

## 철도건널목 열차도달 잔여시간 표시장치 개발 연구

(A Study On Development Train Reach Spare Time Indicate Device At The Railway Level Crossing)

박기범 \*    장우진    최규형  
(Ki-Bum Park) (Woo-Jin Jang) (Kyu-Hyung Choi)

### Abstract

Fixed distance control system at the railway level crossing have some problem. The problem is especially serious for high speed or low speed train. Therefore present developed device is fixed time control system. But fixed time control system haven't indicate device when train reach at the railway level crossing on alarm. This paper result in study for train reach spare time indicate device.

### 1. 서론

건널목 보안장치는 철도와 도로가 평면교차하는 곳에 설치하는 안전설비로서 건널목을 통과하기 일정시간 전에 열차가 접근하고 있음을 미리 통행자에게 알려준 후, 모든 차량과 보행자를 멈추도록 하여 건널목 사고를 예방하기 위한 설비를 말한다.

최근 열차의 고속화와 함께 운행 횟수가 많아졌고 자동차와 보행자의 증가로 건널목 통행량이 늘어났으나 건널목 보안장치에 대한 개선이 아직 많이 미흡한 상태이며, 자동차 운전자의 부주의에 의한 사고가 많이 발생하여 귀중한 생명과 재산상의 피해를 입게 되고 열차의 안전운행에도 많은 지장을 받아왔다.

이러한 건널목 사고를 예방하기 위해 입체교차화 하는 것이 가장 이상적이지만 고가의 시설비와 긴 시공기간으로 인해 일부 중요개소에 한해 시행은 하고 있으나 전체 건널목에 비하면 극히 적은 수에 불과하다. 따라서 건널목 사고 예방을 위해서는 기존 설비에 대한 취약성과 문제점을 찾아 대책을 강구하는 일일 것이다.

경보장치는 건널목 시설 중에서 가장 기본적이고 핵심적인 설비이지만 경보 제어 시간이 일정구간 궤도지점을 통과할 때 경보가 시작하도록 되어있어 저속열차의 경우 경보가 필요 이상으로 울려 자동차 및 보행자를 장시간 기다리게 하는 경우도 발생하게 된다.

이런 경우 부근 도로에 교통체증을 유발함은 물론, 조급한 운전자나 통행인은 열차가 건널목을 접근하여 경보가 울리고 있는데도 불구하고 횡단하거나 사고를 발생시키는 경우가 많다.

이러한 문제점을 해소하고 사고를 예방하기 위해 정시간제어기에 의한 경보 제어 방식이 개발되어 현장에 설치 운용되고 있다. 하지만 정시간에 의한 경보가 제어되는 지금에도 차량운전자나 보행자의 지루함과 성급한 판단 착오를 해소하기에는 약간 미흡하다. 그래서 이 정시간 제어기를 이용한 정확한 열차도달 잔여 시간을 표시해 주는 장치가 절실히 요구되고 있으며 이와 같은 장치의 개발은 건널목 경보장치에 대한 안전설비가 추가되는 것이므로 건널목 사고예방에 크게 기여할 것이다.

본 논문에서는 내구성 및 검지 특성이 우수한 비접촉식방식 차륜검지기(Axle counter)를 이용한 정시간 제어기에 의해 열차속도를 검출하여 CPU보드에서 연산되는 건널목 도달 잔여시간을 별도 개발한 표시장치를 경보기주에 침장하여 표시하는 방식으로 연구하고자 한다. 이 표시장치는 경보등,종과 병행 설치되는 보조장치로서 운전자와 보행자에게 정확한 열차도달 시간을 알려 주어 안심하고 철도건널목을 이용할 수 있도록 하기 위한 것으로 정시간 제어기가 설치되어 있는 건널목에만 설치가 가능하며, 정시간 출력 계전기의 여자·무여자 여부에 의해 표시장치가 동작되도록 연구 될 것이다.

## 2. 본 론

### 2.1 건널목 설치 현황

철도 건널목은 건널목 설치 기준에 따라 열차의 운행 횟수와 사람 및 자동차류의 통행량을 기초로 하여 다음과 같이 분류된다.

- 1종건널목 : 차단기 경보기 및 건널목 교통안전표지를 설치하고 차단기를 주야간 계속 작동시키거나 또는 건널목안내원이 근무하는 건널목
- 2종건널목 : 경보기와 건널목 교통안전 표지만 설치된 건널목
- 3종건널목 : 건널목 교통안전 표지만 설치된 건널목

### 2.2 건널목 사고 현황

계속되는 철도와 건널목의 입체화, 경보장치 보안설비의 개량 및 사고예방 홍보활동 강화에 따른 효과로 건널목 사고는 매년 감소추세를 보이고 있다. 하지만 건널목에 열차진입 직전횡단, 차단기 돌파등의 사고는 계속 발생되고 있어, 운전자와 보행자로 하여금 정확한 열차도달 잔여시간 표시장치 개발이 시급하며 아울러 운전자에 대한 건널목 일단정지에 대한 적극홍보가 필요하다.

