論 文
53P-2-5

전자연동장치를 위한 연동검사시스템의 개발

Development of Interlocking Inspection Simulator for Electronic Interlocking System

李 在 浩* · 黃 宗 奎* · 朴 泳 秀** · 朴 貴 泰***
(Jae-Ho Lee · Jong-Gyu Hwang · Young-Soo Park · Gui-Tae Park)

Abstract - The purpose of interlocking system in railway is to prevent the route for a train being set up and its protecting signal cleared if there were already another, conflicting route set up and the protecting signal for that route cleared. Recently, conventional relays circuitry in industrial field is replaced to computer-based control systems according to the advance of computer and communication technology. Therefore, interlocking systems in railway field are rapidly changing from existing relay-based interlocking system to computer-based electronic ones that executes the vital interlocking logic to assure the safety train routes at trackside signaling equipment room using electronic circuits. So it is very important to verify the performance of developed electronic interlocking system by plentiful laboratory testing before actually application in the railway system. However the laboratory testing in the present state of railway signaling is preformed individually by manual, so very much test time and cost are required. To solve these problems, we are developed the simulator for automatic interlocking inspection in this research. This simulator is able to operate on general personal computer and has following beneficial functions : automatic test sheet generation for inspection, automatic inspection execution and et al. The experiments are executed to test the feasibility of the developed simulator the experimental results have good agreements with the anticipated ones.

Key Words : 전자연동장치, 연동검사, 쇄정, 시뮬레이터, 데이터베이스

1. 서 론

철도의 신호제어시스템은 철도의 선로변 및 역의 신호기기실에 위치하면서 열차의 속도제어 및 진로제어 등을 담당하여 열차의 효율적인 운행을 지원하며, 또한, 열차의 충추돌 방지 및 최종적인 안전운행을 책임지는 제어장치이다. 이처럼 열차 안전운행을 보장하기 위한 여러가지 기능을 수행하는 신호제어시스템을 개발하여 적용하기 위해서는 현장 설치전에 실험실 수준에서 충분한 시험을 수행하여여 그 성능을 입증하여야 한다.[1-2][7-8]

정거장구내에는 복잡한 선로를 개통시키는 선로전환기, 차량의 운행조건을 지시하는 신호기나 입환표지가 있으며, 열차의 도착 및 출발, 차량의 입환을 구내선로배선의 용량범위 내에서 비 동기로 조작하여 수송의 효율을 극대화하기 위해 선로전환기나 신호기, 입환표지를 빈번하게 조작하여야 한다. 이러한 조작을 취급자의 주의력에만 의지할 경우 취급자의 오류로 인한 작업효율의 저하 및 취급 안전성에 적지 않은 문제를 일으킬 수 있다. 따라서 취급의 오류가 발생하더라도 그 오류를 장치가 보완 혹은 차단하여 작업의 안정성과 효율성을 향상시킬 목적으로 설비되는 장치가 연동장치이다.

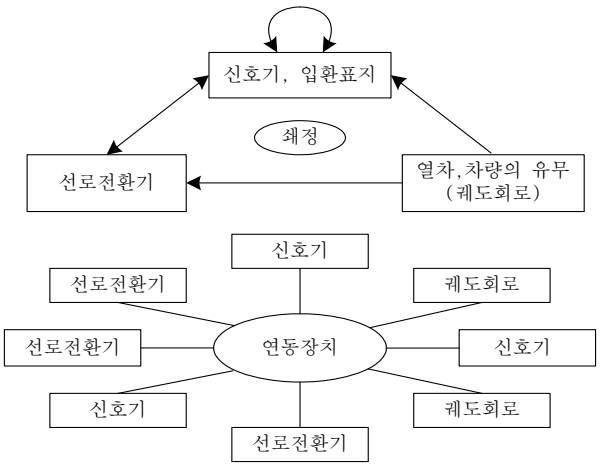

그림 1 연동장치와 현장기기와의 연결
Fig. 1 Connection between interlocking system and field equipment

선로전환기, 신호기나 입환표지, 선로상의 열차 혹은 차량의 유무 등 현장설비의 조건 및 관계를 상호 유기적으로 구성하여 제어나 취급에 일정한 순서와 제한을 시행한 장치가 연동장치이며, 그림 1과 같이 연동장치를 중심으로 하여 선로전환기, 신호기나 입환표지, 열차나 차량을 검지하는 궤도

* 正 會 員 : 韓國鐵道技術硏究員 電氣信號硏究本部 先任硏究員
** 正 會 員 : 建設交通部 鐵道政策局 電氣事務官 · 工學博士
*** 正 會 員 : 高麗大學校 電氣工學科 敎授 · 工學博士
接受日字 : 2003年 10月 14日
最終完了 : 2004年 3月 22日

회로 등이 상호 연결되어 열차의 안전운행을 도모하고 있다.

