

철도건널목 지장물 검지를 위한 보판센서 연구 개발

A Study on the Development of Panel Sensor for Obstruction Detecting at the Railway Level Crossing

이재훈[†] · 김종기^{*} · 류상환^{*} · 유광균^{**} · 조 황^{***} · 이기서^{***}

Jae-Hoon Lee · Jong-Ki Kim · Sang-Hwan Ryu · Kwang-Kiun Yoo · Hwang Cho · Key-Seo Lee

Abstract

For a short-term measurement to reduce an accident on a railroad crossing, it is necessary to find out the weakness and problems of existing equipment in the railroad transportation system. The analysis of railroad crossing accidents shows that main causes of accidents (24.9%) are the careless driving including an engine problem, damage on the safety equipment, slide on the snow, and an engine stop on the railroad crossing. Therefore, it is required to install a sensor, or to make a crossing gate at the exist for detecting obstacles on a railroad to prevent collisions among trains. This paper suggests 'a panel sensor using the strain gauge' to make up the weaknesses of the sensing Dead Zone, which are caused by using a laser method, and to detect any small objects passing railroads in order to reduce the errors, which are occurred in the earth magnetic field for controlling Exit Slide Crossing Arm Detector. The device, suggested in this paper, is verified with detecting any small objects passing the railroad, with judging entry decision clearly, and with controlling passing gate and obstruction warnings/cautions obstacles at the same time, through an experimental test.

Keywords : Level Crossing System(건널목), Panel Sensor(보판센서), Straingauge(스트레인게이지), Obstruction Detecting Device(지장물 검지장치)

1. 서 론

철도는 안전을 최우선으로 하는 시스템임에도 불구하고 다른 모든 시스템에서 처럼 사고는 피해갈 수 없는 실정이다. 열차의 특성상 주행 중 장애물을 보고도 제동거리가 길기 때문에 어쩔 수 없이 사고를 내는 경우가 허다하고 국내 외적으로 사고가 빈발하여 소중한 인명과 재산이 피해를 입고 있다[1].

1997년부터 2004년까지의 국내 철도운전사고 발생현황을 분석한 결과(Table 2 참조), 열차사고는 연평균 4.5%(4.6건)를 차지한 반면, 철도건널목사고는 95.5% (77.4건)를 차지하였다[2,3].

이처럼 철도사고의 대부분을 차지하고 있는 철도건널목 사고를 근본적으로 방지하기 위해서는 철도와 건널목을 입체화 하는 것이 가장 이상적이지만 시설비가 많이 들고 시공기간이 길어 장기적인 대책일 수 밖에 없는 실정이다. 따라서 철도 건널목사고를 줄이기 위한 단기적인 방안으로는 기존 설비에 대한 취약성과 문제점을 찾아 대책을 강구하는 일이다[4].

따라서 본 논문에서는 현재 건널목상의 지장물 검지 방법에 있어서 레이저 방식에 의해 발생되는 검지 사각지역을 보완하고, 출구측 차단기 제어를 위한 지자계 센서에 의한 검지방식에서 나타나는 진출 판단 오류를 분석하고, 오류를 현격하게 줄일 수 있는 스트레인게이지를 활용한 보판센서 연구개발에 관하여 논하고자 한다.

2. 본 론

2.1 국내 철도건널목 운영 및 사고 분석

건널목의 설치는 열차 운행횟수와 도로교통량을 조사하

[†] 책임저자 : 정회원, 특허청, 전기전자심사본부 컴퓨터심사팀, 선임심사관

E-mail : ljh3480@hanmail.net

TEL : 011-435-3481 FAX : 02-943-2382

^{*} 정회원, 한국철도기술연구원, 책임연구원

^{**} 정회원, 한국철도대학, 철도전기제어과, 교수

^{***} 정회원, 광운대학교 정보제어공학과, 교수

여 건널목의 종별을 정하여 설치하고 있다.

