레이저 레이더 센서를 이용한 철도 승강장 안전설비의 개발

Development of Railway Platform Safety Equipment using Laser Radar Sensor

김 유 호* · 황 중 규[†] · 조 현 정** · 백 중 현*** · 김 백 현** · 고 태 국[§]

(Yoo-Ho Kim · Jong-Gyu Hwang · Hyun-Jeong Jo · Jong-Hyun Baek · Baek-Hyun Kim · Tae-Kuk Ko)

Abstract - Many accidents are being occurred due to many missteps, etc. at the railway platform. Recently in Korea, efforts to prevent casualties fundamentally are being made by installing and operating the PSD(Platform Screen Door) with underground station building as its center to prevent these casualties of passengers. Although this PSD can solve the problem of public casualties at platform fundamentally, it is impossible to install it at whole station buildings since its installation cost is high, and in case of the ground station building of general railway whose operation speed is higher, installation of PSD is impossible due to the characteristics of railway system. This paper proposes the novel safety equipment using Laser radar sensors for the prevention against casualties of passengers at station buildings where the PSDs are not installed like this. The safety equipment using Laser radar sensors is the safety equipment making an approaching train stopped if the falling object is a person by detecting the obstacle at platform through, and it has the merit possible to apply it to station buildings not only in the underground section but also in the ground section since it may detect accurately under ambient environmental elements such as the snow, rain and yellow dust, etc. also. We developed the prototype of the safety equipment to reduce public casualties at platform by using Laser radar sensors and carried out its performance test, and the result is presented in this paper.

Key Words : Railway platform safety, Laser radar sensor, Public casualties

1. 서 론

국내 철도운영은 많은 발전을 이루어 왔으며, 이와 더불어 이용 승객의 안전과 열차운행에 대한 보다 확실한 안전장치의 필요성이 더욱 강화되고 있는 실정이다. 철도사고는 매년 조금씩 줄어들고 있는 추세에 있지만 여전히 인적요인에 의한 사고는 줄어들지 않고 있다. 특히, 철도사고 원인을 분석해 보면 철도시설과 차량의 결함으로 인한 사고는 감소추세이나, 공중(Public person)에 의한 사고는 줄어들지 않고 있다. 열차사고의 경우, 여객이 승강장 등에서 전도·추락하거나 작업자의 부주의한 행동 등 인적요인에 의한 사고가 30% 이상 차지하고 있다. 특히 자살, 무단출입, 열차접촉, 부주의한 행동, 추락 등에 의한 사고가 많고, 최근에 지하철 승강장에서 자살사고가 발생하는 등 철도 승강장의 안전 문제는 심각한 수준에 달하고 있다[1][2].

최근 들어 국내에서는 이러한 승객들의 사상사고 예방과 역사의 쾌적한 환경 유지를 위해 수도권을 중심으로 PSD(Platform Screen Door)를 설치 및 운용하여 사상사고를 원천적으로 예방하기 위한 노력을 기울이고 있다. 하지

만 PSD 시스템의 경우 플랫폼에서의 공중사상사고 문제를 근본적으로 해결할 수는 있지만, 비용이 매우 고가여서 모든 역사에 설치가 불가능하며, 또한 열차의 운행속도가 더 큰 일반철도의 지상 역사의 경우에는 철도시스템 특성 상 PSD 설치가 불가능하다. 따라서 많은 역사가 PSD를 설치하지 못하고 있으며, 이러한 역사에서는 아직도 승객들의 부주의한 행동이나 실족에 의한 승객들이 철도 선로로 추락하는 사고가 자주 발생하고 있다.

이러한 문제의 해결을 위해 국내에서 승객비상정지 버튼과 같은 안전보조설비를 역사에 설치하여 승객들이 선로로 추락할 경우 플랫폼에 있는 다른 승객들이 이 버튼을 눌러 접근하는 열차를 세우는 방법이 운용되고 있으나, 이 또한 승객에 의해 비상정지버튼을 취급해야 하는 문제점을 가지고 있다. 그 외에 여러 대의 CCTV를 플랫폼에 설치하여 선로로의 추락을 자동으로 검지하는 방법이 연구되고 있다. 하지만 이러한 방법은 CCTV의 사각지대가 존재하며, 특히 지상 역사의 경우 눈, 비, 황사, 안개 등과 같은 역사주위의 환경적인 요인에 따라 추락하는 사람을 정확하지 인지하지 못하는 문제점을 가지고 있다[2]-[6].