선로전환기, 궤도회로, 신호기를 서로 연관시켜 열차를 안전하게 그리고 효율적으로 운행시키기 위해서 연동장치가 신설되거나 변경되면 반드시 연동시험을 행하여 연쇄(interlock)관계가 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 예상되고 있다.[9][10]

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

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

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

2. 연동검사 방법

전기연동장치에서는 조작표시반에 선로전환기방향, 신호기현시, 열차위치, 진로설정 유무 등 열차운영에 필요한 모든 정보가 표시된다. 진로표시등은 진로구분쇄정의 궤도회로마다 점등하도록 하고 선로전환기는 개통방향마다 점등하도록 구성하였다. 진로를 취급하여 쇄정이 걸리면 진로방향으로 진로표시등이 점등하여 진로쇄정의 완료를 표시한다.

이것은 열차의 운용뿐아니라 장애보수에도 활용할 수 있다. 만약 진로표시등은 점등했으나 신호현시등이 정지인 경우는 진로쇄정회로까지는 문제가 없고 그 이후의 회로에 문제가 있는 것으로 판단할 수 있으며 진로표시등이 점등되지 않았으면 진로쇄정회로 이전에서 문제가 발생한 것으로 판단할 수 있다. 다음에 선로전환기표시등이 정위에 있는지 반위에 있는지를 확인하여 선로전환기가 소정의 방향을 표시하고 있으면 진로쇄정회로(진로조사회로)에서 문제가 발생한 것이고 그렇지 않으면 선로전환기 전환불량 또는 그 전 단계에서 문제가 발생한 것이다. 즉, 조작표시반 감시등을 확인하면 고장의 위치를 예측할 수 있다.[9-10]

다음은 연동장치의 연동검사를 분석한 내용이다.

2.1 연동장치 입출력

연동장치는 압구(button 또는 조작키)의 조작에 의해서 동작하고 선로전환기 및 신호기를 제어한다. 이때 현장신호기의 상태, 선로전환기의 상태를 궤환(feedback)신호로 사용하고 궤도회로 정보를 열차의 위치정보로 사용하는 시퀀스 회로이다. 그림 2는 연동장치의 입·출력 정보에 대한 개략적인 내용을 도식으로 나타낸 것이다.

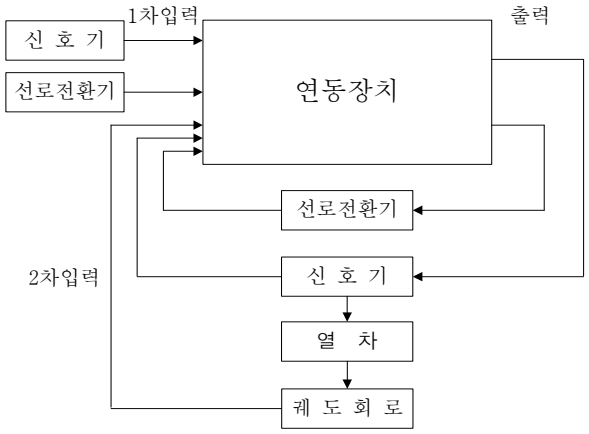

그림 2 연동장치의 입·출력 정보
Fig. 2 Input/output command of interlocking system

2.2 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 공장출하 시 연동검사에 직접 참석하여 현재의 시험방법에 대한 어려움을 직접 경험하였다.[1-6]

① 조작, 확인횟수 점검
연동장치는 역구내에서 열차운전을 안전하고 원활하게 하기 위해서 신호기, 선로전환기 등을 제어하는 장치이고, 연동검사는 연동장치가 연동도표에 의한 모든 기능을 가지고 있는지에 대한 조건검사이다.