표 1. 원인별 사고 현황(1)

Table 1. Present position of accident by cause

구분	연도	'97	'98	'99	'00	'01	5개년 평균	전년 대비 증감
		발생건수	116	116	95	75	60	80.4
원 인 별	직전횡단	68	69	55	35	26	50.6	△9
	차단기돌파	17	19	19	18	16	17.8	△2
	자동차고장	-	4	1	-	2	1.4	2
	운전부주의	29	22	17	20	10	19.6	△10
	기 타	2	2	3	2	6	3.0	4

표 1에서 직전횡단이란 건널목 경보를 무시하고 열차가 통과하기 직전에 건널목을 횡단하다가 일어난 사고를 말하며, 차단기 돌파는 차단기가 하강된 상태에서 진입하거나 중앙차선이 있는 곳은 우회하여 진입시 일어난 사고를 말한다. 기타의 원인으로는 보선장비 반대선 운전, 음주, 건널목상 차량접촉사고, 지장건널목 내 후진, 경보불량 등이 있다. 위에서 설명한 바와 같이 직전횡단은 건널목 앞에서 경보가 계속해서 울려도 언제 열차가 도착하는지 정확히 알 수 없는 운전자, 또는 보행자들의 성급한 판단에서 비롯되는 사고를 말한다.

표 1에서 보여주는 바와 같이 사고의 대부분을 차지하고 있는 건널목 사고는 “열차통과 직전 횡단”이다. 이 원인을 각 요인별로 분석하여 건널목 사고 건수를 감소시킬 수 있는 방법을 찾아낼 것이며, 직전횡단의 예방대책을 세워 직전횡단으로 인한 더 이상의 인명피해를 줄이도록 할 것이다.

표 2. 열차통과 직전횡단의 원인(2)

Table 2. Cause of front intersection on train

원인	구분	내용
인 적 요 인	1.건널목 인식부족	건널목에 대한 주의가 다른 곳으로 기울어져 경보기를 인식하지 못하는 경우 → 부주의
	2.졸음,음주, 약물복용	인식감각이 떨어지는 경우
	3.통행경험	건널목 상황을 예측하여 횡단하는 경우
	4.심리상태	조급함, 당황, 고민, 일에 대한 생각 등 심리적인 압박으로 인한 경보무시하는 경우
상 황 요 인	1.시간	출근시간에 통행자가 많기 때문에 급함, 당황함등으로 경보무시하는 경우
	2.기후	강우, 강설에 의한 경보기 인식 저하 및 노면이 미끄러워서 건널목에 진입하는 경우
	3.교통의 흐름	막연히 앞차를 뒤따라가는 경우 무의식적으로 경보무시
물 적 요 인	1.주변환경	경보기 설치위치의 부적절한 경우 또는 건널목의 구조적 취약성에 의한 경우

열차가 통과하기 직전에 건널목을 횡단하는 경우 발생하는 사고원인은 통행자의 부주의에 의한 것과 경보의 장시간에 의한 것 등, 시설상의 결함으로 분류할 수 있다. 하지만 정시간 제어기와 같은 설비로 경보의 장시간에 의한 통행자의 성급한 판단착오나 도로교통의 혼잡은 어느 정도 해결이 되었으나 건널목 통행방법에 대한 충분한 교육과 홍보활동이 여전히 미흡한 실정이다.

이에 대한 예방대책으로는 지속적인 건널목 통행방법 교육 및 홍보활동과 더불어 건널목 경보장치의 시설 개량이 지속적으로 이루어져야 한다. 특히 열차의 건널목도달 잔여시간을 표시하고 열차의 진행방향까지 표시해 준다면 보다 안전하게 철도건널목을 이용할 수 있을 것이다.

### 2.3 건널목 경보시간과 제어거리

철도 건널목의 경보시간은 건널목을 통행하는 보행자와 모든 차량을 기준으로 계산한다. 경보시간이 너무 짧을 경우에는 예기치 못한 열차의 진입으로 사고가 발생하게 되므로 통행인이나 차량등이 건널목을 충분히 횡단할 수 있는 시간을 고려해야 한다. 다음은 건널목을 횡단하는데 소요되는 시간 계산식이다.

$$T = \frac{2L1 + L2(n-1) + L3}{v} + t \text{ [sec]}$$

- T : 건널목을 횡단하는데 소요되는 시간 [sec]
- L1 : 바깥쪽 레일의 중심에서 통행인의 정지위치까지의 거리 [m]
- L2 : 복선 이상인 때의 선로 간격 [m]
- L3 : 자동차의 길이 [m]
- n : 선로의 수
- t : 안전확인에 요하는 시간 [sec]
- v : 건널목 횡단 속도 [m/sec]