“건널목 개량 촉진법(법률 제2462호, 1973.2.5) 및 동법 시행령(제6902호, 73.10.11)”과 “건널목설치 및 설비기준규정(철도청 훈령 제2578호, 1963.4.23)에 의해 철도건널목을 통과하는 교통량과 안전설비 설치 여부에 따라 1종, 2종, 3종 철도건널목으로 구분하고 있다[5,6]. Table 1은 2004년말 기준 종별 내용과 설치현황이다.

국내의 철도사고는 1980년대 이후 중대사고에 해당하는 운전사고에 있어서 열차충돌, 탈선, 화재 등의 열차사고는 감소하면서 철도건널목 사고가 95.5%로 운전사고의 대부분을 차지하고 있다[2,3](Table 2 참조).

철도건널목의 사고 발생 원인으로는 Table 3에서와 같이 철도건널목 사고의 대부분(94.4%)은 자동차 운전자의 운전 부주의나 준법정신 결여에 의한 것으로 분석되었다.

철도건널목 사고의 차종별로는 Fig. 1과 같이 승용차가 50.9%로 가장 많고 트럭, 승합차 등의 순서로 나타났으며, 경운기나 오토바이 등 소형 차종이 11.9%를 차지하고 있다.

Table 3에서와 같이 최근 8년 간 발생한 철도건널목 사고를 분석해 보면, 철도건널목 일단정지를 무시한 경보장치 작동 중 횡단, 차단기 돌파 시도 등 운전자의 법규 위반에 의한 위반형 사고가 절반 이상을 넘는 70.8%를 차지하며, 특히 경보장치 동작 중 횡단의 경우는 주로 경보개시 후 차단기가 하강하는 시간에 철도건널목을 통과하다 철도건널

목에 갇혀서 열차와 충돌하는 사고로 볼 수 있다. 철도건널목 통과 중 시동정지, 보판 이탈, 안전시설물 파손, 눈길에 미끄러짐 등 운전 부주의에 의한 철도건널목 지장 및 충돌 사고가 24.9%로 나타났으며, 철도건널목 부근에서 차량 정체가 심한 경우, 철도건널목 보판까지 지체 차량이 정지하게 되고, 이런 지체 상황을 정확히 파악하지 못하는 후속 차량이 철도건널목에 진입하는 경우 발생하는 사고도 있다.

이처럼 운전자의 부주의나 준법정신 결여에 의한 건널목 진입시 열차와 충돌하는 사고를 방지할 수 있는 건널목 지장물 검지장치나 출구측 차단기에 대한 보완이 더 필요하다는 것을 발견하였다.

2.2 지장물 검지장치와 출구측 차단 검지장치

지장물 검지장치는 철도건널목을 통과중인 자동차가 엔진고장, 그 밖의 이유로 건널목을 지장하고 있는 경우 이를 자동으로 검지하고 신호기 및 특수발광신호기를 정지현시하도록 하여 근접하는 열차를 멈추도록 함으로써 건널목사고를 사전에 방지하기 위한 장치이다[7].

현재 국내에서는 레이저 방식의 지장물 검지장치를 사용하고 있다(Fig. 2 참조). 이 방식은 건널목에 발광기와 수광

Table 1. Category of level crossing in Korea

구분	내 용	설치현황(2004년 말)
1종	경보기, 차단기 및 건널목 교통안전표지를 설치하고, 그 차단기를 주·야간 계속 작동하거나 또는 건널목 관리원이 근무하는 철도건널목	1,467개소(93.0%)
2종	경보기와 건널목 교통안전표지만 설치된 철도건널목	27개소(1.7%)
3종	건널목 교통안전표지만 설치된 철도건널목	83개소(5.3%)
계		1,577개소

Table 2. Numbers of railway accidents in Korea

구분	연도								평균 (점유율)
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
열차사고 (건)	5	8	6	5	4	2	4	2	4.6 (4.5%)
건널목 사고(건)	116	116	95	75	60	57	61	39	77.4 (95.5%)
계	121	124	101	80	64	59	65	41	81.9 (100%)