② 연동검사 항목
연동검사는 기본적으로 계전기로 구성된 전기연동장치의 검사기법을 바탕으로 기능검사가 이루어지고 있으므로 전자연동장치의 연동검사도 이를 바탕으로 기본항목은 연동도표와 연동장치 검사규격서에서 제시하는 조건을 기본으로 하여 표 1과 같이 정리하였다.[3][6]

표 1 연동검사의 기본항목
Table 1 Basic items of interlocking check

연동검사 항목	연동도표 테이블
선로전환기 단독전환	선로전환기란
진로설정검사	쇄정란
철사쇄정검사	철사쇄정란
상호쇄정검사	쇄정란
접근쇄정검사	접근 또는 보류쇄정란
보류쇄정검사	접근 또는 보류쇄정란
진로쇄정검사	쇄정란/진로쇄정란
신호제어검사	신호제어 및 철사쇄정란
지장진로검사	쇄정란
기 타	시간쇄정, 폐로쇄정 등

3. 연동검사 장치

본 논문에서 제안한 시스템은 연동장치의 기능확인을 위해 연동검사를 자동으로 실시하는 것으로서, 연동장치가 주어진 연동도표대로 기능 발휘하는지를 판정하기 위한 것이다. 따라서 연동검사장치는 연동도표 상의 모든 발생 가능한 조건에 대한 시험을 빠짐 없이 신속하게 자동 처리함으로써 연동장치의 성능 검증 및 유지보수를 용이하게 하고 수작업에 의한 연동검사 시 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 통신으로 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 입·출력 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 저장장소, 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 발생 시 처리되는 프로세서의 흐름을 설계한다.

⑤ 시스템 환경
연동검사장치는 Multi-Tasking과 Multi- Thread를 지원하는 범용 OS인 Windows NT 4.0 혹은 Windows 2000을 탑재한 펜티엄 PC환경에서 구동된다.

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

3.1 시스템 구성

그림 3에 시스템의 구성도를 나타내었으며 그 장치의 기능을 기술하면 다음과 같다.

3.1.1 시뮬레이션 컴퓨터

시뮬레이션 컴퓨터는 그림 4와 같이 검사하고자 하는 역의 전자연동장치에 대한 배선약도(연동도)를 입력하고 프로그램을 수행하여 연동표를 생성하는 연동도표 작성시스템[11]과 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.

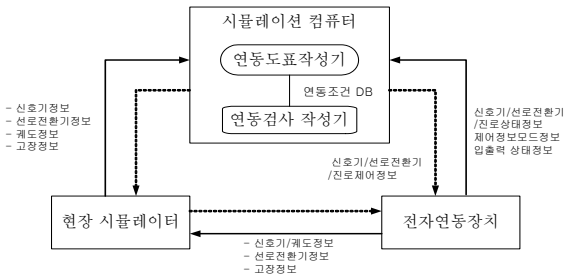

그림 3 연동검사시스템 구성도

Fig. 3 Block diagram of Interlocking inspection simulator

또한, 각 시험 기능의 기동 및 시험현황을 모니터링하는 장치로서 전체화면 구성은 전자연동장치의 표시화면과 일치하도록 구현되며, 제어 윈도우에서 제어명령을 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.

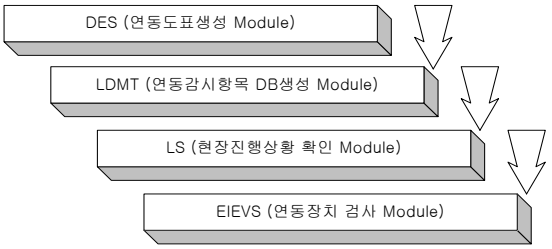

그림 4 시뮬레이션 컴퓨터의 구성 프로그램 모듈

Fig. 4 Program modules compose of simulation computer

시뮬레이션 컴퓨터는 시험과정을 모니터링하는 관계로 이동이 쉽고 편리한 노트북 컴퓨터를 사용하였으며, 연동장치의 조작반 컴퓨터와는 직렬포트로 인터페이스하며, 현장 시뮬레이터와는 USB포트를 이용하여 통신을 수행한다.

3.1.2 현장 시뮬레이터

현장 시뮬레이터는 전자연동장치의 제어대상을 모의로 시뮬레이션하기 위한 장치이다. 시뮬레이션 컴퓨터 또는 전자연동장치로부터 현장신호에 대하여 제어상태를 입력받아 변화되는 현장상태를 연동장치로 전달하기 위하여 운용된다.

