

# 전자연동장치의 연동검사시스템 개발

## A Study on Development of Interlocking Inspection System for Electronic Interlocking System

박영수<sup>1</sup>      이기서<sup>2</sup>  
Young-Soo Park      Key-Seo Lee

**Keywords** : Electronic Interlocking System(전자연동장치), Lock(쇄정), Route(진로), Signal(신호기) DES(연동도표작성시스템) LDMT(데이터 관리장치), DataBase(데이터베이스), Line Station(역선로)

### Abstract

The purpose of interlocking system was to prevent the route for a train being set up and its protecting signal cleared if there was already another, conflicting route set up and the protecting signal for that route cleared.

This paper proposed Interlocking Inspection System(IIS) consisting of interlocking simulator and field simulator to operate interlocking test of computer based Electronic Interlocking System(EIS) in this paper. Interlocking simulator consists of Design Edit System(DES), Logical Database Management Tool(LDMT) and real-time confirming system, field simulator is a equipment to simulate a control object of EIS and constitutes configuration operated in 19 inch standard rack. As a result of test to prove capacity of this IIS, the efficiency was shown as excellent.

Therefore by using inspection system, we obtain every advantages. It has the functions for test data generation and automatic test execution based on personal computer. Time and cost for test work can be reduced more efficiently by using this developed inspection system

### 1. 서 론

정거장구내에는 복잡한 선로를 열차의 도착, 출발이나 차량의 입환을 구내선로배선이 허용하는 한 비동기적으로 빈번하게 선로전환기나 신호기, 입환표지를 조작하여야 하지만 그 조작은 복잡하다. 이러한 조작을 취급자의 주의력에만 의지할 경우 취급자의 오류로 인한 작업효율의 저하 및 취급의 오류가 발생하더라도 그 오류를 장치가 보완 혹은 차단하여 작업의 안정성과 효율성을 향상시킬 목적으로 설비되는

장치가 연동장치이다.

따라서 선로전환기, 신호기나 입환표지, 선로상의 열차 혹은 차량의 유무 등 현장설비의 조건 및 관계를 상호 유기적으로 구성하여 제어나 취급에 일정한 순서와 제한을 시행한 장치가 연동장치이며, 연동장치를 중심으로 하여 선로전환기, 신호기나 입환표지, 열차나 차량을 검지하는 궤도회로 등이 상호 연결되어 열차의 안전운행을 도모하고 있다.

Fig. 1은 선로전환기, 신호기나 입환표지 및 열차나 차량의 유무 관계를 상호 유기적으로 표현한 것이다.

선로전환기, 궤도회로, 신호기를 서로 연관시켜 열차를 안전하게 그리고 효율적으로 운행시키기 위해서 연동장치가 신설되거나 변경되면 반드시 연동시험을

\*1. 정회원 광운대학교 제어계측공학과, 박사과정  
\*2. 정회원 광운대학교 정보제어공학과, 교수

행하여 연쇄관계가 확실한지를 확인하여야 한다. 그러나 최근 수송수요의 증강에 따른 역의 대규모화, 열차횟수의 증가 및 다양한 운행관리와 보수관리를 위한 기능 부가 등으로 연동검사를 위한 취급 및 확인횟수가 증가하여 많은 시험시간과 인간의 노력이 필요하며 이에 따른 제작 기간의 장기화 및 비용증가 등의 문제점이 대두되고 있다.[1],[2],[3]

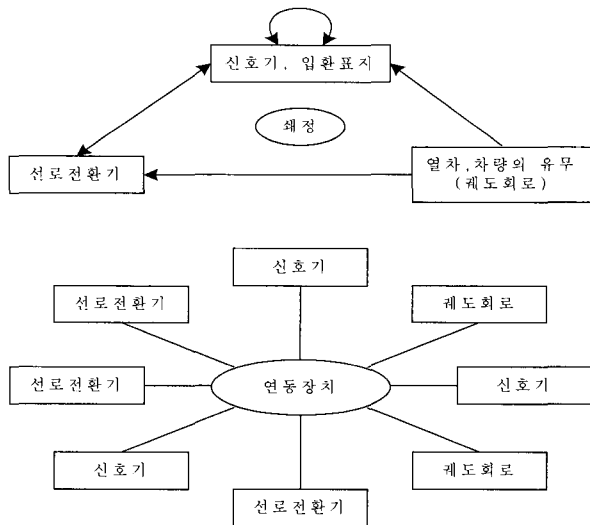


Fig. 1 Interlocking system connected with field equipments

또한 검사에서 발생하는 오류는 열차 운영상 중대한 사고를 야기할 수 있으며 이러한 문제점을 정리하면 다음과 같이 요약 할 수 있다.