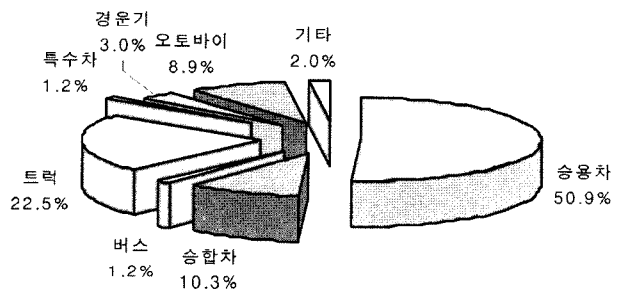


Fig. 1. Cars of level crossing accidents in Korea

Table 3. Causes of level crossing accidents in Korea

구분	연도								평균 (점유율)	
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004		
원 인 별	경보장치 동작중횡단	68	69	55	35	26	15	22	10	37.5 (48.4%)
	차단기돌파	17	19	19	18	16	17	20	12	17.3 (22.4%)
	자동차고장	-	4	1	-	2	-	-	1	1.0 (1.3%)
	운전부주의	29	22	17	20	10	21	14	13	18.3 (23.6%)
	기 타	2	2	3	2	6	4	5	3	3.4 (%)
계	116	116	95	75	60	57	61	39	77.4	

기를 설치하고 레이저 광선을 이용하여 건널목 내의 지장물을 검지하는 방법이다. 열차가 건널목 경보개시 구간에 진입하면 발광기가 동작하고 지장물 검지가 가능한 상태로 되며 이때 건널목상에 지장물이 있어 레이저광선이 일정시간 차단되면 제어회로에서는 장애물이 있음을 판단하고 지장물 경고등을 동작시킨다.

레이저 센서는 유지보수의 편리성, 환경적 요인이나 전자기적 잡음에 강한 장점이 있는 반면에, 일출이나 일몰시 태양광의 직사광선에 의해서 수광기의 수광 불능 상태가 될 가능성이 있다[8].

지장물검지장치는 레이저 광선 간의 간격은 3m 이하, 광선 중심축과 지면과의 높이는 745mm로 설치하도록 규정[9]되어 있어 소형차량(티코차량의 경우 3,340mm)은 검지가 가능하나 Fig. 3과 같이 몸체가 작은 경운기, 장애인용의 전동휠체어나 노약자들이 사용하는 전동스쿠터 등은 검지의 사각지대가 발생할 수 있다.

예를 들어 Fig. 4와 같이 소형차량이 건널목에서 정상적으로 운행하지 않고 눈길의 미끄럼이나 운전 실수 등으로

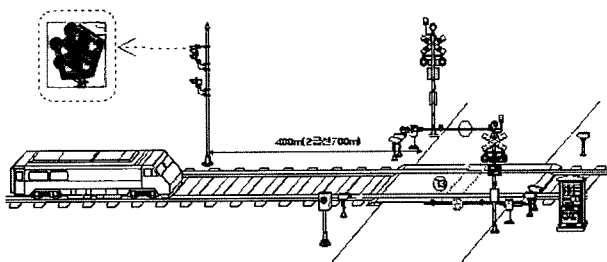


Fig. 2. Obstruction Detecting Device of Laser Type

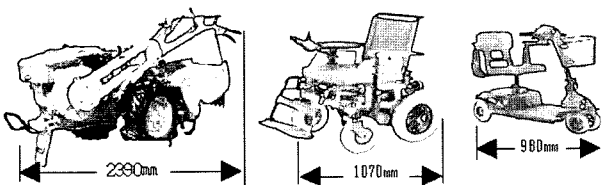


Fig. 3. A size of cultivator, wheel chair, motor scooter

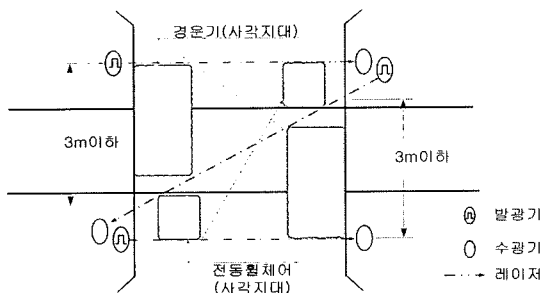


Fig. 4. Dead zone of Detection of Laser Device

건널목을 벗어나 철로나 침목 사이에 바퀴가 끼인 경우에는 레이저 검지 장치가 검지할 수 없는 사각지대가 발생할 수 있다.