이러한 문제점들의 해결을 위해 환경적인 요인에 상관없이 지상 및 지하역사 어디에도 추락하는 사람을 정확하게 검지할 수 있는 레이저 레이더 센서를 이용한 플랫폼 공중 사상사고 저감을 위한 안전설비를 개발하였다[2][3][7]. 레이저 레이더 센서를 이용한 안전설비는 플랫폼에서 선로로 떨어지는 물체를 감시하여, 열차 안전운행에 지장을 줄 수 있을 정도 크기의 물체일 경우 경보를 발생시켜 접근하는 열차를 정지하도록 하는 안전설비로서, 앞에서 언급한 바와 같은 국내외에서 선행 연구되고 있는 다른 안전설비들이 가지

* 정 회 원 : 연세대학교 전기전자공학과 박사과정

** 정 회 원 : 한국철도기술연구원 선임연구원

*** 정 회 원 : 한국철도기술연구원 책임연구원

§ 정 회 원 : 연세대학교 전기전자공학과 교수

† 교신저자, 정회원 : 한국철도기술연구원 책임연구원

E-mail : jghwang@krii.re.kr

접수일자 : 2013년 1월 10일

최종완료 : 2013년 3월 11일

고 있는 문제점들을 해결할 수 있다. 현재 이러한 새로운 안전설비의 시제품 제작이 완료되었으며, 지장물 감지 성능 시험이 수행 되었다. 본 논문에서는 연구한 승강장 안전설비의 구조 및 기능, 개발한 안전설비의 성능시험 결과를 제시한다.

2. 승강장 안전설비 현황

승강장 공중사상사고의 문제는 국내뿐 아니라 해외에서도 철도사고 중 많은 부분을 차지하는 것으로, 이의 예방 또는 저감을 위한 많은 노력들이 진행되고 있다. 국내의 경우는 수도권권을 중심으로 한 도시철도의 지하구간은 근본적으로 플랫폼에서의 사상사고를 예방하고자 PSD 시스템을 설치하고 있으나, 도시철도보다 고속으로 운행하는 일반철도의 역사에서는 정위치 정차가 불가능한 기술적인 문제와 비용문제로 인하여 PSD의 설치 및 운용이 이루어지고 있지 않다. PSD가 설치되어 있지 않은 역사는 플랫폼 중간에 비상정지 버튼을 설치하여 승객이 선로에 추락할 경우 다른 승객이 이 비상정지 버튼을 취급하여 접근하는 열차를 정지시키는 안전설비를 운용하고 있다. 이 지상정지 버튼은 플랫폼 구간의 궤도회로와 인터페이스 되어, 버튼을 누를 경우 해당 궤도회로가 단락(Short Circuit)되어 플랫폼 진입금지 신호를 ATC(Automatic Train Control)시스템에 의해 차상으로 전송되고, 동시에 선로변 신호기에 진입근지를 의미하는 정지신호(Red 신호현시)가 현시되고 열차는 이들 지상으로부터의 신호에 의해 열차가 정지하게 되는 메커니즘을 가지고 있다. 이러한 비상정지버튼을 이용한 안전설비는 승객들이 수동으로 눌러야만 플랫폼으로 진입하는 열차에게 정지신호를 전송할 수 있고, 또한 선로로 승객 추락이 아닌 경우에도 장난이나 부주의에 의해 버튼을 누를 수 있어 열차운행에 장애가 발생하는 등의 문제점을 가지고 있다.

해외의 경우 비상정지 버튼, 승객 추락 감지매트 등을 주요 역을 중심으로 역 승강장과 열차 진입 문 사이의 거리가 넓어진 역에 설치하여 운영하고 있다. 그러나 추락하는 승객을 감지하는 감지매트는 승강대 바로 밑에만 설치되어 있기 때문에 그것은 승강장 선로의 전 부분을 커버 못하는 단점이 있다. 이러한 문제의 해결하기 위하여 이미지 처리기술을 사용하여 승강장 선로의 거의 전 구간에 걸쳐 추락 승객을 감지할 수 있는 지능형 안전장치를 개발하여 시범적용 중에 있다[5][6]. 이러한 일본의 시스템과 유사하게 다중 스테레오 카메라에 의한 영상처리에 의한 승강장 추락감지 시스템은 국내에서도 연구가 시도된 적이 있으나, 사각이 존재하는 등의 이유로 추가적인 연구가 진행되지 않고 있다[3].