- 검사기간이 많이 걸린다.
- 실수가 많아 재차 체크하는 것이 필요하다.
- 연동장치에 많은 지식을 가진 사람만이 시험할 수 있다.
- 연동변경에 즉시 대응할 수 없다.

따라서 연동도표로부터 연동표 및 각종 조건표에 의한 연동검사 알고리즘을 구현하고 이를 바탕으로 복잡한 연동검사를 자동으로 실시하는 연동검사장치를 개발하여 검사의 효율 및 연동장치의 안전성을 확보하고자 하는 것이 본 논문의 목적이다.

## 2. 본 론

### 2.1 연동검사 방법

연동검사의 효율화 기법을 검토하기 위하여 검사의

대상인 전자연동장치의 연동 제어프로그램을 분석하였다.

#### 1) 연동장치 입출력

연동장치는 압구(button)의 조작에 의해서 동작하며 선로전환기 및 신호기를 제어한다. 이때 현장신호기 및 선로전환기의 상태를 궤환(feedback)신호로 사용하고 궤도회로 정보를 열차의 위치정보로 사용하는 시컨스 회로이다. Fig. 2는 연동장치의 입출력정보에 대한 개략적인 내용을 도식으로 나타낸 것이다.[1],[10]

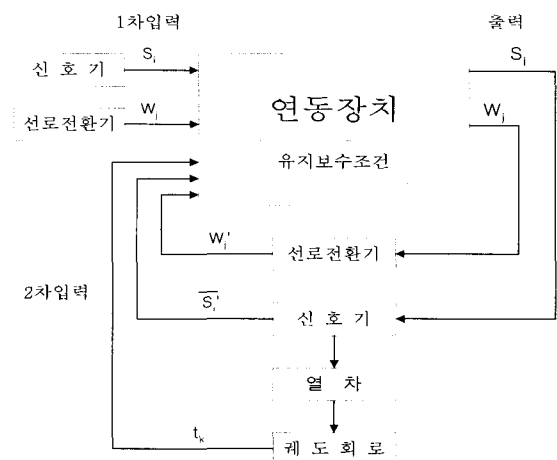


Fig. 2 Input Output Information of Interlocking system

#### 2) 연동검사 분석

효율적인 연동검사리스트를 작성하기 위하여 현재 국철에서 사용하고 있는 연동검사방법 및 지침과 일본의 연동검사방법 즉, JIS규격에 의해 규정한 계전연동장치 검사방법 및 각 민철에서 규정하고 있는 방법을 조사 분석하였으며, 국내의 공장출하시 연동검사에 직접 참석하여 현재의 시험방법에 대한 어려움을 직접 경험하였다.[4],[6],[7]

##### ① 조작, 확인횟수 점검

기존의 연동검사에서 행하고 있는 검사순서에 근거하여 조작, 확인횟수를 산출한 결과 예를들면 108진로에서 약 15만회로 산출되었다.[2] 시험역의 연동도표를 분석한 결과 진로수 8개에서 검사항목수 1,200개가 산출되어 이러한 횟수를 수작업으로 수행하는대는 어려움이 발생되고 있다.

##### ② 연동검사 항목

연동검사는 기본적으로 계전기로 구성된 전기연동

장치의 검사기법을 기본으로 구성되고 있으므로 전자 연동장치의 연동검사도 이를 바탕으로 기본항목은 연동도표와 연동장치 검사 규격서에서 제시하는 조건을 바탕으로 하고 기타 추가적인 조건을 더하여 Table 1 과 같이 정리하였다.