현장 시뮬레이터의 기능을 살펴보면 첫째 제어정보에 대한 기능검사로 연동검사 시뮬레이터의 제어정보는 통신(RS 422 또는 RS 232)을 통해 전자연동장치로 전송되면 전자연동장치가 연동조건을 처리하여 단말랙을 거쳐 콘넥터(전자연동장치의 말단에 따라 변경 가능)를 통하여 현장 시뮬레이터 입력 보드로 전송한다. 현장 시뮬레이터는 입력 값을 실시간 감시하여 그 값이 변할 경우 통신을 통해 시뮬레이션 컴퓨터에게 변화된 입력정보를 전송하여 적합 여부를 판

단하도록 한다. 두 번째로는 표시정보에 대한 기능을 검사하는 것으로 시뮬레이션 컴퓨터는 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 통신을 통해 시뮬레이션 컴퓨터와 지속적으로 통신을 수행하며, 제어명령이 입력되면 데이터를 처리하여 단말랙을 통해 전자연동장치로 전송하고 전자연동장치는 이 정보를 통신을 통해 시뮬레이션 컴퓨터로 전송하면 데이터 비교를 통해 현장 표시정보의 이상 유무를 검사하게 된다.

장치의 구성은 디지털 입력보드(DIM:Digital Input Board), 디지털 출력보드(DOM:Digital Output Board)와 이를 제어하기 위한 CPU 보드, 전원보드(PSM)로 구성되어진다. DIM 보드는 현장 제어정보에 대해 그 값을 읽는 역할을 수행하며, DOM 보드는 표시정보를 만들기 위해 가상 데이터를 발생시키기 위해 사용되어진다. DIM 보드나 DOM 보드의 경우 각각 32포인트를 가지며, 외부장비와 원활한 인터페이스를 위해 인터페이스 입력보드(ACIF), 인터페이스 출력보드(DOSC)를 연계해서 사용한다. AC입출력 처리를 위한 외부 인터페이스가 따로 지원된다. CPU 보드는 RS-232통신을 통해 연동검사 시뮬레이터와 정보를 송수신하며, 입출력 보드와는 VME 버스를 통해 연결되어 있다.

또한, 현장 시뮬레이터는 실제의 전자연동장치와의 연결 및 휴대의 편의를 위해 표준형태(19인치 랙)의 장치로 구현되며 휴대의 편의를 위해 손잡이가 부착된 케이스를 사용하여 단순하면서도 컴팩터하게 처리하였다.

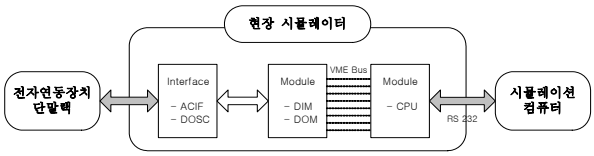

그림 5 현장시뮬레이터 구성도

Fig. 5 Block diagram of field simulator

3.2 연동검사 처리절차

연동검사항목은 표 1을 기준으로 하여 처리절차는 아래 그림 6에서 연동검사 준비단계와 연동검사 수행단계로 구별하여 처리하였다.

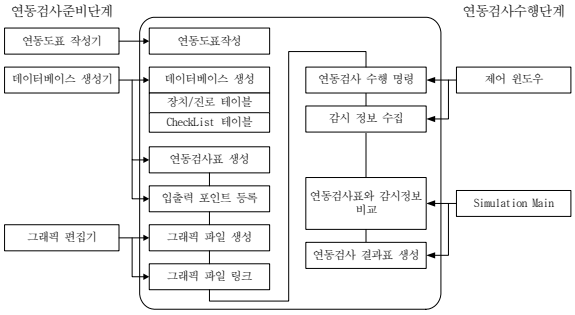

그림 6 연동검사 데이터베이스 생성 및 처리절차

Fig. 6 Generation and process flow of Interlocking check database

또한, 각 연동검사항목에 대해서는 항목별 플로차트를 구성하여 연동검사 프로그램에서 직접 작성하여 구현되도록 구성하였다. 각 검사항목별 S/W의 개발언어는 MS-Visual C++ 6.0을 사용하였으며 S/W의 전체적인 Task별 처리기능은 다음과 같이 분류 구성하였으며 관련 DB중심의 블록선도는 그림 7에 표시하였다.