Fig. 1에서와 같이 건널목 사고발생에 있어서 차량의 종별 중 경운기 및 오토바이 사고가 연평균 11.9%를 차지하고, 철도건널목 통과 중 시동정지, 보판 이탈, 안전시설물 파손, 눈길에 미끄러짐 등 운전 부주의에 의한 철도건널목 지장 및 충돌 사고가 24.9%에 달한다는 것을 고려할 때 지장물 검지장치의 검지 사각지대를 없애는 것은 매우 중요하다 할 것이다.

출구측 차단 검지장치는 열차가 철도건널목에 접근하여 경보기가 동작 중에 자동차가 차단기 하강 직전에 철도건널목에 진입하여 출구측 차단기 하강으로 빠져나오지 못하고 정차하는 경우, 이때의 상황을 검지하여 출구측 차단기를 상승시켜, 자동차가 안전하게 철도건널목을 통과하도록 한 기기이다[7].

출구측 차단기 검지기는 지자계 센서를 이용하여 건널목 내에 있는 경운기 크기 이상의 물체를 검지하고 센서의 조합으로 이동 물체의 방향을 판별하기 위하여 사용한다. 현재 사용되고 있는 진입위반 차량검지장치는 지자계 센서(Fig. 5 참조)를 이용함으로써 다음과 같은 단점이 있다[9].

- 1) 지자계센서는 건널목 도로의 진입측에 2개의 센서를 간격 0.5m, 깊이 0.7m의 위치에 설치됨에 따라 물체의 이동방향을 검지함으로써 유지보수가 어렵고 작업시 도로를 통제하는 시간이 길다.
- 2) 철로와 침목의 간섭 현상으로 건널목 진출입 부분에만 가능하고 또한 철로와 일정거리를 이격하여야 하므로 철로 내의 차량에 대해서는 검지가 불가능하다.
- 3) 지구 자장의 영향으로 사용 불가능한 지역이 존재하며 검지 영역이 불분명하다.
- 4) 진출입 부분에만 센서를 설치하므로 철로 내 검지가 불가능하여 진입, 진출 판단에 오류발생 가능성이 있다.

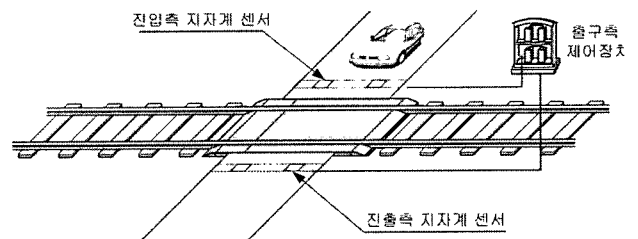


Fig. 5. Dead zone of earth magnetic field

2.3 보판센서 제어장치 설계

기존의 건널목 지장물 감지장치 및 출구측 차단간 감지기의 감지 방법은 각각 레이저 센서와 지자계 센서를 이용하고 있다.

이에 따라 지장물 감지장치는 지장물만을 감지하고, 출구측 차단간 감지기는 진입위반차량만을 감지하므로 개별 정보만을 판단하고 각각 별도로 제어하고 동작하므로 설비가 복잡하고 편리성 및 호환성이 낮을 뿐만 아니라 설치 및 유지보수 비용이 높다.

따라서 본 연구에서는 스트레인 게이지를 활용한 보판센서 개발품을 건널목에 설치한 후 건널목을 통행하는 물체를 추적하여 물체의 이동방향을 판단하고 차단기의 출구측을 개별적으로 제어하도록 하고, 건널목 내 어떠한 지장물이 어떤 위치에 있더라도 이를 보판센서에 의해 감지하여 건널목 지장경고등을 제어하도록 함으로써 설비를 간소화 하고 안전도를 향상시키도록 하였다.