경보 제어구간의 길이를 구하려면 산출된 경보시간에 그 구간을 운행하는 열차의 최고 속도를 곱하면 된다. 다음은 경보 제어구간의 길이를 구하는 계산식이다.

$$L = T \times Vmax \text{ [m]}$$

- L : 경보제어구간의 길이 [m]
- T : 건널목 경보 시간 [sec]
- Vmax : 열차 최고 속도 [m/sec]

### 2.4 건널목 정시간 제어기

정거리 제어방식에서는 열차가 현재보다 고속으로 운전하게 되면 최소의 경보시간을 확보하기 위하여 현행의 건널목 경보지점을 변경해야 한다.

따라서 저속열차와 고속열차의 경보시간의 차는 점점 더 크게 되고, 저속열차에 대한 경보시간은 한층 더 길어진다. 그러므로 경보시간의 적정화(정시간 제어)가 점점 더 중요하게 된다.

요즘에는 열차의 고속화와 함께 운행횟수가 많아졌고 자동차와 건널목의 통행량의 증가로 기존의 건널목 경보장치로는 다양한 속도의 열차에 대해 일정한 경보속도를 제공할 수 없는 문제점을 가지고 있으며, 따라서 고속열차와 저속열차에 관계없이 경보시간을 정시간화할 필요가 있다.

정시간 제어의 개념은 열차의 유무에 대한 검지를 각종 검지기로 행하고 열차의 속도는 열차 위치 검지기에서 검출된 정보를 컴퓨터로 속도를 산출한 후 경보를 제어하도록 하여 고속열차와 저속열차에 관계없이 경보시간을 일정하게 하는 것이다.

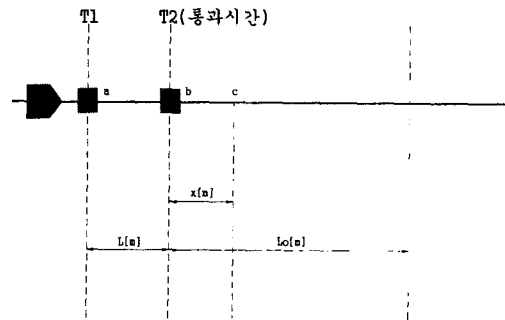


그림 1. 정시간 제어에 대한 개념도 (3)

Fig. 1. A general concept about fixed time control

그림 1에서 열차가 a지점에서 b지점으로 통과시 통과시간  $T2-T1[\text{hour}]=t2-t1[\text{sec}]$ 이며, 이때 열차의 통과속도는  $v = L / (t2 - t1) [m/s]$  이므로

$\therefore Lo[m]$  통과시간은

$$t0 = Lo / v = Lo / L (t2 - t1) [sec] \text{ 이다.}$$

따라서 경보기 동작시점 b에서 c까지의 거리(x)는

$$30\text{초} = (Lo / v) - (x / v)$$

( $\because$  거리 x, 통과시간  $tx = x / v$ , 이때 속도 v는 일정)

$$30\text{초} = Lo / L (t2 - t1) - x / L (t2 - t1)$$

$$= (Lo / v) - x / v = (Lo - x) / v$$

$$x = Lo - 30 \cdot v [m]$$

즉 열차의 속도가 일정하다고 가정하고 열차의 속도가 주어졌을 때 일정한 경보시간 30초를 갖게 하기 위하여 경보거리를 위 식에 따라 계산하고 그 지점에 열차가 도착하면 경보를 올려주는 개념이다.

이와같이 건널목 정시간 제어기는 건널목 시점에 설치하여 열차의 접근검지와 통과 속도에 따라서 경보개시 시간을 조정, 건널목 제어유니트로 송신하는 것을 목적으로 한다.

일정구간의 궤도회로에 진입하면 경보가 동작하도록 한 기존의 제어방식과는 다르게 건널목에 진입하는 열차의 속도에 따라서 건널목 차단시간을 차등 제어하여 교통혼잡 방지 및 건널목 안전사고에 기여를 하고 있는 장치이다.

정시간 제어기는 건널목에 진입하는 열차검지에 종래 2420 또는 궤도회로 방식과 다른 비접촉 방식인 차륜검지기(Axle counter)를 사용하여 장치의 고장과 뇌서지(Surge), 각종 유도로 인한 장애를 예방하여 장치의 무보수화를 가능하게 하고, 주요장치를 대기 2중계(Hot back system)로 구성하여 시스템의 신뢰도를 높이고 예방보수가 가능하도록 개발한 장치이다. 또한 각종 건널목 제어장치와 연결이 간단하여 앞으로는 전철화에 대응하고, 신뢰성을 높이며 유도 장애 요인을 제거하여 건널목 사고를 감소시키고자 하는 목적으로 개발되어졌다.