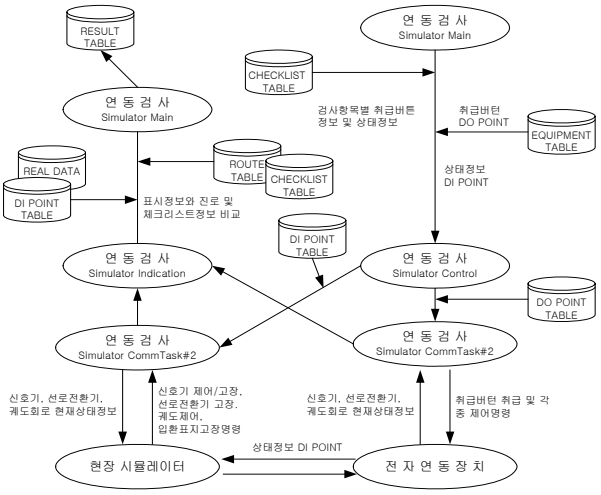

그림 7 연동검사시스템의 데이터 흐름도

Fig. 7 Data flow diagram of interlocking inspection simulator

3.3 연동검사 항목 프로그램

위의 항에서 제시한 연동검사 항목을 프로그램하기 위하여 아래의 예와 같이 각 항목별로 플로차트를 구성하고, 이 프로차트를 기반으로 프로그램을 구성하여 각 항목에 대한 검사가 진행되도록 하였다.

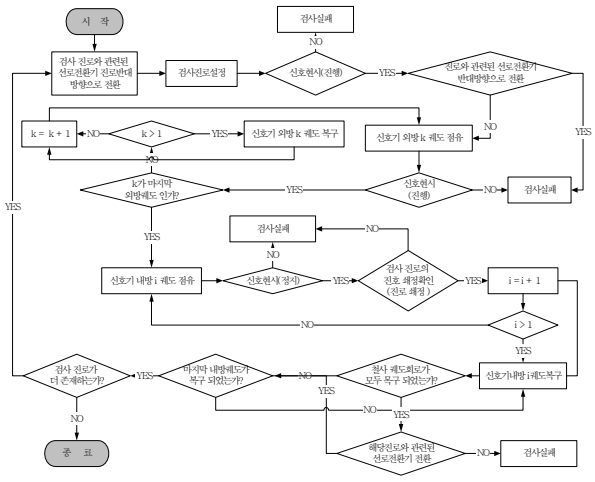

그림 8 진로쇄정검사에 대한 플로차트

Fig. 8 Flowchart for route locking check

3.4 연동검사 프로그램 구성

프로그램 구성은 연동도표 파일을 재구성하고 연동장치의 현재상태를 그래픽 화면으로 표시하며 시스템에 필요한 유틸리티 프로그램을 관리하고 실행시킨다. 또한, 기존의 연동

도표 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 감시정보 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.

4. 현장시험 및 결과분석

개발된 연동검사장치의 기능을 확인하기 위하여 영흥역 전자연동장치를 대상으로 시험 수행한 결과 연동검사장치가 목적으로 한 기능을 수행하였으나, 연동검사장치와 전자연동장치와의 하드웨어적인 접속에서는 현재의 전자연동장치의 단말랙 구조로는 신속한 접속이 용이하지 않았다. 또한, 전자연동장치와 조작표시반 간의 연결을 위해서는 3가지 형태의 통신 프로토콜 인터페이스 S/W를 구성하여 현재 국철에서 사용하고 있는 전자연동장치에는 적용이 될 수 있도록 구현하였다.

그림 9는 국철 영흥역의 전자연동장치 연동검사를 위한 연동검사 데이터베이스 생성 과정을 도식화 한 것이며 그림 10과 11은 연동검사를 위한 현장설치 구성도를 나타낸 것이다.

영흥역에서 검사한 항목은 표 1에서 제시한 항목 중 시험대상역과 관련되는 8개 항목에 대하여 검사한 결과는 표 2에서 나타낸 바와 같이 체크리스트 항목 총 3,946개, 검사시간 약 10시간이 소요되었다. 검사결과의 예는 그림 12에서 나타낸 바와 같이 검사명에 따른 검사(제어)후 기대결과에 대하여 검사후 결과를 바탕으로 검사를 판정을 수행하며, 검사판정결과 실패로 확인되면 검사명을 클릭하면 실패의 원인을 분석할 수 있는 내용이 첨부되어 있어 검사자가 검사실패 이유를 쉽게 확인할 수 있다.