**Table 1 Basic items of interlocking check**

연동검사 항목	연동도표 테이블
신로전환기 단독	신로전환기란
진로설정검사	쇄정란
철사쇄정검사	철사쇄정란
상호쇄정검사	쇄정란
접근쇄정검사	접근 또는 보류쇄정란
보류쇄정검사	접근 또는 보류쇄정란
진로쇄정검사	쇄정란/진로쇄정란
신호제어검사	신호제어 및
지장진로검사	쇄정란
기타부과검사	전차선차단, 작업차

**2.2 연동검사장치 개발**

본 시스템은 연동장치의 기능확인을 위해 연동검사를 시행하는 것으로 설비가 주어진 연동도표대로 기능 발휘하는지를 판정하기 위한 것이다. 따라서 연동검사장치는 연동도표 상의 모든 발생 가능한 조건에 대한 시험을 빠짐없이 신속하게 자동 처리함으로써 연동장치의 성능 검증 및 유지보수를 용이하게 하고 수작업에 의한 연동검사시 발생 가능한 실수를 배제하고 검사 수행 시간을 단축하여 효율적인 연동검사를 수행하는데 그 목적이 있다. 전자연동장치의 연동검사장치는 시뮬레이션 컴퓨터, 현장시뮬레이터로 구성되어 연동검사 시뮬레이터와 전자연동장치와의 연결은 통신(RS 232 또는 RS 422)으로 연결되고 전자연동장치와 현장 시뮬레이터간은 전자연동장치 단말에서 콘넥터를 통하여 실선으로 연결되며, 현장 시뮬레이터와 연동검사 시뮬레이터는 통신(RS 232)으로 연결되어 제어 및 표시 정보를 주고받는 구성으로 이루어진다. 설계항목은 다음과 같이 구성하였다.

① 소프트웨어(S/W) 처리 기능

S/W의 전체적인 Task별 처리기능, 관련 DB중심의 블록선도 및 Task별 기능 구조도에 대하여 세부 설명을 한다.

② 입출력 설계

입, 출력중 처리할 화면 목록 및 보고서로 출력할

목록을 정의할 것이며, 화면 양식 및 보고서 출력 양식에 대한 설계를 한다.

③ 데이터베이스(DB) 설계

시스템 운영에 필요한 모든 DB에 대한 목록과 저장 장소, 설명, 구조 및 사용 Task에 대한 것을 설계한다.

④ 프로그램 설계

각 모듈별 프로그램의 목록과 프로그램의 개요, 개략적인 처리 흐름도, 입출력 관련 DB를 설명하고, 이벤트 발생시 처리되는 프로세서의 흐름을 설계한다.

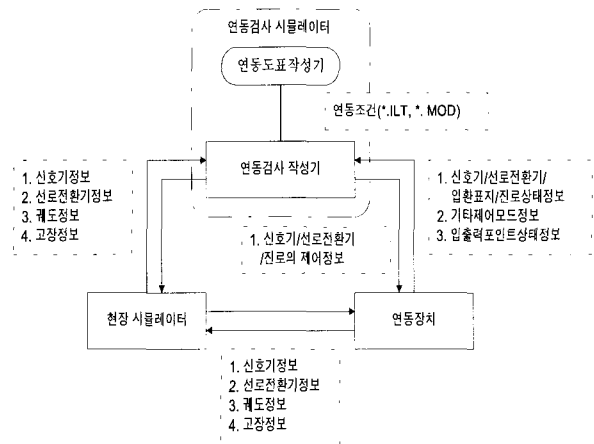
⑤ 시스템 환경

연동검사장치는 Multi-Tasking과 Multi-Thread를 지원하는 범용 O/S인 Windows NT 4.0 혹은 Windows 2000을 탑재한 펜티엄급 이상의 PC환경에서 구동된다.

응용 S/W의 개발언어는 MS-Visual C++ 6.0을 사용하여 모듈별로 프로그램을 구성하여 손쉽게 다룰 수 있도록 프로그램 하였다.

1) 시스템 구성

Fig. 3에 시스템의 구성도를 나타내었으며 그 장치의 기능을 간단하게 기술하였다.



**Fig. 3 Block diagram of interlocking inspection system**

① 연동검사 시뮬레이터

연동검사 시뮬레이터는 검사하고자하는 역의 전자연동장치에 대한 배선약도(연동도)를 입력하고 프로그램을 수행하여 연동표를 생성하는 연동도표 작성시스템과 작성된 연동도표로부터 연동검사용 데이터베이스를 생성 및 등록하고 등록된 데이터베이스의 수정, 삭제, 검색 등을 지원 관리하는 데이터베이스 생성

및 관리 시스템 그리고 전체 혹은 부분 연동검사를 수행하여 적합 여부를 판단하고 검사 결과를 데이터베이스로 저장하는 기능을 갖는 실시간 검사 확인 프로그램으로 구성된다.