설치 원리는 건널목 제어구간에 있어 열차가 진입하는 경보개시 시점에 차륜검지기 S#1과 S#2의 2조를 3m(1.5~3m) 간격으로 설치하여 열차의 진입을 검지함과 동시에 이들 두 검지기를 열차(차륜)가 통과할 때 발생하는 펄스간의 시간을 CPU가 측정하여 열차의 속도를 연산한다. 고속도 열차의 경우 즉시 건널목 경보계전기 동작전원을 차단하여 경보를 개시하고, 저속도 열차의 경우 열차가 건널목에 도달하는 시간을 감안하여 30초 후에 경보계전기의 전원을 차단, 경보를 개시하도록 한 것이다.

$$V = 3.6 \times \frac{L1}{T}$$

V : 열차의 속도 [km/h]

L1 : 센서간 거리 [m]

T : 센서에서 측정된 펄스간의 시간

위의 계산식은 열차의 속도를 계산할 때 사용되는 식이고,

$$T1 = 3.6 \times \frac{L2}{V}$$

T1 : 열차의 건널목 도달시간 [sec]

L2 : S#2에서 건널목 입구까지 거리 [m]

위의 계산식은 열차의 건널목 도달시간을 구할 때 사용되는 계산식이다. 만일 S#2와 건널목 입구까지의 거리 L2가 1000[m]일 경우 고속열차가 시속 130[km/h]로 센서에 의해 검지가 되었다면 열차의 건널목 도달시간은 약 27초로 계산되어 즉시경보가 울리고, 저속열차가 시속 60[km/h]로 센서에 의해 검지가 되었다면 열차의 건널목 도달시간은 약 60초로 계산되어 30초 후에 경보계전기 전원을 차단하도록 설정한 경우 30초 후에 경보를 하게 된다.

-고속열차:1000m÷130km/h×3.6≒27초(즉시경보)

-저속열차:1000m÷60km/h×3.6≒60초(30초후경보)

## 2.5 건널목 열차도달 잔여시간표시장치 개발

현재 단선구간 건널목에서는 열차방향표시등을 사용하지 않고 있다. 또한 복선구간에서만 한정하여 사용하고 있는 열차방향표시등은 단순히 상선, 하선 열차의 방향만 표시해 줄 뿐 열차가 언제쯤 건널목 상에 도달하게 되는지 알 수 없다. 그러므로 열차가 도달하기 전에 일단정지선상에 정차하고 있는 차량들이 열차가 어느 방향에서 언제쯤 도달하는지 알려주는 표시장치를 경보기주에 침장하는 방향표시 장치개발과 더불어 열차도달 잔여시간 표시장치를 연구하였다.

또한 방향표시장치와 열차도달 잔여시간 표시장치는 보조장치이므로 건널목에 무슨 문제가 발생했을 경우에도 경보장치에는 전혀 영향을 끼치지 않으므로 철도에서 가장 중요하게 생각하는 Fail-Safe원칙에 입각한 안전측 동작을 하도록 제작함을 원칙으로 하였다.

특히, 기존 철도시스템에서 가장 취약하다고 여겨지는 건널목설비에 부가적인 안전설비 역할을 하여 건널목 사상사고 예방에 크게 이바지 할 수 있도록 하였고, 건널목 사고 중 가장 많은 건수를 차지하고 있는 직전 횡단에 대한 사고 발생률을 감소시킬 것이다.

열차도달 잔여시간 표시장치는 앞에서 기술한 정시간 제어기의 한 단계 upgrade된 개발품 이라고 할 수 있다. 정시간 제어기의 모든 기능을 정상적으로 사용한 상태에서만 구현이 가능하며 제어자방식 구간과 궤도회로방식 구간에서의 출력계전기 여자,무여자 조건이 다르기 때문에 현장 여건에 맞도록 결선을 변경해야 한다. 또한 시점에 있는 제어기에서 유니트로 오는 케이블의 사용가능 여부와 출력계전기의 접점보장에 따른 계전기 교환 가능 여부를 확인해야 한다. 출력용 계전기는 보통 ATS 자상자 제어계전기인 CR계전기를 사용하고 있는데 여자접점만 사용가능하므로 열차도달 잔여시간 표시장치에는 사용이 불가능하다. 그러므로 기존에 사용하고 있는 계전기 코일과 같은 계전기를 사용하여 낙하접점을 사용하고, 기존 정시간 제어기에는 아무런 영향도 끼치지 않도록 해야 한다. 특히 결선을 변경할 시에는 철저한 사전조사와 더불어 건널목에 대한 이상유무 확인을 병행하여 변경후에도 건널목 연동검사를 충분히 하여 안전에 문제가 발생되지 않도록 해야 한다.