그림 9 영흥역 연동검사를 위한 데이터 생성과정

Fig. 9 Process of data generation for interlocking check at yeongheung station

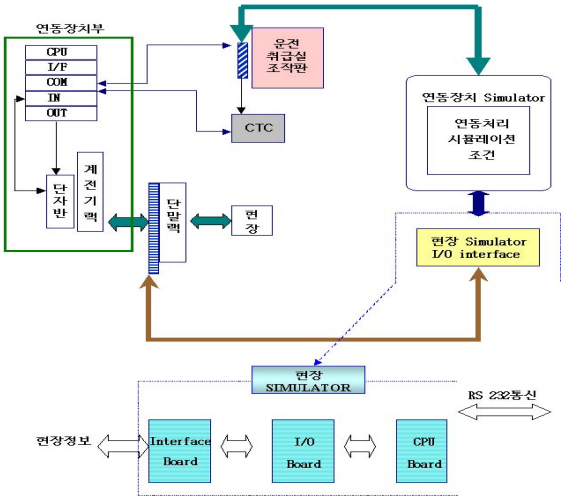

그림 10 연동검사를 위한 시스템 구성도

Fig. 10 System architecture for interlocking check

(a) 시뮬레이션 컴퓨터
(a) Simulation computer

(b) 현장 시뮬레이터
(b) Field simulator

그림 11 시험현장에 설치된 연동검사시스템

Fig. 11 Interlocking inspection simulator installed at test site

표 2 영흥역 전자연동장치 검사결과 요약
Table 2 Summary of test result for EIS at yeongheung station

검사항목	세부검사명	검사수	소요시간
1. 선로전환기 단독전환검사	-궤도점유제어외	78	00:07:28
2. 철사쇄정검사	-철사궤도점유제어외	141	00:32:29
3. 진로취급검사	-진로취급/취소제어외	33	00:09:31
4. 상호쇄정검사	-정/반위제어외	645	02:40:54
5. 접근쇄정검사	-진로취급제어외	204	00:36:43
6. 진로쇄정검사	-정/반위제어외	615	01:03:14
7. 신호제어검사	-진로취급제어외	1,900	04:20:53
8. 지장진로검사	-진로취급제어외	330	00:23:27
계		3,946	09:54:39

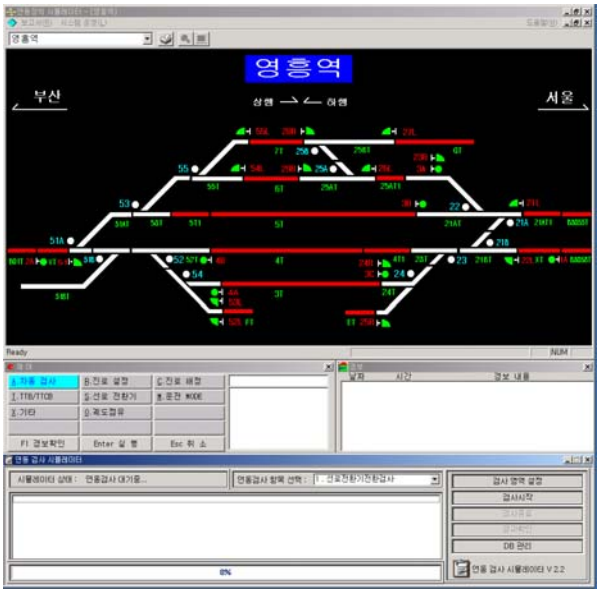

그림 12 연동검사 프로그램의 메인 화면
Fig. 12 Main display of interlocking check program

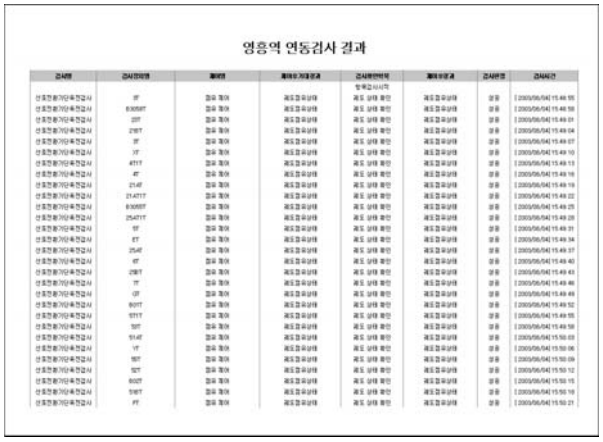

그림 13 영흥역 전자연동장치 연동검사 결과
Fig. 13 Interlocking check result of EIS at yeongheung station

5. 결 론

철도의 연동장치는 역의 신호기기실에 위치하면서 열차의 진로제어를 담당함과 동시에 열차의 안전운행을 최종적으로 책임지는 바이탈 제어장치이다. 이처럼 열차의 안전운행을 위한 바이탈 기능을 수행하는 전자연동장치 안전성을 검사가 위하여 현장설치 이전에 공장검사에서 충분한 시험을 수행하여야 한다.