또한, 각 시험 기능의 기동 및 시험현황을 모니터링하는 장치로서 전체화면 구성은 전자연동장치의 표시화면과 일치하도록 구현되며, 제어 윈도우에서 제어 명령을 실행하면 연동도표 작성시스템, 데이터베이스 생성 및 관리시스템에서 생성된 연동검사 항목에 대한 제어명령을 전자연동장치로 전송하고 현장의 변화된 정보를 전자연동장치로부터 수신하여 해당 검사항목에 대한 결과를 비교, 판단하여 표시하는 실시간 확인 프로그램으로 구성되며 프린트로 인쇄도 가능하다. 연동검사 시뮬레이터는 시험과정을 모니터링하는 관계로 이동이 쉽고 편리한 노트북 컴퓨터를 사용하였으며, 연동장치의 조작반 컴퓨터와는 직렬포트로 연결하며, 현장 시뮬레이터와는 USB포트를 이용하여 통신을 수행한다.

② 현장 시뮬레이터

현장 시뮬레이터는 전자연동장치의 제어대상을 모의로 시뮬레이션하기 위한 장치이다.

현장 시뮬레이터의 기능을 살펴보면 첫째 제어정보에 대한 기능검사로 연동검사 시뮬레이터의 제어정보는 통신(RS 422 또는 RS 232)을 통해 전자연동장치로 전송되면 전자연동장치가 연동조건을 처리하여 단말락을 거쳐 콘넥터(전자연동장치의 말단에 따라 변경가능)를 통하여 현장 시뮬레이터 입력 보드로 전송한다. 현장 시뮬레이터는 입력 값을 감시하고 있다가 그 값이 변할 경우 통신(RS 422 또는 RS 232)을 통해 연동검사 시뮬레이터에게 변화된 입력정보를 전송하여 적합여부를 판단하도록 한다. 두 번째로는 표시정보에 대한 기능을 검사하는 것으로 연동검사 시뮬레이터는 표시정보에 대한 검사를 위해, 현장 시뮬레이터의 출력 보드를 이용하여 검증한다. 현장 시뮬레이터는 제어대상인 현장 신호장치가 제어명령을 실행한 후 표시정보를 처리하는 것에 대한 시뮬레이션을 하는 것으로 RS 232통신을 통해 연동검사 시뮬레이터와 지속적으로 통신을 수행하며, 제어명령이 입력되면 데이터를 처리하여 단말락을 통해 전자연동장치로 전송하고 전자연동장치는 이 정보를 통신을 통해 연동검사 시뮬레이터로 전송하면 데이터 비교를 통해 현장 표시정보의 이상유무를 검사하게 된다.

장치의 구성은 디지털 입력모듈(DIM), 디지털 출력

모듈(DOM)과 이를 제어하기 위한 CPU 모듈, 전원모듈로 구성된다. DIM은 현장 제어정보에 대해 그 값을 읽는 역할을 수행하며, DOM은 표시정보를 만들기 위한 가상 데이터를 발생시키기 위해 사용된다. DIM과 DOM의 경우 각각 32포인트를 가지며, 외부 장비와 원활한 인터페이스를 위해 인터페이스 입력보드, 인터페이스 출력보드를 연계해서 사용한다. AC입력 출력 처리를 위한 외부 인터페이스는 따로 지원된다. CPU모듈은 RS-232통신을 통해 연동검사 시뮬레이터와 정보를 송수신하며, 입출력모듈들과는 VME버스를 통해 연결되어 있다.

2) 연동검사 처리절차

연동검사항목은 Table 1을 기준으로 하고 처리절차는 Fig. 4에서 나타낸바와 같이 연동검사 준비단계와 연동검사 수행단계로 구별하여 처리하였다.