건널목 열차도달 잔여시간 표시장치는 열차의 접근에 따라 LED가 하나씩 소등되며, 동시에 열차의 진행방향도 알려주는 장치로 열차도달시간을 LED 소등되는 것에 의해 알려주며 단선구간에서도 열차의 진행방향을 알 수 있다는 장점과 더불어 열차도달 시간을 LED가 완전 소등되는 시점으로 알 수 있어서 이중 효과를 얻을 수 있는 장치이다.

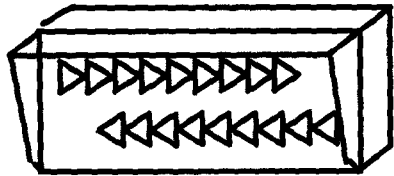


그림 2. 열차도달 잔여시간 표시장치  
Fig. 2. Train reach spare time indicate device

Sample 제작에 있어서 가장 우선적으로 이루어진 것은 IC TIMER 회로에 의한 카운터회로가 이용되어야 한다는 것으로서, 처음 전원이 투입될 당시에는 모든 LED가 점등되어야 하며 시간조정, 즉 저항조정에 의한 LED가 하나씩 소등되어 열차도달잔여시간을 표시해 주어야 한다. 그리고 가장 중요한 개념은 열차가 건널목을 완전히 통과한 후에야 맨 마지막 LED가 소등되어야 한다는 점이다. 이런 사항들을 고려하여 Sample을 제작하였다.

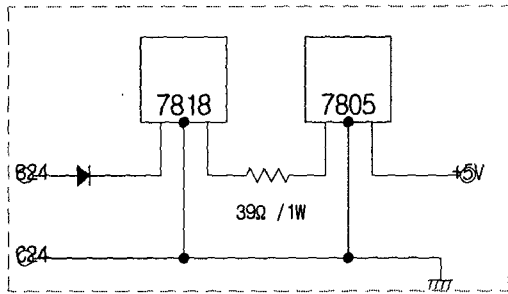


그림 3. 샘플 전원부 회로도  
Fig. 3. Power supply circuit of sample

그림 3은 Sample의 전원부 회로이다. 건널목 보안 장치의 전원은 DC 24V 이므로 장치의 입력전원 또한 DC 24V를 사용해야 한다. 그러나 회로상에서는 5V를 사용하므로 전원부에서 DC24V를 5V로 변환해 주는 레귤레이터 7818과 7805를 사용하여 각 회로에 전원을 공급해 주어야 한다.

그림 4는 발진부 회로이다. NE555는 TIMER IC로 발진주기를 결정하는 역할을하는데 25KΩ 가변저항에 의해 발진 주기를 결정하여 카운터 회로로 입력을 보낸다. 가변저항의 중요한 역할은 정시간 출력이 이루어지는 시간을 조정하는 것으로 정시간제어기 CONFIG보드에 SETTING된 값(보통 30초로 함)을 일정하게 맞춰주며 각 건널목 여건에 맞도록 조정을 할 수 있도록 가변저항을 잔여시간 표시장치 내부에 설치하여 제작하였다.

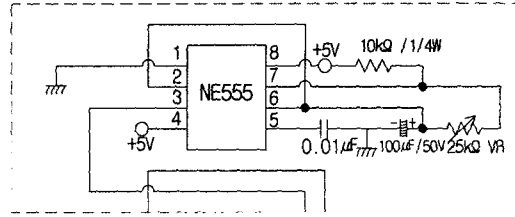


그림 4. 샘플 발진부 회로도  
Fig. 4. Oscillation circuit of sample

그림 5는 BCD카운터 회로로서 발진부에서 주기가 결정되면 IC74HC90에서는 카운터가 되어 BCD 디코더 회로의 IC4028로 신호가 보내진다. IC4028에서는 카운터 된 값을 BCD코드로 입력받아 디코더 하여 순차적으로 출력회로로 출력을 내보낸다.

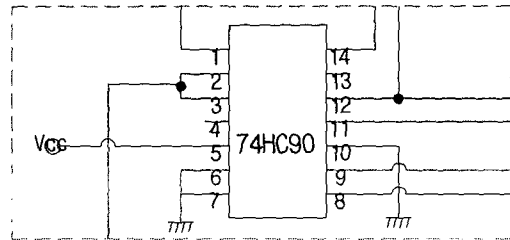


그림 5. 샘플 BCD카운터 회로도  
Fig. 5. BCD counter circuit of sample

그림 6은 BCD디코더 회로로서 BCD 카운터회로 IC 74HC90에서 입력받은 카운터 값을 IC 4028에서 BCD코드로 디코더하는 역할을 하는 회로이다.