그림 1은 국내외에서 적용되고 있거나 개발 중인 플랫폼 공중 사상사고를 줄이기 위한 다양한 안전설비를 나타낸 것이다. 그림 (a)와 (b)는 국내에서 적용되고 있는 승강장 안전펜스와 PSD 시스템을 나타낸 것이고, (C)는 국내에서 개발 중인 다중 스테레오 카메라를 이용한 추락 감지 안전설비를 나타낸 것이다. (d)의 경우는 국내에서 개발된 루프형 PSD로서 여러 가지 문제점이 있어 역시 일부에서만 제한적으로 적용되고 있다.

이처럼 승강장의 공중사상사고 예방을 위한 다양한 안전설비들이 적용되고 있고 또한 현재도 이 문제의 해결을 위해 많은 연구가 이루어지고 있다. PSD 시스템은 플랫폼

공중 사상사고를 원천적으로 예방할 수 있는 유일한 안전설비이지만, 여러 가지 현실적인 문제로 인해 모든 역사에 설치할 수 없다. 따라서 PSD시스템을 설치할 수 없는 도시철도 및 일반철도 역사에는 각종 센서를 이용한 선로의 추락 감지를 통한 안전설비가 적용되어야 한다. 이처럼 선로로의 승객 추락 감지에는 다양한 센서들이 적용가능하며, 일부 센서를 이용한 안전설비에 대한 개발이 진행 중에 있다.

(a) 승강장 안전 펜스

(b) 스크린 도어

(c) 스테레오 카메라를 이용한 방식

(d) 루프형 스크린 도어

그림 1 철도 승강장으로 추락 감지를 위한 안전설비 설계

Fig. 1 Platform safety method for fall prevention to rail

표 1 승강장 안전설비에 적용된 장애물 감지 센서의 주요 특징 비교

Table 1 Comparison of obstacle detection for platform safety equipment

종류	특 정	문제점
적외선 센서	사람 감지용으로 많이 적용됨	·물체의 동작변화가 없을 때 감지하지 못함 ·감지거리 및 동작속도 등이 일정하지 않으므로 정밀한 부분에는 적용이 어려움이 있음
레이더 센서	무선 전파를 이용하여 물체를 감지하는 방법	·장치가 반사체에 의존하는 경우에 다른 반사체가 우연히 부딪치거나 일부러 옮겨 놓은 경우에는 감지장치의 작동을 방해될 수 있음
초음파 센서	근거리 감지만 가능	·온도차가 크면 음속이 변하여 거리측정오차가 생김 ·근거리만 측정이 가능하여, 승강장 전체 길이 적용 불가능함
카메라 센서	입체 영역의 감지가 가능	·주위가 어두운 상태에서는 감지할 수 없음

그림 1과 같이 지금까지 개발되거나 운용 중인 안전설비들의 선로로의 침입자 및 장애물에 대한 식별방법은 적외선 센서, 레이더 센서, 초음파 센서, CCD(Charge Coupled Device Camera) 또는 IR(Infrared) 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. 표 1은 지금까지 국내외에서 승강장에 적용되어 온 장애물 검지 센서들의 특징을 비교한 것이다. 표에서 나타낸 바와 같이 가장 많이 적용되고 있는 이미지 센서는 주위가 어두운 상태에서는 장애물 검지를 할 수 없다는 단점이 있는 등 각 센서들만으로 승강장 안전설비에 적용하기에는 어려움이 있어, 최근 들어서는 여러 센서들을 복합적으로 적용하려는 연구가 시도되고 있다. 하지만 이러한 방식의 경우 각 개별 센서들의 문제점은 해결될 수 있지만 가격이 비싸지고 장치가 복잡해서 유지보수 비용이 증가되는 등의 새로운 문제점이 있다.

