

상하개폐형 RPSD의 수동개폐 알고리즘 개발 및 평가

최갑열¹ · 김현^{2*}

¹ 조선대학교 토목공학과, ² 한국교통연구원 철도운영기술연구실

Development of the Manual Opening and Closing Algorithm for Vertical Rope Type Platform Safe Door and Its Evaluation

CHOI, Gapyeol¹ · KIM, Hyun^{2*}

¹ Department of Civile Engineering, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

² Department of Railway Operation Technology Research, The Korea Transport Institute, Gyeonggi, 411-701, Korea

Abstract

Though the Platform Screen Door System (PSD) has received a positive evaluation and is installed in all the Urban Railroad platforms, PSD is not installed in the Intercity Railroad platforms. The limitation of PSD in the Intercity Railroad platforms is due to the fact that first, various types of trains such as KTX, Saemaeul, Mugunghwa, and Nuriro stop at the platforms and their locations of the doors are different and secondly, they are not operated under ATO (automatic train operation). RPSD system currently under research and development, on the other hand, is based on the improved door that slides up and down and can be installed in any Intercity Railroad platform regardless of the length of the train, the location of doors, and the number of doors. This study considers the mechanism of RPSD, develops a manual open/close algorithm, and evaluates the function of RPSD. The results show that the manual open/close algorithm achieves a significant improvement in efficiency when provided with power supply.

승강장 안전문은 긍정적 평가에도 불구하고 수도권 도시철도에만 100% 설치되어 있으며, 일반철도(Intercity Railroad) 승강장의 경우 승강장 안전문 설치가 전무한 상황이다. 이는 대부분의 도시철도에는 동일 형태의 열차(차량)가 정차하는 것과는 다르게 일반철도에는 KTX, 새마을, 무궁화, 누리로 등 다양한 형태의 열차가 정차하고, 자동 운전시스템(ATO)이 없이 운영되기 때문에 기존 승강장 안전문 설치에 한계가 있기 때문이다. 현재 연구개발 중인 상하개폐식 승강장 안전문(RPSD)은 열차의 길이 및 출입문 위치, 출입문 개수와 상관없이 모든 열차가 혼용하여 사용할 수 있는 안전시스템으로 일반철도 승강장에 매우 유용하다. 본 논문에서는 잠금장치가 없는 RPSD의 기계적 메커니즘을 고려하여 수동개폐 알고리즘을 개발하고 그 기능 구현에 대해 실험적 방법으로 평가하였다. 그 결과 RPSD의 수동개폐 알고리즘은 전원이 공급되고 있는 조건에서는 매우 효율적인 방법이라는 점을 확인할 수 있었다.

Keywords

manual open/close algorithm, illegal open/close, platform screen door, rope type platform safe door, safety of railroad platform 수동개폐 알고리즘, 부정개폐, 승강장 안전문, 상하개폐식 승강장 안전문, 철도 승강장안전

* : Corresponding Author
hyun_kim@koti.re.kr, Phone : +82-31-910-3135, Fax: +82-31-910-3225

Received 4 April 2014, Accepted 18 June 2014

© Korean Society of Transportation
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

1. 연구의 배경 및 목적

철도 승강장 낙상사고와 자살을 방지하기 위해 도입된 승강장 안전문(PSD : Platform Screen Door)은 2004년 광주 도시철도에 설치·운영한 이후, 지속적으로 확대되고 있다. 또한 서울도시철도 모든 승강장에 PSD가 100% 설치완료된 2010년 이후 승강장안전사고 및 자살은 'Zero'가 달성되었다. 한편 Ministry of Land and Infrastructure, Transport(2008)가 발표한 수도권 광역철도의 역사 내 사고 건수를 보면 2010년에는 64건, 2011년에는 33건, 2012년 9월 말까지는 31건 발생한 것으로 나타났으며, 3년간 사망자는 69명, 부상자는 59명이었다. 또한 PSD가 없는 곳에서는 연평균 10회 가량의 실족사고가 발생하였지만, PSD가 설치된 역사의 경우 3년간 단 한 차례의 실족사고도 발생하지 않은 것으로 나타났다. Kim J. K.(2008)의 연구에서는 PSD의 설치 효과는 수치적으로 승객 안전에 기여하고 있음을 제시하고 있다.