본 연구는 이러한 복잡하고 많은 시간을 요하는 연동검사를 효율적이고 체계적으로 수행하기 위한 알고리즘을 제시하고 이를 실 장치로 구현하였다.

전자연동장치와 직접적인 인터페이스를 통하여 연동검사를 수행함으로써 효과적이고 체계적인 검사가 가능하도록 하였으며 이를 통해 전자연동장치의 신뢰성을 확인하고 연동검사에 투입되는 검사시간의 단축 및 향후 검사 이력관리의 편이성을 제공 등 장치의 기능을 충분히 확인하였다.

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 사용시험은 기능검사이므로 하드웨어 제작이후에 즉시 시험이 가능하고, ③ 검사 시 오류에 대한 정확한 메시지를 출력하므로 검사 후 오류의 원인을 용이하게 규명하여 신속한 수정될 수 있도록 하였다.

현재, 철도청에서는 개발된 장치를 이용하여 연동장치의 연동검사를 통한 안전성을 확보하고자 실용화가 추진되고 있다.

참 고 문 헌

[1] 西堀 典幸, “전자연동장치 검사시스템 개발”, RTRI Vol.5, No.1, 1991.
[2] 石原俊次외, “신형전자연동장치의 자동검사시스템” 철도와 전기기술, Vol.7, No.6, 1996.
[3] 계전연동기 검사방법, JIS E 3004, 1993.
[4] 吉武 勇 외, 운전보안설비의 해설, 일본철도도서주식회사, 1984
[5] 연동장치 총합기능검사표준(예), 관서철도학원, 소화 59
[6] 철도청, 신호설비 시공표준, 행정간행물 11-1510000-000084-14, 2001
[7] 이재호 외, 전자연동시스템 검증을 위한 시뮬레이터 개발에 관한 연구, 한국철도기술연구원, 1999
[8] 이재호외 3인, “전자연동장치 연동검사시스템 개발”, 대한전기학회 추계학술대회 논문집, 2001
[9] K W Burrage et al, Railway Control Systems, 1993, A&C Black · London
[10] O. S. NOCK et al, Railway Signalling, 1993, A&C Black · London
[11] Wang Xiujuan et al, "DES software for Computer Interlocking System", 한국철도학회논문집 제3권, 제3호, pp.125-130, 2000

저 자 소 개

이 재 호 (李 在 浩)

1964년 9월 29일생. 1987년 광운대학교 전자공학과 졸업. 1989년 동 대학원 전자공학과 졸업(공석), 2000년 고려대학교 메카트로닉스학과 박사과정수료, 1995년~현재 한국철도기술연구원 전기신호연구본부 선임연구원

Tel : 031-460-8536
Fax : 031-460-5449
E-mail : jhlee1@krri.re.kr

황 종 규 (黃 宗 奎)

1968년 8월 6일생. 1994년 건국대학교 전기공학과 대표학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(공석). 2000년~현재 한양대학교 전자통신전파공학부 박사과정, 1995년~현재 한국철도기술연구원 전기신호연구본부 선임연구원

Tel : 031-460-8538
Fax : 031-460-5449
E-mail : jghwang@krri.re.kr

박 영 수 (朴 泳 秀)

1961년 1월 8일생. 1997년 국가대 대표학과 졸업. 2003년 광운대학교 대학원 제어계측공학과 졸업(공박), 2004년~현재 건설교통부 철도정책과 근무

Tel : 02-2110-8255
Fax : 02-503-7305
E-mail : youngsoo@moct.go.kr

박 귀 태 (朴 貴 泰)

1947년 10월 25일생. 1975년 고려대학교 전기공학과 졸업. 1987년, 1981년 동 대학원 전기공학과 졸업(공석, 공박), 1981년~현재 고려대학교 전기전자전파공학부 교수

Tel : 02-3290-3218
Fax : 02-921-1325
E-mail : gtpark@elec.korea.ac.kr