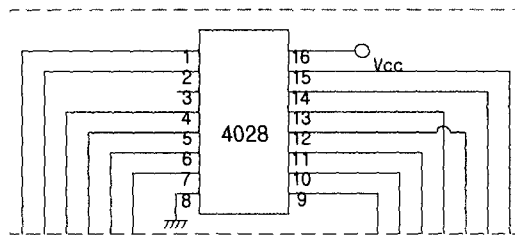


그림 6. 샘플 BCD디코더 회로도  
Fig. 6. BCD decoder circuit of sample

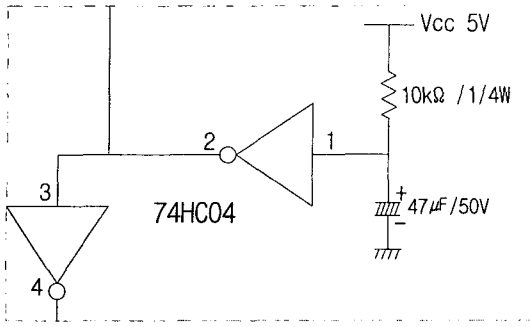


그림 7. 샘플 초기화 회로도  
Fig. 7. Initialization circuit of sample

그림 7의 IC74HC04는 LED구동시 회로를 초기화 시키는 역할을 하는데 이 IC가 없으면 LED구동이 일정하지 않게 된다. 순차적으로 LED를 구동시키는데 없어서는 안 되는 중요한 회로이다.

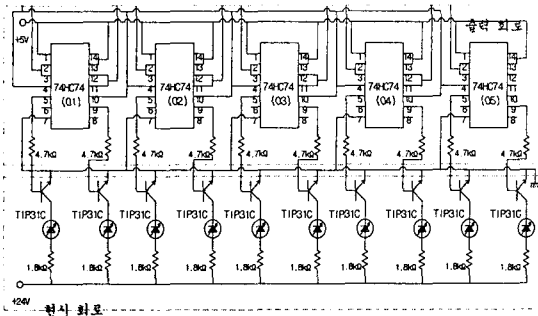


그림 8. 샘플 출력 및 현시 회로도  
Fig. 8. Output and display circuit of sample

그림 8에서 IC74HC74에 입력된 신호는 순차적으로 출력되어 LED를 구동시키며 표시장치에 현시하게 된다.

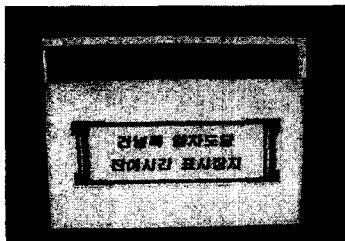


그림 9. 샘플 사진  
Fig. 9. Picture of sample

## 2.6 Simulation

Simulation 전원은 소형 트랜스를 이용하여 DC24V를 만들어 투입한다. 반면에 현장 설치시 전원은 시점측 정시간 제어기에서 경보출력계전기의 낙하접점을 이용하여 투입되도록 하며, 전원 투입시 Sample의 LED 표시등은 모두 점등되어야 한다. LED의 점등과 동시에 발전부의 가변저항에 의해 IC TIMER가 BCD카운터 코드를 카운터 회로에 입력하여 순차적으로 LED가 소등되도록 해준다. LED가 순차적으로 소등된 후 맨 마지막 LED는 점등상태로 대기한다. 전원이 OFF될때까지 LED는 점등되어 있다가 OFF되는 순간에 맨 마지막 LED는 소등된다. 이것은 현장에 설치된 경보출력계전기의 동작여부에 따른 것으로 열차가 건널목에 도달한 것을 확인한 후 표시장치가 소등되도록 하기 위한 안전측 동작이다.

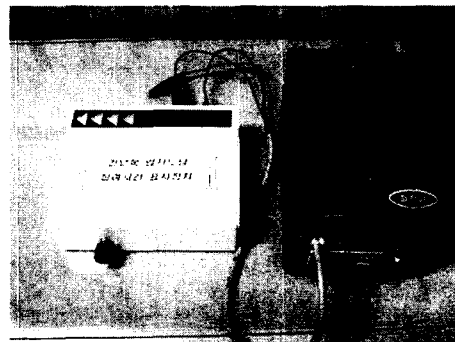


그림 10. 모의실험 진행중  
Fig. 10. Simulation

## 2.7 결선검토 및 현장적용

이 열차도달 잔여시간 표시장치는 정시간 제어가 설치되어 있는 곳에만 설치가 가능하다. 그러나 정시간 제어가 레도회로방식 구간과 제어자 방식 구간의 기능이 다르기 때문에 사용상 오류가 발생하지 않도록 결선검토 작업이 철저히 이루어 져야 한다. 또한 간단히 건널목을 시험하고자 할 때에는 표시장치가 점등되지 않도록 하기 위하여 R1조건만 이용하는 것은 배제하기로 하고 결선을 검토하였다. 그림 11과 그림 12는 각각 레도회로방식과 제어자방식에서의 현장 결선을 검토한 그림으로 어느방식이든 정시간제어기가 설치되어 있다면 결선을 검토하여 현장에 적절한 결선으로 적용이 가능하다.