3. 레이저 레이더를 이용한 안전설비의 개발

철도 승강장 안전설비에 적용하기에 적합한 센서들은 설치되는 주위의 어떠한 기후환경 하에서도 승객이 선로로 추락할 경우 확실하게 검지할 수 있어야 한다. 즉, 철도 승강장은 지하, 지상 공간 등 다양한 환경이 있으므로 야간, 눈, 비, 먼지 등의 환경 하에서도 플랫폼에서 선로로 추락하는 물체를 정확하게 검지할 수 있어야 하며, 또한 주간 및 야간 모두에도 적용될 수 있어야 한다. 특히 지상 승강장의 경우 근처의 자동차 헤드라이트에 의해서도 방해를 받을 수 있으므로, 센서의 역광 조건 하에서도 정상적으로 성능이 발휘되어야 한다. 또한 국내 승강장은 최소 200m에서 800m까지 있으므로, 지장물 검지거리가 짧은 경우 다수의 센서를 설치해야 되므로 가격이 비싸지므로 1 또는 2개의 센서로 승강장의 모든 범위를 검지할 수 있어야 한다. 이러한 철도 승강장 조건들로 인해 앞 절에서 비교한 각종 센서들은 하나만으로 하나의 역사를 커버하는 것은 불가능하며 여러 센서들을 복합적으로 사용해야 된다. 이 경우 여러 시설물들의 증가로 인해 초기 설치비 뿐 아니라 운용을 위한 비용이 비싸지게 되는 단점이 있다.

그림 2 레이저 레이더 센서의 지장물 검지 일반

Fig. 2 Object detection mechanism of laser radar sensor

최근에 유럽을 중심으로 군수, 교통안전 등의 용도에 적용되고 있는 레이저 레이더 센서가 많이 적용되고 있다. 레이저 레이더 센서는 다양한 분야에서 목표물의 실시간 위치 파악, 장애물 검지 등에 활용되고 있다. 장애물 검지를 위한 레이저 레이더 센서는 하나의 센서 검지영역이 넓어 상대적으로 설치비용을 절감할 수 있고 장소에 따른 제약을 받지 않으며 다른 장치와 비교하여 상대적으로 유지보수가 용이하며, 뿐만 아니라 비와 눈과 같은 악천후에도 효과적으로 성능을 발휘할 수 있는 등의 장점을 가지고 있어 철도 승강장 안전설비에 적용에도 적합할 것으로 판단되어 본 논문에서는 이 센서를 이용한 승강장 안전설비를 연구하게 되었다.

3.1 레이저 레이더의 장애물 검지

레이저 레이더 센서는 목표물에 레이저 펄스를 방사하고 반사된 레이저 값을 분석하여 물체의 위치 및 모양을 인식하는 것이다. 지속적인 레이저 펄스 제환을 통해 데이터 값의 변화를 추적하여 장애물의 움직임과 방향까지 파악할 수 있다. 그림 2는 펄스식 레이저 레이더 센서의 동작원리를 개념적으로 나타낸 그림으로, 레이저 레이더 헤드는 매 초마다 2번씩 수평 및 수직방향의 전체 영역을 스캔하는 레이저 펄스를 만들기 위해 다각형거울과 스윙거울을 통해 레이저 펄스를 송출하고, 물체로부터 반사되어 돌아온 레이저 신호는 고감도 포토다이오드를 통해 고속으로 전기신호로 변환된다. 또한 Time Interval Counter는 포토다이오드에 의해 생성된 레이저 수신신호의 출력과 레이저 펄스를 송출하기 위한 트리거 신호사이의 시간 간격을 기초하여 물체와의 거리를 측정하게 된다[8][9]. 또한 그림 3은 레이저 레이더 센서의 스캐너 기반의 레이더 센서와 같은 형태의 동작 원리를 나타낸 그림이다. 즉, 기본적으로 그림과 같은 레이저 스캐너를 기반으로 하여 레이더와 같은 형태의 전방의 장애물을 검지하는 방식이다. 회전하는 요크 샤프트가 거울 축을 잡고, 스윙 미러 모터가 스윙 미러를 회전시키면 레이저 광선이 일정 방위방향을 가지면서 방사되고 되게 된다. 이렇게 발출된 레이저는 물체 표면에 부딪히고, 다시 복귀하는데 소요되는 시간을 측정하여 전방의 지장물의 형태 및 크기를 검지하게 된다.

