철도사고 2007년도에 비해 4.9% 감소", 보도자료, 2009.4.2.
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. 정보통신부, "지하철 무선영상전송용 주파수 분배 추진", 보도자료, 2007.3.19.
4. Y. Hisamitsu, K. Sekimoto, K. Nagata, M. Uehara, E. Ota, "3-D Laser Radar Level Crossing Obstacle Detection System", IHI Engineering Review, Vol. 41 No. 2, 2008.8.
5. "LaserGrab PLS 60 Platform security system for rail roads", Data Sheet, LASER OPTONIX,