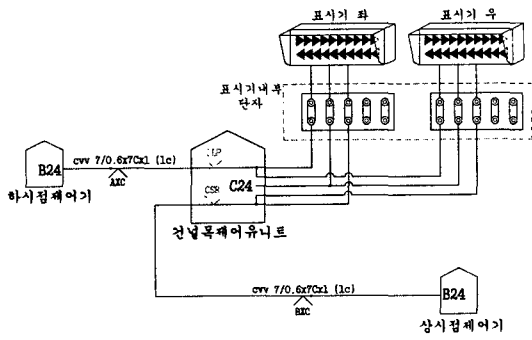


그림 11. 궤도회로방식에서의 결선도  
Fig. 11. Wiring diagram of track circuit system

그림 11은 궤도회로방식에서의 결선도로서 제어자방식보다 궤도회로 방식에서는 결선이 간단하다. 시점 측 정시간 제어기에서 경보출력계전기의 낙하접점을 이용하여 B24 전원을 투입 받아서 전널목제어유니트 내부에서 SLR과 CSR 여자 접점을 직렬로 연결하여 표시기 + 축으로 투입하면 된다. 한편 C24 전원은 표시기에 항시 대기 상태로 결선하면 된다.

경보출력 계전기는 여자접점만 사용이 가능하기 때문에 낙하접점을 사용할 수 있는 계전기로의 교환이 이루어 져야 한다. 그러나 시점 측 제어기로 부터의 접점을 이용하지 않고 APR, BPR의 낙하접점을 이용해도 문제는 없다. 하지만 APR, BPR을 이용하면 케이블과 경보출력 계전기의 교환은 필요 없지만 별도의 반응계전기가 2개 더 필요하다. 이와 같이 궤도회로 방식에서도 2가지 방식으로 결선이 가능하며, 경보장치 동작상에는 전혀 지장을 주지 않는다.

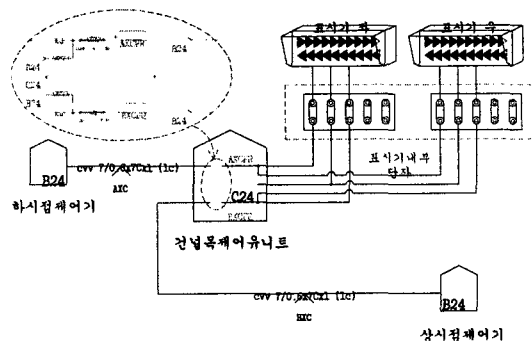


그림 12. 제어자방식에서의 결선도  
Fig. 12. Wiring diagram of control circuit system

그림 12는 제어자방식에서의 결선도로서 제어자 방식에서의 정시간 제어기 경보출력 계전기는 정시간 출력 후(출력계전기 낙하) 10초후에 스스로 여자한다. 이것은 제어자방식의 201지점을 열차가 지나고 난 후 복귀되는 것과 같은 방식으로 동작되도록 한 내용에 의한 것이다.

201의 낙하에 의해 APR이 낙하해서 SR이 낙하하면 SLR이 여자된다. 이와 동시에 R1이 낙하하고 R3에 의해 R2가 낙하한다.

그러나 201지점을 열차가 벗어나고 401 지점에 도달하기 전에 APR은 여자된다. 이처럼 APR이 여자되는 효과를 나타내기 위해 10초 후 경보출력계전기가 여자된다. 그러므로 경보출력계전기 AXC, BXC 낙하점점만으로는 계속해서 전원을 공급할 수 없는 문제점이 발생한다.

그래서 전널목제어유니트 내부에 AXC또는 BXC가 낙하될 때 동시에 반응계전기를 살려서 별도의 전원을 반응계전기 여자접점으로 자기 유지하는 회로를 만든다.

하지만 열차가 도달할 때 자기유지 회로를 끊어주기 위한 별도의 접점이 필요한데 그것이 바로 SR낙하접점과 CSR 낙하접점이다. SLR여자접점을 이용해도 문제는 없다. 사용가능한 접점은 SR낙하접점과 CSR여자접점만 가능하며 이 두 접점을 AXCPR, BXCPR여자접점에 직렬로 연결하여 사용하도록 결선을 하였다.