그림 3 레이더 스캐닝 방식의 레이저 레이더 센서의 구조

Fig. 3 Structure of laser radar sensor based laser scanning mechanism

일반 레이저 센서의 경우 하나의 신호에 의해 지장물을 감지함으로써 지장물과 레이저 신호 송수신기 사이에 먼지, 눈, 비 등이 있을 경우 이들을 지장물로 판단할 수 있다. 실제 철도 건설목의 지장물 감지로 사용되고 있는 레이저 센서의 경우 비나 눈이 올 경우 잦은 오동작을 일으키는 등의 문제점이 있다. 하지만 레이저 레이더 센서의 경우 지장물의 스캐닝 방식을 통한 지장물의 크기 감지가 가능하여 이러한 눈, 비, 먼지 등의 주위 환경을 지장물로 오감지하는 사례가 거의 없게 된다. 또한 레이저 기반이어서 주간이나 야간 등의 변화되는 조도 환경 하에서도 정상적으로 동작될 수 있어 국내의 철도 승강장 추락감지 안전설비의 센서로 적합하다.

3.2 안전시스템의 구성

따라서 앞에서 설명한 것처럼 레이저 레이더 센서는 주야 구분 없고, 눈, 비, 황사 등의 주위 환경에도 정확하게 지장물을 감지할 수 있어 본 논문에서는 이 센서를 이용한 철도 승강장 추락 감지 안전설비를 개발하였다. 서론에서 언급하였듯이 국내의 철도 승강장은 실내, 지상, 지하구간 등 다양한 운용환경을 가지고 있으며, 또한 승강장의 유효장은 도시 철도의 경우 200m 내외이지만, 일반철도의 경우 600m 이상이 된다. 그리고 일부 승강장의 경우 일정 정도 수준의 곡선반경도 가지고 있다.

그림 4 레이저 레이더 센서 기반 안전설비의 설치위치
Fig. 4 Installed location of Laser radar safety equipment

본 논문에 적용한 레이저 레이더 센서의 감지 거리는 800m로 역사의 유효장 거리에는 크게 문제가 없지만, 레이저의 기본적인 특성인 직진성을 가지고 있어 역사의 곡선반경이 클 경우 하나의 센서로 역사 전체를 커버하기에 어려움이 있을 수 있다. 따라서 레이저 레이더 센서를 적용하더라도 역사의 형태에 따라 최대 2개의 센서 적용이 필요할 것으로 보인다. 또한 역사의 형태 중 섬식으로 된 경우는 상하행선에 각각 적용을 위한 별도의 센서를 필요로 한다. 이처럼 다양한 형태의 역사 구조에 적용을 위해서 그림 4와 같은 역사 조건에 맞는 센서 위치가 결정되어야 될 것이다. 다른 센서들의 경우는 여러 개의 센서들이 사용되어야 하며,

더군다나 전차선 위쪽 적절한 공간을 찾아서 설치하거나 레일 옆에 열차운행에 지장을 주지 않는 범위 내에서 설치해야 되므로 적절한 설치공간 확보도 어렵고, 설치로 인한 설비의 유지보수에도 어려움이 있지만, 본 레이저 레이더 센서의 경우 최소 개수로 가능하고 또한 설치공간의 제약도 다른 센서들에 비해 많은 장점을 가진다.

본 논문에서 개발한 승강장 추락감지 안전설비의 시스템 구성은 그림 5와 같이 레이저 레이더 헤더 및 제어기 그리고 주변 인터페이스 장치들로 구성되어진다. 그림에서 푸른색 부분이 이번 연구에서 개발한 부분이며, 기존 설비들과 인터페이스 연계장치들은 본 개발 장비에서 출력정보를 제공하도록 구성하여, 이 출력신호를 통해 기존 설비들과 인터페이스를 통해 본 개발 장비에서 검출되는 신호를 다양하게 활용할 수 있도록 하였다. 제어기 내의 감지데이터 처리부와 판별회로에 의해 지장물로 판정되면 즉시 알람 경보를 발생하고, 무선통신 장치를 통해 진입하는 열차의 차상장치에 전송하고 즉시 비상정지가 가능하도록 구성하였다. 본 연구에서의 제작한 범위는 제어기의 출력회로를 통한 출력신호 발생까지이며, 승강장에 진입하고 있는 열차의 비상정지를 위한 무선통신 장치 또는 승강장 구간 궤도회로 단락 장치는 기존에 설치되어 있는 장치를 활용할 예정이다. 본 제어기에서 출력되는 정보신호 접점은 승강장의 신호기나 경보음을 출력시키는 경보기와 연계 활용할 수 있도록 구성하였다.