서울도시철도 노선에 100% 설치되어 있는 것에 반하여 일반 철도의 경우 PSD의 설치가 답보상태에 있다. 그 이유는 도시철도와 같이 동일 형태의 열차(차량)가 정차하는 것과는 다르게 일반철도에는 KTX, 새마을, 무궁화, 누리로 등 다양한 형태의 열차가 정차하고, 자동운전시스템(ATO)이 없이 운영되기 때문에 기존 승강장안전문 설치에 한계가 있기 때문이다.

상하개폐식 승강장 안전문 시스템(RPSD: Rope type Platform Safe Door)은 Figure 1에 제시하고 있는 것과 같이 안전문이 상하 메커니즘으로 열림과 닫힘 동작을 수행하기 때문에 열차 편성 규모, 차량 길이 및 출입문 위치, 출입문 개수가 다른 열차들이 정차하는 혼용 운영 역사에 대응할 수 있다(The Korea Transport Institute, 2013).

Kang H. C. et al.(2013)는 영등포역과 같이 KTX, 누리로, 새마을, 무궁화 등 다양한 열차가 혼용 운영되는 승강장에 RPSD 적용의 타당성을 밝히고 있다. Jung B. D. and Kim H.(2014)와 Jung B. D., Kim H. and Shin K. W.(2013)의 연구에서는 PSD에 대한 국민의 안전인식이 매우 긍정적으로 형성되어 있지만, RPSD는 기존 시스템과 비교하여 좌우방식이 아닌 상하방식이기 때문에 승객과 접촉이 머리라는 점을



Figure 1. Opening and closing Mechanism for RPSD

제시하며, 부정적인 평가도 있다는 점을 지적하고 있다. 상하개폐식 승강장 안전문은 기존의 승강장 안전문과 구동 방식이 다르기 때문에 안전을 확보하기 위한 비상수동 개폐 방법이 상이하다. RPSD가 자동으로 개폐되지 않을 경우 승강장 조작반을 이용하여 역무원이 조작하는 방법은 동일하지만, 긴급상황이 발생할 경우 선로측에서 RPSD의 안전문을 수동으로 개폐할 수 있도록 구성해야 한다. 이때, 수동개폐는 열차측에서 열림 동작을 하는지 아니면 승강장측면에서 열림동작을 하는지를 구분해야 한다. 승강장측의 수동개폐 시도는 부정으로 열림동작을 하는 것일 수 있기 때문에 이를 해결할 수 있는 방안이 필요하다.

본 논문은 비상상황 시 RPSD의 수동개폐를 안정적으로 수행하고, 한편으로는 부정으로 열림동작을 할 수 없도록 하는 알고리즘을 개발하고 그 알고리즘에 대해 Figure 8의 mock-up을 이용하여 신뢰성 평가를 수행하고자 한다.

선행 연구 검토

본 장에서는 PSD 시스템의 개요와 비상 대응방안에 대해 먼저 기술하고 RPSD와 PSD의 차이점에 대해 고찰하고, 이를 바탕으로 RPSD 시스템의 비상 대응방안을 마련하고자 한다.

1. PSD 기술 검토

1) PSD 개요

PSD는 플랫폼 승강장안전문 혹은 승강장 안전문이라고 하며, 철도승강장 위에 선로와 격리되는 고정벽(스크린)과 가동문을 설치해 차량의 출입문과 연동하여 개폐되도록 하는 승강장 안전장치 또는 그러한 시스템을 말한다. 전동차가 승강장 홈에 완전히 멈추어 서면 전동차

문과 함께 열려 승객이 고의나 실수로 선로에 빠지는 것을 막아주는 역할을 한다. 영국에서 처음으로 도입한 이래 프랑스·일본·홍콩 등의 도시철도 역에서 적용하고 있으며, 한국에서는 2004년 개통된 광주지하철 1호선에 최초로 설치되어 운영되었다(Doosan Encyclopedia, 2013).