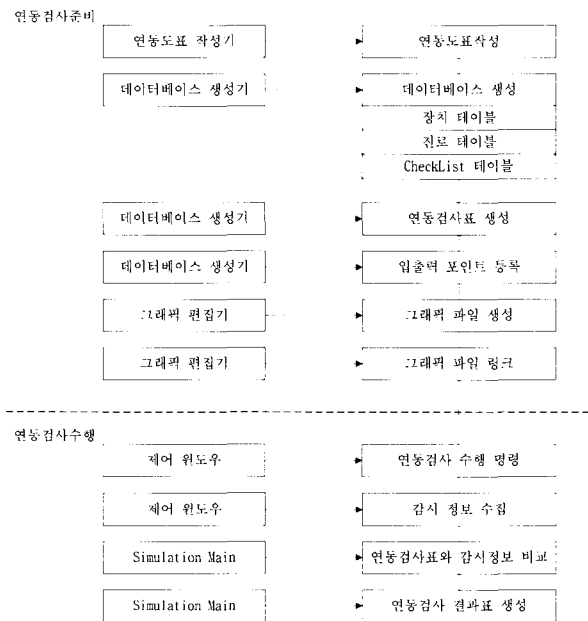


Fig. 4 Flowchart of database generation for interlocking check

또한, 각 연동검사항목에 대해서는 항목별 플로차트를 구성하여 연동검사프로그램에서 직접 작성하여 구현되도록 구성하였다.

각 검사항목별 S/W의 개발언어는 MS-Visual C++ 6.0을 사용하였으며, S/W의 전체적인 Task별 처리기능으로 분류 구성하였다.

3) 연동검사 항목 프로그램

위의 항에서 제시한 연동검사 항목을 프로그램하기 위하여 아래의 Fig. 5에서 진로연동검사의 예와 같이 각 항목별로 플로차트를 구성하고, 이 플로차트를 기반으로 프로그램을 구성하여 각 항목에 대한 검사가 진행되도록 하였다.[7]

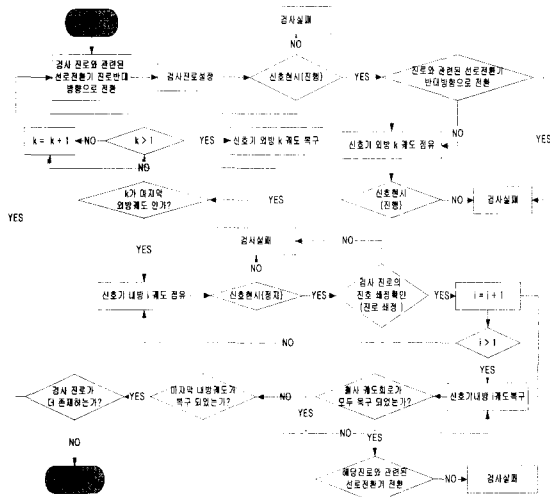


Fig. 5 Example of route locking check flowchart

4) 연동검사 프로그램 구성

프로그램 구성은 연동도표 파일을 재구성하고 연동장치의 현재상태를 그래픽 화면으로 표시하며 시스템에 필요한 유틸리티 프로그램을 관리하고 실행시킨다. 또한, 기존의 연동도표 작성기로부터 생성되는 연동도표 파일을 읽어 연동검사에 필요한 데이터를 연결하고 그래픽 링크기능으로 연동장치의 데이터와 그래픽화면의 각 객체와 연결한다.

① L/S View 프로그램 : 연동도표 파일을 재구성하여 연동장치의 현재 상태를 그래픽화면으로 표시하고 시스템에 필요한 유틸리티 프로그램을 관리하고 실행한다.

② 연동장치 시뮬레이터 주(main) 프로그램 : 연동도표 파일로부터 생성된 체크리스트를 이용하여 자동/수동의 연동검사를 수행한다. 전자연동장치 및 현장 시뮬레이터와의 데이터 통신 및 연동검사 수행 후 검사결과를 판단하고 출력한다.

③ 제어윈도우 : 연동검사 시뮬레이터 주 프로그램으로부터 받은 연동검사 명령을 연동장치로 전송한다.

④ 경보윈도우 : 전자연동장치로부터 받은 감시정

보 및 연동검사 시뮬레이터의 모든 동작상태를 리스트형식으로 표시하고 데이터베이스에 저장한다.

⑤ 시험결과 윈도우 : 각 연동 검사항목별로 시험결과를 화면에 연동검사표와 비교형식으로 표시하여 비교, 판단이 용이하도록 하였다.

⑥ 데이터베이스 편집기 : 연동도표 작성시스템으로부터 생성되는 연동도표 파일을 읽어 연동검사에 필요한 데이터를 생성하고, 전자연동장치 입출력 포인트를 등록/수정한다. 또한 윈도우즈 탐색기 형식으로 데이터베이스 테이블을 선택하도록 하여 이용에 편의를 가했다.