2.3.1 보판센서 제어장치 회로설계

Fig. 6과 같이 보판센서부의 구성을 센서입력부(센서4는 예비용임), 제어부, 출력부 3부분으로 하여 설계하였으며, 보판센서의 감지하중은 40kg 이상에서 동작한다. 사용한 게이지형식은 FLA-5-11이다. 제어부의 다음 세 가지의 기능을 가지고 있다. 첫째는 센서부에서의 출력신호를 완전한 디지털화하는 기능이고 둘째는 센서의 고장유무를 판단하는 기능이며 셋째는 입력신호를 분석하여 보판위 물체의 이동방향을 판단후 출구측 차단기 제어정보를 전송하고, 건널목을 통과중인 물체가 소정의 시간동안 움직임이 없으면 지장물로 판정하여 지장경고등의 제어정보를 전송한다. 이들

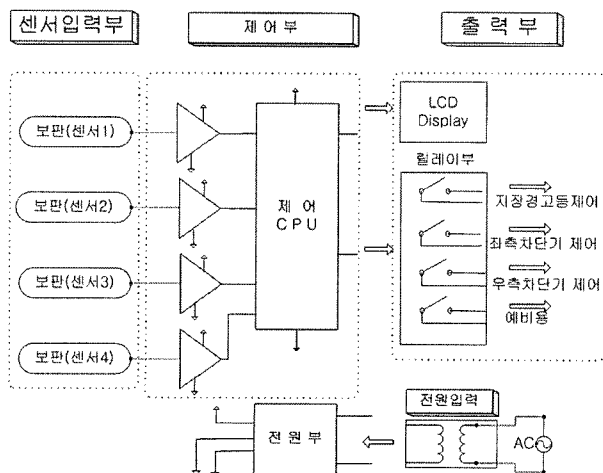


Fig. 6. Control System Block Diagram of Panel Sensor

세 가지의 기능은 마이크로프로세서의 고장 시에는 안전측으로 동작하도록 설계하였다.

제어부에서는 건널목 경보 발보 후에 경보신호를 위반하고 진입하는 진입위반차량을 보판센서로 감지한다. 건널목 내 위반차량의 운행방향과 위치를 감지한 후 진입위반 차량의 운행 방향 차단기를 직접 제어하여 차량이 건널목 내에서 신속하게 대피하도록 차단기의 하강을 정지시키거나 차단기의 차단을 일시 해제시키는 정보를 출력하고, 물체가 건널목 상에서 소정 시간 이상 정지하고 있을 때는 지장경고 등 경보출력 제어정보를 출력한다.

보판센서는 Fig. 7과 같이 설치하며, 보판센서를 동작시켜 진입위반차량의 진행방향을 판별하는 방법은 통과한 순서를 연산하여 진입 위반 차량의 진행방향을 판별한다.

만약 차량이 ①번 보판을 통과한 것이 감지되고 그 후 ②번 보판에서 감지되었다면 제어부에서는 차량이 ①번 감지 포인트→②번 감지 포인트 방향으로 진행하고 있다고 판단하여 Fig. 8과 같이 그 차량의 진행방향의 출구측에 해당하는 차단기를 각도에 따라 차단기 하강을 정지 또는 상승을 실시하여 그 차량의 진행을 유지시키므로 열차의 건널목 도착 전에 차량이 건널목을 빠져나갈 수 있도록 한다.

2.3.2 보판센서 동작 알고리즘

Fig. 9는 보판센서의 동작제어알고리즘을 나타낸 것이다.

Fig. 8에서 입구측과 출구측의 차단기 인터벌 시간 설계는 FRED Coleman III, Young J. Moon(1996)의 연구에 기초하여 다음과 같다[10].

차단 인터벌 시간은 다음의 식으로 구하여진다.