선로부와 승강장을 고정벽으로 완전히 격리하는 완전 밀폐형, 고정벽 및 가동문 위에 개구부 또는 갭리리를 배치하는 반밀폐형, 차량의 문 위치에 맞추어 가동문을 설치하는 난간형 3종류가 있다. 장점은 승객의 추락 및 전동차 접촉 방지, 역무원 인력의 절감, 열차의 무인 운전 가능, 승객 유동성 향상 및 고속통과 운전 가능, 차량 강풍 방지와 방음·방진 효과를 통한 승강장의 쾌적성 유지, 열차 화재시 방연 효과, 역 환기탑 및 기계실의 축소 가능 등이다. 그러나 초기 설치비가 많이 들고, 열차가 정위치를 초과해 정차하는 경우 승하차 속도가 지연될 우려가 있으며, 다양한 차종의 열차가 동일한 승강장에 정차하는 경우 대응이 어렵다는 것이 단점으로 지적된다(Doosan Encyclopedia, 2013).

2) PSD 장애물 감지 기법

PSD 시스템에는 Figure 2에 제시하고 있는 바와 같



Figure 2. Electrical sensors for detecting obstacles between train door and platform screen door

이 도시철도 용품의 품질인증 요령에 의해 승객이나 장애물이 승강장안전문 사이 또는 승강장안전문과 차량 사이 등에 위치한 것을 감지할 수 있는 장애물 감지장치 및 비상 열림 스위치 등의 비상처리장치가 포함 되어 있다. 또한 장애물 감지장치는 정확하고 안전한 감지가 가능하도록 다중화 구조로 되어 있다(Lee S. W., 2004).

3) PSD 비상시 수동개폐 기법

PSD의 수동개폐는 열차가 정위치 정차를 하지 못했거나, 정위치에 정차하였으나 감지를 못했을 경우 등 어떤 이유에서든 열차는 승강장에 도착하였는데 PSD 도어가 제어되지 않을 경우 승객들의 승/하차를 위하여 승무원이 수동으로 도어를 제어하는 경우 및 승객이 수동으로 도어를 열게 되는 경우 이루어진다.

(1) 승무원에 의한 수동개폐

승무원이 수동으로 제어를 하는 경우에는 승강장에 위치한 승강장 조작반 또는 열차에 위치한 승무원 조작반에서 수동으로 도어의 열림(Open) 또는 닫힘(Close) 버튼 조작으로 PSD의 도어를 제어한다. 이 경우 먼저 통신으로 제어하고, 만약 통신 이상이 있어 PSD가 제어되지 않는 경우에는 실선으로 제어할 수 있도록 이중화로 구성되어 있다(Figure 3 참조).

기본적으로 승강장 및 승무원 조작반에서는 PSD 전체 도어를 일괄제어하고 있으며, 전동차의 정위치에 대한 정보(양호, 초과, 미달)는 램프로 표시하여 관리자에게 알리도록 되어 있다. 승강장 조작반은 통상 PSD의 중앙에 위치하고 있으며, 승무원 조작반은 기관사가 탑승해 있는 곳 즉 전동차 선두부에 설치되어 있다. 또한 위의 승무원, 승강장 조작반 외에도 역무실과 도어 위에 개별조작반도 설치되어 전기적으로 4가지 조작이 가능

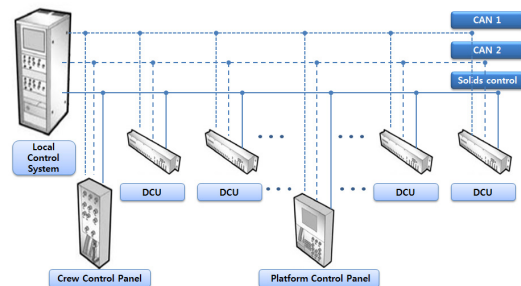


Figure 3. Communications system and operation control panel of PSD

하도록 되어 있으며, 전기적 조작이 되지 않을 경우에도 승무원이 수동으로 PSD를 열 수 있도록 되어 있다.

(2) 승객에 의한 수동개폐

사고 등의 상황으로 인해 열차의 문은 열렸으나 PSD의 안전문이 열리지 않을 때는 Table 1과 같이 승객이 직접 선로측에 설치된 슬라이딩도어 수동해제 레버를 작동시켜 PSD의 안전문을 쉽게 열수 있다. 또한 열차가 정위치를 벗어나 PSD의 안전문이 아닌 부분에 정차했을 경우는 슬라이딩 도어 옆에 설치된 비상도어를 밀면 문을 열어 대피할 수 있도록 되어 있다.