⑦ 그래픽 편집기 : L/S View 화면을 구성하고 그래픽 링크기능으로 연동장치의 데이터와 그래픽화면의 각 객체와 연결하여 연동검사에 필요한 데이터 베이스를 생성하고 변경이 용이하도록 구성했다.

⑧ 통신프로그램 : 연동장치 및 현장 시뮬레이터와의 통신을 담당한다.

5) 연동검사 프로그램 로직

연동검사 프로그램은 크게 입력된 데이터를 가공하여 연동검사에 필요한 데이터 베이스를 생성하도록 구성된다. 데이터 베이스를 생성하는 프로그램은 다음과 같은 로직을 구성하게 되며, 해당 로직에 의해 검사를 진행하게 된다. 다음의 플로차트는 검사에 필요한 데이터 베이스를 생성을 위한 과정을 도식화한 것이다.

① 연동도표 작성시스템

연동도표 작성시스템은 OLE 기술을 기반으로 작성되었다. 연동도표 작성기는 다음 플로차트의 과정을 거쳐 사용자의 의도대로 연동도표의 작성을 담당한다.

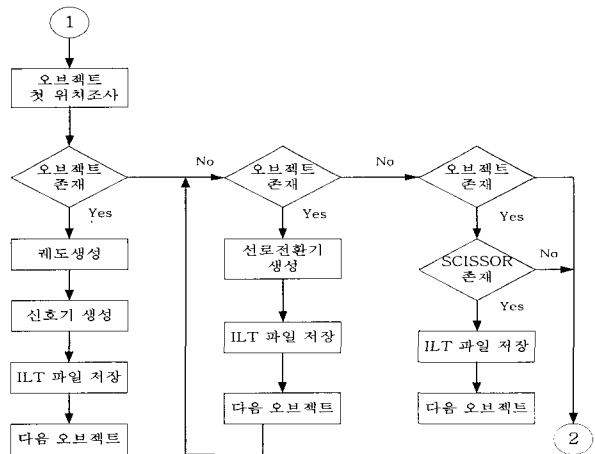


Fig. 6 Flowchart of database generation at design edit system(DES)

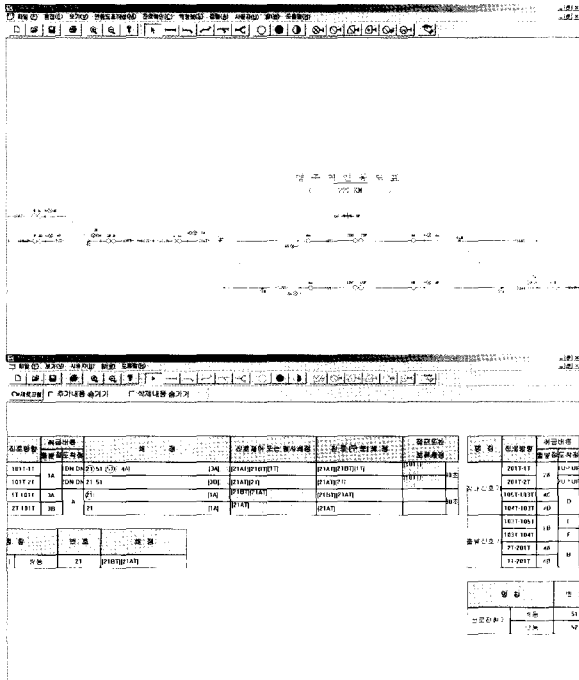


Fig. 7 View of the DES on test station

② 장치테이블 데이터베이스 생성

장치테이블은 연동 도표 생성기에서 작성된 데이터를 데이터베이스로 가공하여 연동검사에 필요한 데이터를 보관한다.

다음의 플로차트는 장치테이블 데이터베이스를 작성하는 로직을 도식화한 것이다.