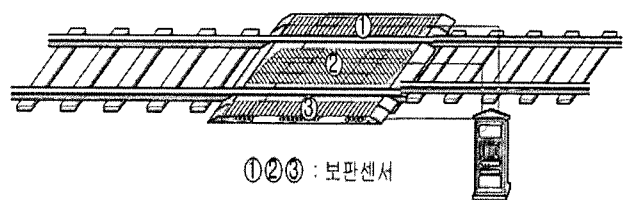


Fig. 7. Panel Sensor Setup

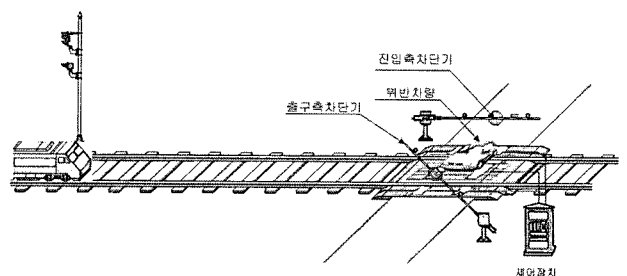


Fig. 8. Way Out Arm Action

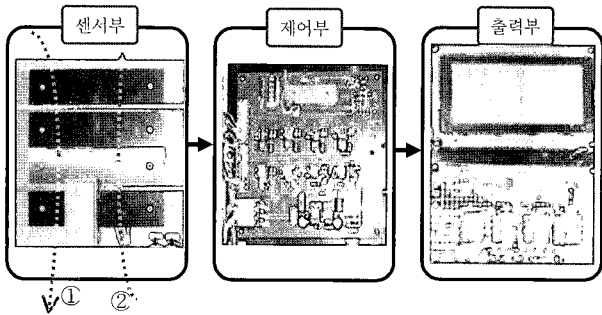


Fig. 11. Object detective of panel sensor control device and control signal output test

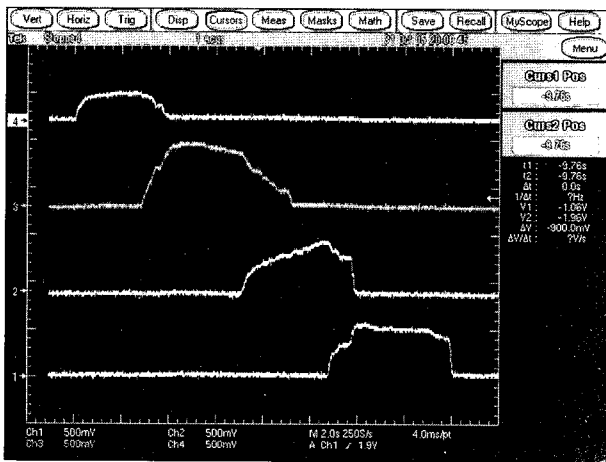


Fig. 12. Waveform for Output of Sensor

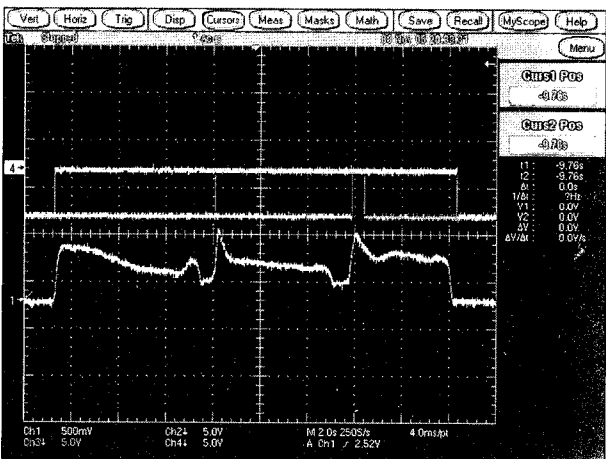


Fig. 13. Integrate sensor output signal at vehicles passage

및 지장경고등 제어정보를 출력하는지를 실험하였다.