Table 1. Manual operation of screen door

	Screen door manual open and close. 1	Screen door manual open and close. 2
method		

Source : Seoul metro blog,
<https://blog.naver.com/Seoulmetro>

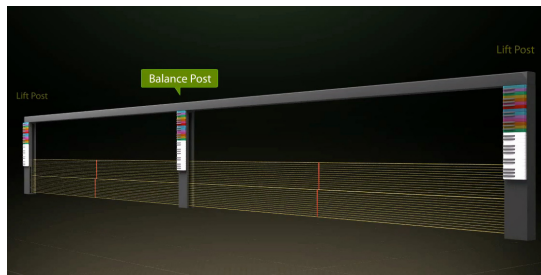


Figure 4. Structure of RPSD

2. RPSD 기술 검토

1) RPSD 개요

RPSD는 Figure 4와 같이 승객이 전동차 및 여객열차의 승차를 위하여 대기하는 철도 승강장에 설치되어 전동차가 승차위치에 정차하면 안전문을 위로 승강시켜 승객이 승차할 수 있도록 한 시스템이다. 승객의 승차가 완료되어 전동차가 출발하고자 할 때에는 승강된 안전문을 하강시켜 승강장측과 선로측을 분리하여, 승객의 선로 추락이나 열차와의 충돌 등의 상해로부터 승객의 안

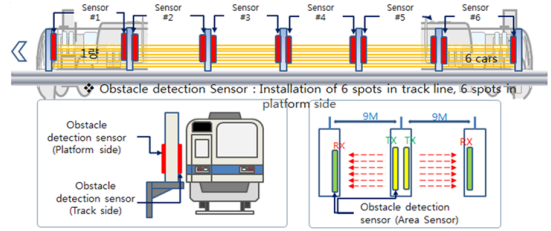


Figure 5. Detecting Method for obstacles

전을 확보할 수 있도록 한 플랫폼 안전장치이다.

RPSD는 열차 출입문과 함께 자동으로 개폐되며, 10m, 20m, 40m 등 역사의 특성 및 정차하는 열차특성에 따라 다양한 단위로 구성할 수 있어 구조적, 운영적 여건으로 인해 PSD를 설치하기 어려운 승강장에도 설치가 가능하도록 개발되었다. 현재 국내에서 다양한 열차(차량)에 대응할 수 있는 유일한 시스템으로 정위치 정차에 대한 부담이 적고, 설치기간도 짧으며, 비용도 저렴하고, 유지보수 비용도 낮아 국내 뿐 아니라 해외에서도 경쟁력이 있는 기술에 해당한다(www.rpsd.kr).

2) RPSD의 장애물 감지 시스템

RPSD의 안전문 제어는 기본적으로 열차가 정차하고 열차 출입문이 열리면 이와 동시에 RPSD의 안전문이 위로 올라가 열림상태를 유지하게 된다. 또한 열차출입문이 닫힘과 동시 또는 열차가 출발한 다음 RPSD의 안전문은 아래로 내려와 닫힘 상태를 유지한다. 하지만 RPSD의 안전문이 닫힘 동작을 수행하던 중 Figure 5에 제시하고 있는 바와 같이 RPSD의 안전문과 차량사이에 승객이 남아 있는 경우는 이를 인식하여 RPSD의 안전문은 닫힘 동작을 일시 정지하며, 승객이 없는 상황인지를 확인한 다음 다시 닫힘 동작을 수행한다. 또한 RPSD 문의 닫힘 동작 중에 무리하게 승차하는 승객이 있는 경우 RPSD의 안전문이 승객과 접촉할 수 있기 때문에 이를 감지하기 위해 승강장측에도 장애물 센서를 구성하고 있다.

기존 PSD는 승강장측에 장애물센서를 구성하지 않는 것이 일반적이는데, RPSD 시스템은 Figure 5에 제시하고 있는 바와 같이 승강장측과 선로측에 각각 장애물 센서를 구성하고 있다는 것이 특이 점이다.