그림 5 승강장 추락감지 안전설비 시스템 구성
Fig. 5 System configuration of platform safety equipment

레이저 레이더 센서는 승강장의 길이에 따라 1개 또는 2개를 설치하여 선로의 전 영역을 스캔하면서 장애물을 감지하게 된다. 레이저 레이더 제어기 내부의 감지데이터 처리부는 센서에 의해 감지된 스캐닝 신호를 분석하여 감지한 물체가 사람인지 또는 열차 운행에 지장을 줄 수 있을 정도 크기인지를 판단하는 부분으로 이중계로 구성하였다. 본 연구에서는 가방 등 일정 크기 이상의 물체가 선로로 추락하더라도 열차 운전 전에 지장을 줄 수 있어 200mm×200mm 이상 크기의 경우 지장물로 판단하도록 하였다.

3.3 안전설비의 개발

앞에서 설명한 내용을 바탕으로 개발한 시제품의 구성과 주요 사양은 그림 6(a)와 같다. 개발 시제품은 가장 중요한 부분인 레이저 레이더 헤더, 제어기 박스 및 개발 장치의 환경설정 및 운용을 위한 콘솔로 구성된다. 스캐너 헤더 부분은 레일 옆에 설치되고, 컨트롤 제어박스는 헤더와 같은 위치에 설치될 수도 있고, 또한 통신으로 연결하여 기기실에 별도로 설치될 수도 있도록 하였다. 콘솔에서는 레이저 레이더 스캐너의 응답 시간 설정이 가능하고 또한 센싱 결과 및 지장물 판단 결과들을 확인할 수 있도록 개발하였다. 그림 6(b)는 개발한 레이저 레이더 헤더부분이며, 스캐너, 스텝 모터 등으로 구성되어져 있다. 헤더의 무게는 7 kg으로 선로변 설치에 이상이 없도록 하였다.

본 연구를 통해 개발한 레이저 레이더 센서의 측정거리는 최대 400m, 분해능은 10cm, 측정시간은 1초 이하이다. 따라서 역당 최소 2개의 센서 운용이 필요하다. 장애물 감지 크기는 운용 콘솔에서 설정할 수 있도록 하였으며, 기본 값으로 앞에서 설명한 바와 같이 20cm×20cm 이상을 지장물로 감지할 수 있도록 설정되어 있다. 또한 감지 지장물의 크기에 따라 성인, 아동, 물건 등으로 구분할 수 있도록 하였다.

그림 6 레이저 레이더 기반 개발 시제품의 구성

Fig. 6 Configuration of developed equipment

4. 개발 안전설비 성능시험 결과

개발 시제품 제어부의 소프트웨어는 장애물 감지모듈, 이상감지 경보 처리모듈, 감지데이터 저장모듈, 저장데이터 검색모듈, 저장데이터 출력모듈로 구성되어 있으며, 각 모듈별 결과들이 운용 콘솔을 통해 확인될 수 있다. 본 실험은 실험실 및 야외에서 운용 콘솔을 통해 결과를 확인하는 형태로 수행이 되었다.

센서부에서 지장물을 감지하면 우선 제어함 외부에 장착한 경보등을 동작시켜 장애물이 감지되었음을 신속하게 파악할 수 있도록 하였으며, 또한 TCP/IP 방식으로 통신을 통하여 운용자 콘솔에 감지한 지장물의 상세한 정보가 표시 및 저장되도록 하였다. 감지된 장애물은 감지데이터 분석을 통해 감지된 거리 및 크기, 크기를 통한 물체의 종류를 분류할 수 있도록 하였으며, 감지된 정보는 안전설비가 설치된 개소의 향후 시설물 개선 등의 자료로 활용을 위해 월별 통계파일로도 조회가 가능하도록 하였다.