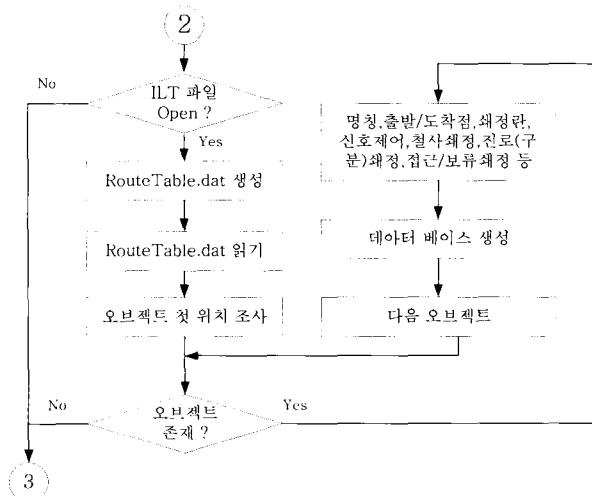


Fig. 8 Database generation flowchart of equipment table

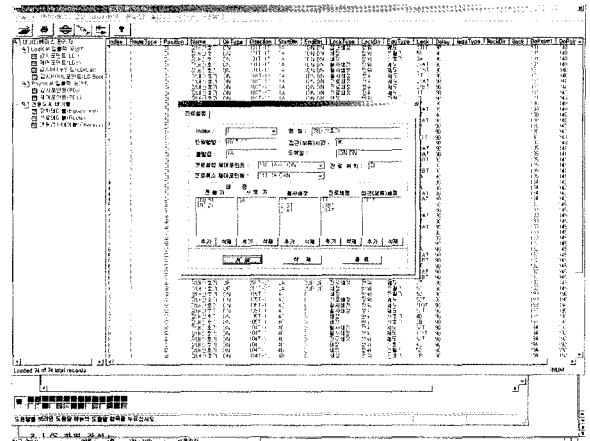


Fig. 9 Generation view of equipment table on test station

③ 진로테이블/연동검사테이블 데이터베이스 생성  
진로테이블 데이터베이스는 장치테이블 데이터베이스를 가공하여 진로 검사를 수행하는데 필요한 데이터베이스를 생성한다. 연동검사테이블 데이터베이스는 장치 테이블 데이터베이스와 진로 테이블 데이터베이스에서 생성된 데이터를 가공하여 연동검사 프로그램에서 연동장치 시뮬레이터 주(main) 프로그램에서 사용할 수 있는 데이터베이스를 생성한다.

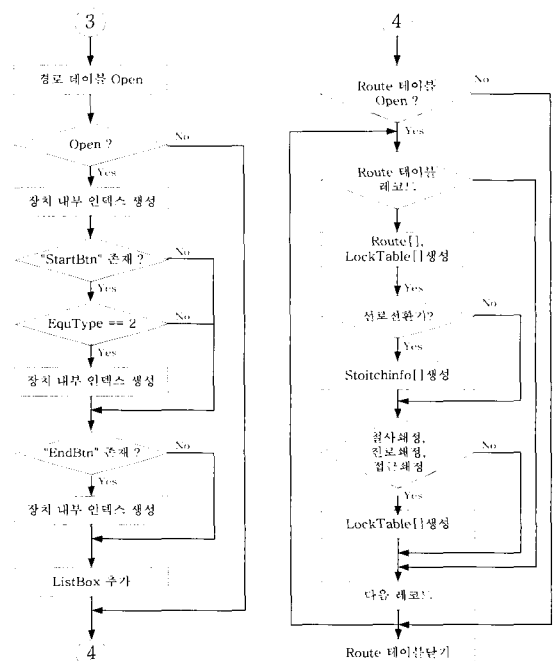


Fig. 10 Database generation flowchart of route table / interlocking check table

2.3 현장시험 및 결과분석

이상에서의 연구결과로 구현된 연동검사장치의 기능을 확인하기 위하여 Fig 11과 같이 영주 교육장역의 전자연동장치에 접속하여 시험을 수행하였다.

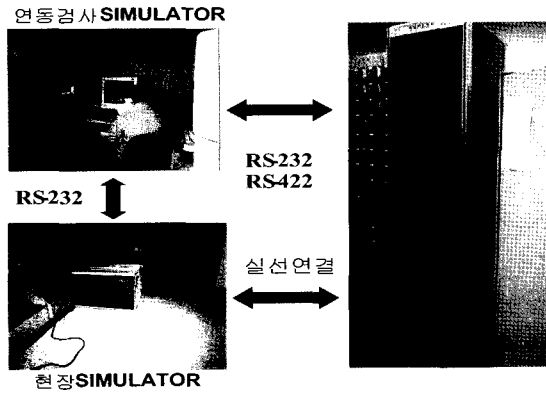


Fig. 11 Connection between interlocking inspector and EIS

본 시험역의 연동도표에서 진로는 8개이며 앞에서 정의한 연동검사 알고리즘을 통하여 생성된 검사항목은 약 1,200개로 나타났으며 이 검사항목을 토대로 실제의 전자연동장치와의 연결을 통하여 현장 시험한 결과 시험시간은 약 3시간이 소요되었다. 전자연동장치에 접속되어 연동검사를 수행하는 연동검사 실행화면을 Fig. 12에 나타내었다.