3) 비상개폐에 대한 RPSD 문제점

RPSD는 새로 도입된 개념이지만 도입 단계부터 안

전에 대해 심도 있게 고민을 해왔기 때문에 기본적인 구조에도 안전에 관한 철학이 담겨있다. 안전문에 해당되는 부분이 와이어로 되어 있어 기본적인 탄성이 있으며, 기둥 사이의 와이어 선을 1:1로 연결한 것이 아니라 여러 줄이 S자 형태로 연결되어 있기 때문에 만약에 있을 안전문과 승객의 충격에 대비하는 등의 조치를 취하고 있으며, 장애물 감지센서와, 토크제어 등의 기술을 통해 승객의 안전을 보장하고 있다.

하지만, RPSD의 전체 구성은 Figure 4와 같이 동력 전달이 가능한 Lift Post와 승객의 선로 추락방지를 위한 안전문(Safe Door), 그리고 안전문에 풍하중과 등분포하중 $100(\text{kg} \cdot \text{f}/\text{m})$ 이 적체되었을 경우 선로측으로의 변위와 처짐을 예방하기 위한 Balance Post로 구성되어 있다. 이 구성 중 RPSD의 안전문은 비상상황인 경우 선로측에서 승객이 수동으로 개폐할 수 있도록 설계되어야 한다.

기존 PSD의 수동개폐 시스템은 Table 1에 제시하고 있는 바와 같이 잠금장치 해제 레버와 패닉바로 구성되어 있다. 하지만 RPSD 시스템에서는 두 가지 방식 적용이 불가능한 구조를 갖고 있기 때문에 이 문제를 해결해야 한다.

비상시 수동개폐 알고리즘 개발과 평가

1. 비상개폐와 부정개폐의 정의

비상개폐의 정의는 첫째, 열차가 승강장에 도착해 정차하였지만 RPSD의 안전문이 열리지 않을 경우 승무원 또는 승객이 수동으로 RPSD의 안전문을 개폐하는 것을 말한다. 둘째 차량내부에 화재 또는 긴급상황 발생으로 승객 또는 승무원이 RPSD 안전문을 수동으로 개폐할 경우로 정의된다. 상기 2가지 조건일 경우 RPSD 시스템은 전원 유무에 관계없이 수동개폐가 가능해야 한다. 이때, RPSD 시스템은 기존 PSD와 동일하게 승객 또는 승무원의 힘(수동)으로 RPSD의 안전문을 열고 탈출할 수 있어야 한다.

한편 RPSD의 설계요구사항은 원하지 않은 상황에서 RPSD의 안전문이 수동으로 개폐되지 않아야만 한다. 임의적으로 수동으로 개폐된다면 이는 부정으로 RPSD의 안전문이 열리는 경우를 의미하며 이를 부정개폐로 정의한다.

2. 알고리즘 개발의 기본 원칙 및 범위

본 알고리즘 개발은 원칙적으로 Figure 5에서 나타난 기존 인프라를 이용하여 수행하고자 한다. 즉 장애물 감지 목적으로 선로측과 승강장측에 구성된 센서를 활용하는 방안을 제시하고자 한다. 우선 알고리즘의 기초정보는 승강장측에 승객이나 장애물을 감지할 수 있는 승강장측 센서와 선로측에 승객이나 장애물을 감지할 수 있는 선로측 센서의 정보를 바탕으로 구성한다.

RPSD는 비상개폐와 부정개폐에 대한 확인이 가능해야 하며, 본 논문의 목적은 비상 시 수동개폐 알고리즘을 개발하는 데 있다. 단, RPSD 시스템의 전원이 항상 갖추어진 상황에서만 작동한다. 그 이유는 Figure 5에 제시하고 있는 바와 같이 장애물 감지 센서시스템의 자료를 활용하고 있기 때문이며, 만약 전원이 공급되지 못할 경우는 해당 센서 값이 제공될지 못하기 때문에 본 알고리즘은 수동개폐와 부정개폐를 구분할 수 없다. 일반적으로 전원이 공급되지 않는 상황은 비상상황으로 볼 수 있기 때문에 역무원이나 승객이 수동으로 개폐할 수 있어야 한다. 본 알고리즘의 범위는 전원이 상시 제공되는 상황에만 제한된다.