그림 7 실험실에서의 실험 현황

Fig. 7 Lab. testing system configuration

실험실 시험에서는 그림 7 오른쪽처럼 벽에 장애물을 부착하고 레이저 스캐너의 장애물 감지 영역 및 대상물체의 형상 표준시료를 레이저 스캐너 장치로부터 일정 거리에 떨어진 상태에서 표준시료를 감지하는지를 측정하였다. 실험에서는 3.05m 벽면에 설치된 표준시료를 측정하여 그 결과를 콘솔을 통해 확인하였으며, 또한 정상적인 실내조명 아래에서와 레이저 스캐너에 역광조명을 강제로 인가하여 각각 측정하였고, 콘솔을 통해 지장물 경보 발생 조건을 10 cm 이상으로 설정하여 실험을 수행하였다. 그림 8은 실험실 시험 결과를 나타낸 것으로 표준 시료의 거리까지 정확하게 측정함을 확인할 수 있으며, 역광조명 하에서도 동일한 결과를 얻었다. 즉, 측정결과 표준시료에 대한 장애물까지의 거리가 정확하게 일치하였으며, 측정된 가로 넓이의 스캔 데이터가 표준시료의 크기(0.2m)와 일치됨을 확인하였다. 또한 역광조명은 장애물 감지 시 영향을 거의 미치지 않음을 확인할 수 있었다.

그림 8에 나타낸 바와 같이 지장물이 감지되면 감지화면에 “이상감지 데이터”를 표시하고 그 지장물의 감지 위치를 표시하게 된다. 이는 지장물이 없을 때 스캔한 정보와 지장물이 있을 때 스캔한 정보를 비교하여, 새롭게 감지된 데이터만 지장물로 처리하여 다른 색으로 표시하도록(본 실험에서는 붉은색으로 표시되도록 설정)하고 그 거리를 표출되도록 하였다. 이러한 기능은 플랫폼에 적용할 경우 기존 시설물을 지장물로 감지하는 에러를 방지하기 위한 부분이다. 그림 9는 지장물 감지 전 후의 감지 표시화면을 비교하여 나타낸 것이다.

그림 8 실험실 시험에서의 지장물 측정 결과
Fig. 8 Detection results of a object at lab. testing

(a) 장애물이 놓인 야외실험 환경

(a) 장애물 검지 전

(b) 장애물 검지 결과

그림 10 야외 실험 현황 및 결과
Fig. 10 Detection results of object at field testing

그림 10은 야외 실험에서의 지장물과 측정결과를 보여주고 있다. 야외 실험에서 4개의 지장물을 15m, 22m, 29m, 33m에 위치시켜놓고 본 제작 장비를 통한 측정을 수행하였으며, 그 결과가 오른쪽에 나타나 있다. 오른쪽에서는 지장물을 위치시키지 않았을 때 스캔 값과 지장물을 위치시켰을 때의 값을 비교하여 도로 등 지장물 위치 전후 일치되는 데이터는 삭제하고 지장물로 판정된 부분만 표시한 결과이다. 야외 실험결과 지장물의 거리를 정확하게 검지할 수 있음을 확인하였다.

5. 결 론

철도 승강장에서의 많은 사상사고는 최근의 PSD 설치로 원천적으로 제어되고 있지만, 일반철도 승강장의 경우 기술적인 문제로 원천적으로 PSD 설치가 불가능하다. 이러한 아직도 많은 공중사상사고를 나타내고 있는 승강장 안전설비들이 다양한 센서들을 기반으로 개발되고 있지만, 눈, 비, 조도 등의 다양한 철도역사 환경에 적절하지 않은 문제점들을 가지고 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결할 수 있는 환경적인 요인에 상관없이 지상 및 지하역사 어디