실험방법은 모형자동차를 ①, ② 방향으로 이동시켜 출력부에서 각 상황에 맞는 제어정보를 출력하는지를 확인하였다.

Fig. 12는 4조의 보판센서에 검지한 각 스트레인 게이지의 출력된 신호의 파형으로 돌출된 부분이 차량이 보판센서

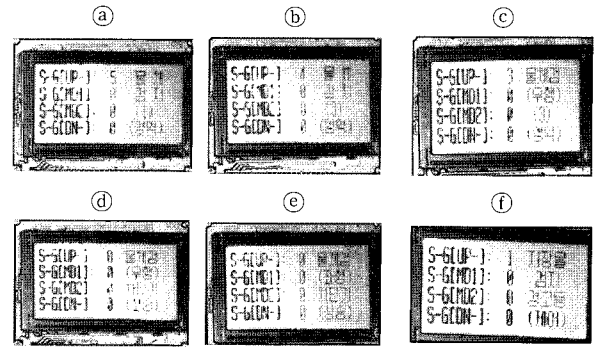


Fig. 14. Output section LCD panel message output example

통과시의 파형이다. Fig. 13은 차량이 보판을 통과할 동안의 전체 센서의 출력신호로서 연속되어 검지되고 있음을 알 수 있다. 이는 건널목을 통과하는 물체를 고무보판의 모든 영역에서 검지하고 있음을 의미하는 것으로 레이저 센서나 지자계 센서의 검지방범에서 발생할 수 있는 검지의 사각지대를 보완할 수 있음을 입증하고 있다.

실험결과 보판센서에 의해 건널목을 통과하는 물체에 대한 검지와 건널목제어장치에 의한 출구측 차단기 제어 및 지장경고등을 정확하게 제어하고 있음을 보여 주고 있다. Fig. 14의 그림은 LCD 패널에 제어정보 표시의 결과임.

3. 결론

본 연구에서는 스트레인 게이지를 사용한 보판센서를 개발함으로써 기존의 레이저 센서를 사용하는 건널목지장물 검지장치의 검지 사각지역을 없애고, 지자계 센서를 사용하는 출구측 검지장치의 선로내의 검지 사각지역을 해소할 수 있음을 보였다. 또한, 레이저센서와 지자계센서를 각각 사용하던 검지방범을 단일화함으로써 설비를 단순화, 안전성이 향상된 검지방범을 구성할 수 있음을 실험에서 입증되었다.

그러나 본 연구에서 보판센서를 사용한 출구측차단기 제어 및 지장물 검지 시험은 현장이 아닌 실내 실험으로, 이는 철도건널목의 기하구조, 보판의 조기파손, 통행위반차량, 보행자, 기후요인 등과 같은 특성을 고려하지 못하는 한계를 가지고 있다.

따라서 향후에는 현장에서 현재의 건널목 시스템과 연계하여 티코차량을 포함한 경운기, 휠체어 등의 이동물체에 대한 사용시험을 적용하고 활용할 수 있도록 지속적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

감사의 글

이 연구는 2004년도 광운대학교 연구년 지원비에 의하여 이루어졌습니다.

참고 문헌

1. 정의진 박사학위 청구논문 (2004), “안전관리체계를 적용한 철도건널목시스템의 안전성 분석”, 충남대학교 대학원.
2. “2004년도 철도사고 분석보고서”, 한국철도공사, 2005.
3. “2005년 신호업무자료”, 한국철도공사, 2005.
4. Union Switch & Signal Division, “The Search for Safety”, pp.145-153. 1981.
5. “신호관련 규정집”, 철도청, 1995.
6. “신호업무자료”, 철도청, 2002.
7. H. Yosimura, S. Yoshikoshi “Railway Signal” Japan Association of Signal Industries, The 4th Edition, 1980.
8. “新版 踏切保安”, 社團法人 信号保安協會, 1985.
9. 오주택 외, 2004 “철도건널목 안전관리시스템”, 건설교통부, 교통개발연구원, pp.193, 280-285.
10. “철도신호설비시공표준”, 철도청, 2003.