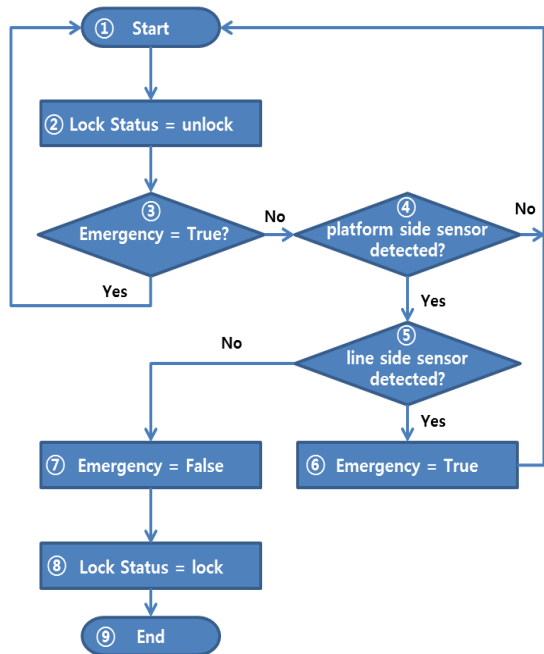


Figure 6. Determine whether or not a lock of RPSD safety door algorithm

Table 2. Determine whether or not a lock of RPSD safety door

simulation	platform side sensor	line side sensor	lock	note
1)	detected	not detected	lock	
2)	detected	detected	unlock	
3)	not detected	not detected	unlock	default
4)	not detected	detected	unlock	

3. 알고리즘

RPSD 안전문의 알고리즘은 전원이 상시 제공되고 있는 조건에서 선로측과 승강장측 장애물 센서 데이터의 조합을 통해 RPSD 안전문의 수동개폐와 부정개폐의 필요 상황을 추론할 수 있다. Figure 6은 승강장측과 선로측의 센서정보를 이용한 수동개폐 알고리즘을 설명하고 있다.

본 알고리즘의 해석은 조건에 따라 Table 2와 같이 정리할 수 있다. 각각의 조건에 대한 설명은 다음과 같다.

조건 1) 승강장측 센서 감지 + 선로측 센서 미감지

이 조건은 승객대기 상태 혹은 RPSD의 안전문으로 접근하는 상태이므로 승객의 안전확보를 위해 RPSD의 안전문은 잠금 상태를 유지해야 한다. 만약 상기 조건인 상황에서는 부정으로 RPSD의 안전문을 개폐하고자 시도하는 경우를 모니터링하며, 이때 RPSD의 모터 부하량 변화에 근거하여 부정개폐 시도를 차단하도록 설계되어야 한다.

조건 2) 승강장측 센서 감지 + 선로측 센서 감지

이 조건은 승강장측과 선로측에 승객 또는 장애물이 있는 상황에 해당된다. 승강장에도 승객이 있는 상황으로, 장애물센서의 감지 정보가 단일구간에서 발생하는지 다른 구간에서도 발생하고 있는지를 판단한다. 만약 단일구간이 아닌 복수의 안전문에서 조건2)가 발생하고 있는 것으로 감지가 되면, 비상개폐가 가능하도록 한다.

조건 3) 승강장측센서 미감지 + 선로측센서 미감지

이 조건은 선로측과 승강장에 승객이 없는 기본 상황으로 승강장에서 선로측으로 무단 접근할 위험이 없으므로 안전문은 닫힘 상태를 유지한다. 특별히 열림 상태로 변경은 기계결함, 정전 등의 비상상황 가능성이 있기 때문에 필요한 상황에 역무원이 접근하여 열림상태로 전환할 수 있도록 설계한다.

조건 4) 승강장측센서 미감지 + 선로측센서 감지

이 조건은 열차 도착이 확인된 다음 선로측 센서만 감지한 경우에 해당된다. 따라서 RPSD와 차량의 출입문 사이에 장애물 또는 승객이 존재하는 상황에 해당된다. 또한 비상상황인 경우는 열차도착과 동시에 차량 출입문이 열리지 않은 상황인 경우 수동개폐 안내문에 따라 승객이 대응하므로 조건4)는 여러 구간에서 발생하게 된다.