(b) 장애물 검지 후

그림 9 지장물 검지 전후의 표시화면
Fig. 9 Detection results of before and after detecting

에도 정확하게 추락하는 사람을 감지할 수 있는 레이저 레이더 기반의 안전설비를 개발하였다. 즉, 레이저 레이더 센서를 이용하여 승강장에서 선로로 떨어지는 물체를 감지하여, 정보처리를 통해 사람이거나 열차운행에 지장을 줄 수 있을 정도 크기의 물체일 경우 경보를 발생시켜 접근하는 열차에서 정지신호가 출력되도록 하였다. 레이저 레이더 센서를 이용한 안전설비가 국내의 다양한 철도역사 환경에 운용될 수 있도록 몇 가지 형태의 설치위치를 제시하였고, 또한 개발한 시제품을 통한 성능시험을 위해 정상조명, 역광 등의 다양한 조건하에서의 실험을 통해 그 성능을 확인하였다. 철도 승강장의 사상사고 저감을 위한 안전설비는 철도 승객과 철도 사용자들의 안전을 향상시키며 또한 운송과 연관된 위험으로부터 일반 대중과 환경을 보호할 것이며 사고로 인한 열차 지연의 횟수를 줄임으로써 혼잡을 일으키지 않도록 도움을 줄 것으로 기대된다. 또한 국내 ICT 기술로 개발한 승강장 선로 안전시스템을 해외 시장에 수출시 조기 선점이 가능할 것으로 보이며, 국내 관련 부품 및 장비 산업의 활성화에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 국토해양부, “2008년 철도사고 2007년도에 비해 4.9% 감소”, 보도자료, 2009.4.
- [2] 열차제어시스템 안전성능 평가 및 사고방지기술개발 연구보고서, 한국건설교통기술평가원, 2011.6.
- [3] Y.H. Kim, J-G. Hwang, H.J. Jo, K.H Choi, T.K. K0, “Accident Protection Equipment for Railway Platform using Novel LaserRadar Sensort System”, Proceeding of International Conference on Accident Prevention, Busan, Korea, pp. 477-480, 2010.
- [4] 최권희, 외, “철도시스템의 지능형 안전설비 기술동향”, 조명전기설비학회지, Vol. 24, No. 4, 2009.
- [5] 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.
- [6] Seiya Inada, “플랫폼 추락자 감지시스템 연구”, 鐵道와電氣技術, Vol.15 No.12., 2004.
- [7] 최권희, “철도 승강장 선로의 침입자 및 장애물 감지시스템에 관한 연구”, 한국철도학회 2009년도 춘계학술대회논문집, pp. 872~878, 2009.
- [8] 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.
- [9] “LaserGrab PLS 60 Platform security system for rail roads”, Data Sheet, LASER OPTONIX, 2009.

저 자 소 개

김 유 호 (金 佑 鎬)

1986년 건국대학교 전기공학과 졸업, 2006년 연세대학교전기공학 석사 졸업, 2006년 ~ 현재, 연세대학교 전기전자공학 재학, 2007년~현재 (주)에이알텍 부사장

Tel : 02-2083-5601

Fax : 02-2083-5650

E-mail : asa812@korea.com

황 종 규 (黃 宗 奎)

1994년 건국대학교 전기공학과 졸업, 1996년 동 대학원 석사졸업, 2005년 한양대학교 전자통신전파공학과 박사졸업, 1995년 ~ 현재 한국철도기술연구원 책임연구원, 2011~2012 Virginia Commonwealth Univ. 방문연구원

Tel : 031-460-5438

Fax : 031-460-5449

E-mail : jghwang@krri.re.kr

조 현 정 (趙 賢 庭)

2003년 한국항공대학교 항공전자공학과 졸업, 2005년 광주과학기술원(GIST) 정보통신공학과 졸업, 2005년~현재 한국철도기술연구원 선임연구원

Tel : 031-460-5458

Fax : 031-460-5449

E-mail : hjjo@krri.re.kr

백 종 현 (白 宗 鉉)

1995년 전북대학교 제어계측공학과 졸업, 1997년 광주과학기술원 메카트로닉스공학과 석사 졸업, 2009년 전북대학교 메카트로닉스공학과 박사 졸업, 1997년 ~ 현재 한국철도기술연구원 책임연구원

Tel : 031-460-5441

Fax : 031-460-5449

E-mail : jhbaek@krri.re.kr

김 백 현 (金 伯 鉉)

1994년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업,
1996년 2월 동 대학원 전자공학과 졸업(석사),
2003년 2월 동 대학원 전자공학과 졸업(박사),
2003년 3월~현재 한국철도기술연구원
수요응답형교통연구단 선임연구원

Tel : 031-460-5443

Fax : 031-460-5036

E-mail : bhkim@krri.re.kr

고 태 국 (高 太 國)

1981년 연세대 전기공학과 졸업, 1983년
Case Western Reserve Univ. Dept. of
EEAP 졸업(Ph.D), 1986년 ~ 1988년 Ohio
Cleveland State Univ. 전기공학과 조교수,
2008~2010년 한국 초전도 저온공학회 회장,
현재 연세대학교 전기전자 공학과 교수