이와 같이 하면 열차가 401지점에 도달했을 때 맨 마지막 LED는 소등이 된다.

한편 궤도회로방식에서는 열차진입방향 궤도가 복귀되는 순간, 즉 열차가 전널목에 진입해서 반대편을 완전히 지날 때까지 맨 마지막 LED는 소등되지 않는다. 여기에서 궤도회로방식과 제어자방식의 차이점이 발생한다. 그러나 둘 다 안전 측 동작에 있어서는 전혀 지장이 없으므로 이상없이 결선이 가능하다.

마지막으로 제어자에서는 반대편 제어자 201을 지날 때 반대편 열차도달잔여시간 표시기가 점등 될 수 있으므로 R1낙하조건으로 이것을 막아준다. 경보가 울리고 있는 동안에(정상적으로 열차가 지나가면 401을 지난 후 경보가 멈춘다) 점등되었다가 열차가 반대편으로 지나가면 소등되고, 반대편은 점등되지 않도록 보장을 해 준 것이다.

한편 반응계전기 AXCPR, BXCPR 여자접점을 이용하여 표시기에 별도의 B24를 투입시켜 주고 궤도회로방식과 마찬가지로 C24는 표시기에 항시 대기하는 방식으로 결선을 한다.

### 3. 결론

정시간 제어기는 현재 각 건널목에 설치되어 사용되고 있어 차륜검지기와 제어기장치에 대한 신뢰도가 있으며, 이 열차도달 잔여시간 표시장치는 기존 장치의 기능과는 전혀 지장이 없는 안전 설비로써 건널목 통행자로 하여금 시각적 효과를 제공 해주므로 건널목 사고 예방에 큰 역할을 할 수 있으리라 본다.

정시간 제어기와 인터페이스는 경보출력계전기의 낙하접점을 이용하기 위해 계전기를 교환하는 것과 제어케이블 IC 사용이 전부이다. 또한 통신방식을 이용한다면 별도의 통신케이블이 시점에서 제어유니트까지 필요하며, 건널목 제어유니트에서 경보기주에 침장한 위의 표시장치까지의 제어케이블도 별도로 필요하다.

특히 정시간 제어기는 30초 이상인 저속열차의 경우 무조건 30초에 맞도록 경보조건이 출력되므로 저속열차인 경우에는 일정시간에 대해서만 동작하도록 장치를 구성하면 된다. 하지만 고속열차의 경우에는 즉시 경보조건이 출력되어야 하므로 이 때에는 정확한 열차도달 시간을 표시해 줄 수 있어야 한다.

또한 열차가 차륜검지기를 지나서 서행할 경우와 급가속할 경우에 대한 대책이 반드시 필요하다. 왜냐하면 시간표시는 남았는데 열차가 도달하게 되는 경우 자칫 큰 사고로 이어질 수 있기 때문에 이에 대한 보완이 필요하다.

철도 운전사고의 약 95[%]정도를 차지하고 있는 건널목 사고의 원인은 대부분 열차 통과 직전에 건널목을 횡단하는 경우로 지난 5개년 평균 80.4건 발생건수 중에 50.6건이며, 이는 전체 건널목 사고의 62.9[%]를 차지하고 있다.(표 1.참조)

분석결과 경보를 무시하고 횡단하는 경우가 대부분이며 이것은 경보시간이 열차에 따라 상이한 것과 저속열차의 경우 필요이상으로 경보시간이 길어 조급한 나머지 경보가 울리는 데도 불구하고 횡단하는 사례가 많은 것으로 나타나고 있다.

이러한 사고를 예방하기 위하여 정시간 제어기가 개발되어 실용화되어 사용되고 있다. 그러나 열차 도달 잔여시간을 모르기 때문에 조급한 운전자나 보행자는 경보동작 중에 횡단하다가 사고가 나는 경우가 많다.

그래서 이 연구논문에서는 정시간 제어기의 기능을 그대로 이용하되 upgrade하여 경보기주에 열차도달 잔여시간 표시장치를 침장하는 방식으로 열차의 도달 시간을 정확히 알려주어 통행자의 지루함과 성급한 판단 착오를 해소하기 위해 연구하였다.

이 표시장치로 인해 건널목 안전사고가 감소하기를 바라며, 더욱더 발전되는 철도 건널목이 되도록 계속해서 연구해 나갈 것이다.

### 참고 문헌

- [1] 철도청, "2002년 신호업무자료", vol.4, No.2, p181, 2002.
- [2] 박재영, "철도 건널목의 정시간 경보제어에 관한 연구", vol.2, No.2, p7, 1996. 6.
- [3] 한국철도기술연구원, "철도건널목 진입경고 및 제어기술 개발", vol.2, No.4, p27, 2001.11.