3. 알고리즘의 평가

작성된 알고리즘이 승강장에서 발생하는 주요 상황에 대해 정확하게 반응할 수 있는지에 대해 상황별 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 상황은 RPSD에 접근이 없는 일반 상황과, 사고 등으로 인해 열차 측에서 문제가 발생했을 경우, 승강장에서 무단으로 안전문을 열기위해 시도했을 경우로 나눌 수 있다.

상황 1. 일반 상황

① ⇒ ② ⇒ ③ ⇒ ④ ⇒ ②
 [상태=unlock] 검증 : OK

상황 2. 수동개폐1(열차 출입문 측의 열기시도)

① ⇒ ② ⇒ ③ ⇒ ④ ⇒ ②
 [상태=unlock] 검증 : OK

상황 3. 수동개폐 2 (승강장/열차 출입문 측 열기시도)

① ⇒ ② ⇒ ③ ⇒ ④ ⇒ ⑤ ⇒ ⑥ ⇒ ②
 [상태=unlock] 검증 : OK

상황 4. 부정개폐 (승강장측 열기시도)

① ⇒ ② ⇒ ③ ⇒ ④ ⇒ ⑤ ⇒ ⑦ ⇒ ⑧
 [상태=lock] 검증 : OK

본 알고리즘 평가는 수동개폐와 부정개폐 상황을 설정하여 2014년 4월 17일부터 5월 5일까지 18일간 RPSD 시험운전을 위한 조건을 설정하여 평가하였다. 알고리즘 평가는 Figure 6에 제시하고 있는 시험조작반을 제작하여 3가지 상황의 센서 신호를 발생하여 수행하였다. 센서 값은 Figure 6의 시험조작반 우측 하단 센서 조작반(Sensor control)에서 제공하며, 이 센서 값은



Figure 7. RPSD panel for test operation



Figure 8. RPSD mock-up for test operation on the manual opening and closing algorithm

RPSD의 안전문을 제어하는 개별제어반(DCU : Door Control Unit)과 연동하여 수동개폐 알고리즘의 시험을 수행하였다. 수동개폐 알고리즘의 시험은 Figure 8과 같이 5m 규모의 RPSD 시제품(Mock-up)에 적용하였고, 수동개폐와 부정개폐 상황을 각각 연출하여 시험하였다.

수동개폐 알고리즘 성능평가 결과는 Table 3에 제시하고 있다. 수동개폐 조건에 해당하는 상황2와 상황3, 그리고 부정개폐에 해당하는 상황 4에 대한 센서 값에 검지 횟수에 근거하여 수동개폐 알고리즘의 신뢰성을 시험한 결과로, 수동개폐와 부정개폐의 실패 횟수를 제시한 값이다. 이를 통해 수동개폐 알고리즘이 완벽하게 구현되고 있음을 확인할 수 있었다. 특히 수동개폐와 부정개폐 상황을 명확히 구분할 수 있다는 점이 확인되었다. 단, 센서 값은 전원이 상시 공급될 경우만 그 신뢰성을 확보할 수 있다.

결론 및 향후 과제

본 논문에서는 RPSD 운영에 있어 고려해야 할 안전

Table 3. Results for test operation on the manual opening and closing algorithm

date	detection times on manual operations		errors on manual operations	detection times on deliberate conditions		errors on deliberate conditions
	env. 2	env. 3		env. 4		
04-17	7	7	0	7	0	
04-18	3	3	0	3	0	
04-19	3	3	0	3	0	
04-20	9	9	0	9	0	
04-21	2	2	0	2	0	
04-22	5	5	0	5	0	
04-23	5	5	0	5	0	
04-24	4	4	0	4	0	
04-25	5	5	0	5	0	
04-26	6	6	0	6	0	
04-27	12	12	0	12	0	
04-28	2	2	0	2	0	
04-29	2	2	0	2	0	
04-30	1	1	0	1	0	
05-2	5	5	0	5	0	
05-3	2	2	0	2	0	
05-4	1	1	0	1	0	
05-5	6	6	0	6	0	
Total	80	80	0	80	0	

조건에 근거하여 수동개폐 알고리즘을 개발하고 해당 상황에 대해 시제품(Mock-up) 실험을 통하여 알고리즘 구현의 신뢰성을 평가하였다. RPSD는 현재 대구도시철도 2호선 문양역과 일본 전원도시선 츠키미노역에서 각각 상용운영 중에 있다. 하지만 RPSD 메커니즘은 잠금장치가 없는 형태로 필요시 열차출입문 측에서 수동으로 RPSD의 안전문을 개폐할 수 있어야 하며, 반드시 부정으로 개폐할 수 없어야만 한다. 즉 수동개폐는 전술한 비상개폐 조건에서만 열차출입문 측에서 승객 또는 승무원이 들어 올리는 방법을 채택하고 있다.