Fig. 12 Construction of interlocking inspection program

시험역의 연동검사 시험에서 행한 시험결과와 일부 예를 Fig. 13에서 보였다. 이 시험결과 항목에서 보인 바와 같이 만약 검사결과가 실패인 경우 검사실패의 이유를 검사자가 확인하여 판단할 수 있도록 검사명, 제어명, 제어후 기대결과 및 제어 후 결과의 순서로 나타내고 있다. 따라서 이러한 시험을 토대로 전자연동장치의 연동알고리즘을 쉽게 수정할 있게 할 뿐 아니라 반복적인 연동검사를 수행하여 연동프로그램의 정확성을 확보할 수 있게 도와줄 것이다.

본 시스템의 기능적인 효율성은 ① 각 역에 대한 현장데이터 입력이 필요하지만 전자연동장치에 대한 전문적인 지식을 가지지 않아도 연동검사 체크리스트를 작성할 수 있으며, ② 실 기기에 대한 사용자시험은 기능검사이므로 하드웨어 제작이후에 즉시 시험이 가능하고, ③ 검사시 오류에 대한 정확한 메시지를 출력하므로 검사후 오류의 원인을 용이하게 규명하여 신속한 수정될 수 있으며, ④ 컴퓨터를 통한 정확한 검사와 검사이력의 효율적인 관리로 인하여 장치의 환경변화에 신속하게 대처할 수 있는 장점을 가질 수 있다.

영주교육장역 연동검사 결과

연동도표명	연동도표번호	연동도표명	연동도표번호	연동도표명	연동도표번호	연동도표명	연동도표번호	연동도표명	연동도표번호	연동도표명	연동도표번호	연동도표명	연동도표번호	연동도표명	연동도표번호
보통열차진입	116-11015-10F	전동차출발	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F
보통열차출발	116-11015-10F	전동차출발	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F
보통열차출발	116-11015-10F	전동차출발	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F
보통열차출발	116-11015-10F	전동차출발	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F	전동차출발(선호지정)	116-11015-10F

Fig. 13 Example of test results on interlocking check

3. 결 론

본 연구는 앞에서 보인 것과 같이 복잡하고 많은 시간을 요하는 연동검사를 효율적이고 체계적으로 수

행하기 위한 알고리즘을 제시하고 이를 실 장치로 구현하였다.

전자연동장치와 직접적인 인터페이스를 통하여 연동검사를 수행함으로써 효과적이고 체계적인 검사가 가능하도록 하였으며 이를 통해 전자연동장치의 성능을 확인하고 연동검사에 투입되는 검사시간의 단축 및 향후 검사 이력관리의 편의성을 제공하였다.

### 참고문헌

- [1] 石原俊次 외, 1996, "신형전자연동장치의 자동검사시스템" 철도와 전기기술, Vol.7, No.6.
- [2] 西堀 典幸, 1991, 전자연동장치 검사시스템개발, RTRI Vol.5, No.1.
- [3] 島添 敏之 외, "PRIME 설계 검사지원 TOOL의 개발". 철도와 전기기술
- [4] 계전연동기 검사방법, JIS E 3004, 1993.
- [5] 渡辺俊勝, 秋田雄志, 1989, 전자연동장치의 개발-연동처리 프로그램의 구성-, 철도기술연구소속보, No. A-86-116.
- [6] 연동장치 종합기능검사표준(예), 관서철도학원, 소화 59.
- [7] 신호설비 시공표준, 철도청, 2001.
- [8] 한국철도기술연구원, 1999, "전자연동시스템 검증을 위한 시뮬레이터 개발에 관한 연구."
- [9] 이재호 외 3인, 2000, "전자연동장치의 연동기법에 관한 연구", 2000 철도학회 학술발표집
- [10] J. Waller, "Railway Control Systems", 1993, A&C Black · London.