본 알고리즘에서는 일반(자동개폐), 수동개폐, 그리고 부정개폐 상황을 구분할 수 있도록 하였으며, 수동개폐와 부정개폐는 각각 80회씩 시험한 결과 수동개폐 알고리즘이 완벽하게 구현되고 있음을 확인하였다. 따라서 본 논문에서 개발한 수동개폐 알고리즘은 잠금장치가 없는 경우 전원이 공급되는 상황에서 매우 유용한 방법인 것으로 확인되었다.

본 논문에서 제안한 수동개폐 알고리즘은 전원이 상시 유지할 수 있어야만 가능한 기능이라는 한계점이 있다. 이 조건은 무정전 설비(UPS)를 설치하여 대구문양역과 일본 동경전원도시선 츠키미노역에서 운영 중에 있

다. 물론 기존의 전자식 잠금장치도 전원이 공급되는 상황에서만 수동개폐와 부정개폐를 구분할 수 있다. 따라서 전원공급과 관계없는 시스템을 개선하기 위해서는 상하개폐방식의 기계적 메커니즘과 함께 기계식 잠금장치에 관한 연구가 필요하다. 이는 RPSD가 안전장치에 해당되므로 전원 공급 여부와 관계없이 그 신뢰성 유지는 매우 중요하기 때문이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This paper was supported by the 2013 Railroad Technical Research Program of Korea grant funded by the Korea government(MOLIT) (13RTRP-B067916-01).

REFERENCES

Doosan Encyclopedia (2013), 'Screen Door' Search.
 Jung B. D., Kim H. (2014), Comparative Analysis on Subjective Emotional Evaluation of Rope Type Platform Safe Door (RPSD), Transportation Research, 21(1), 51-63.
 Jung B. D., Kim H., Shin K. W. (2013), A Study on the Sensibility Evaluation for the Human-centered Deding of Rope Platform Safe Door(RPSD), Journal of the Korean Society of Civil Engineers, 33(2), 703-709.
 Kang H. C., Kim H., Chung Y. S. (2013), Feasibility Analysis of RPSD(Rope type Platform Safe Door) on the Simulation, Journal of the Korean ITS, 12(2), 22-29.
 Kim J. K. (2008), A Study on the Improvement in Safety after the Installation of Platform Screen Door, Seoul National University of Science and Technology, Paper of Masters Degree.
 Lee S. H., Kang H. C., Kim H., Chung Y. S., Park J. S., Kim S. G. (2013), A Study of RPSD(Rope type Platform Safe Door) Opening and Closing Control Algorithm on Train Platform, Transportation Research, 20(3), 1-12.

Lee S. W. (2004), The Introduction of Platform Screen Door in the Subway Station, Seoul National University of Science and Technology, Paper of Masters Degree.
 Ministry of Land and Infrastructure, Transport (2008), City Railway Goods Quality Certification Revision Tips.
 RPSD Homepage, <http://rpsd.kr/korrpsd/subol/subol.asp>, 2013.05.10.
 Seoul Metro blog, <http://blog.naver.com/Seoulmetro>, 2014. 01. 20
 The Korea Transport Institute (2013), Development of Advance Rope type Platform Screen Door System for Preventing Rail Passengers.

- ☞ 주 작성자 : 최갑열
- ☞ 교신저자 : 김현
- ☞ 논문투고일 : 2014. 4. 4
- ☞ 논문심사일 : 2014. 4. 24 (1차)
2014. 5. 25 (2차)
2014. 6. 18 (3차)
- ☞ 심사판정일 : 2014. 6. 18
- ☞ 반론접수기한 : 2014. 10. 30
- ☞ 3인 익명 심사필
- ☞ 1인 abstract 교정필