

ROOM기법을 이용한 전자연동 소프트웨어 설계에 관한 연구

論 文

50D-9-5

A Study on the Design of Railway Electronic Interlocking Software Based on Real-Time Object-Oriented Modeling Technique

金宗宣* · 柳志潤**
(Jong-Sun Kim · Ji-Yoon Yoo)

Abstract - This paper considers the design technique of the real-time control algorithm to implement the electronic interlocking system which is the most important station control system in railway signal field. The proposed technique consists of the structure design and the detail design which are based on the ROOM(Real-Time Object-Oriented Modeling). The structure design is designed with a modeling using the heuristic search technique which, at first, catch and make out the specific requested condition, and then, is designed on the requested condition. The detail design can be implemented if it may get the satisfying values through the repetitive modeling after comparing and examining the data obtained from the structure design in order for the more reliable and accurate system to be implemented. The technique proposed in this paper is implemented with C++ language which is easy to be transferred and compatible with the existing interfaces, and also the operating system is designed and simulated on the VRTX which is a real-time operating system. This proposed technique is applied to the typical station model in order to prove the validity as verifying the performance of the modeled station.

Key Words : Electronic interlocking system, ROOM(Real-Time Object-Oriented Modeling), real-time operating system

1. 서 론

철도 시스템은 수송능력의 향상을 도모하기 위해 열차의 속도향상은 물론, 운행횟수 및 수송단위의 급속한 증가를 실현하였다. 따라서, 열차의 운행은 매우 복잡성을 띄게 되었고, 사고 발생 시 대형사고를 초래하게 됨으로서, 철도 사업자들은 열차 운행 시 열차간 충돌이나 탈선사고를 방지하여 열차가 안전하게 정해진 목적지에 도달할 수 있도록 하는 신호보안 문제에 많은 관심을 집중하였다.[1-3] 특히, 역 구내에서는 선로를 접합 또는 분기하고, 열차의 도착, 출발, 입환 작업 등을 위해 신호기와 전철기를 조작하게 되는데, 이들 작업들이 매우 빈번하게 이루어짐으로서, 진로 조작자의 주의력만으로는 항상 사고의 우려가 있으며, 작업능률의 개선도 기대하기 어렵다. 따라서, 인위적으로 전철기나 신호기를 잘못 조작하더라도 일정한 순서에 따라서만 동작하고, 잘못된 조작에는 채정하여 조작되지 않도록 하는 연동장치가 도입, 운용되고 있다.[4-7] 연동장치로는 계전연동장치와 마이크로 컴퓨터를 활용한 전자연동장치가 주로 쓰여지고 있다.

계전연동장치는 안전 측 동작 원리에 의해 설계되어, 시스

템이 어떤 고장의 결과로서 특별한 위험상황으로 발전하지 않도록 한 것이다. 이는 동작시간이 빠르고 안전 측 동작이 이루어지는 가장 안전한 신호 보안 시스템으로 수십 년 동안 널리 사용되어 왔으나, 그동안 연동논리 표준화, 연동검사, 설계의 자동화, 조직성, 확장성 등에 있어서 문제점이 제기되어 왔다.[8-10] 이러한 문제점을 극복하고 신설, 개량 시 확장성 및 보수유지 비용을 최소화하기 위한 목적으로 마이크로 컴퓨터에 근거한 전자연동장치가 고안되었다. 그러나, 장치 하나의 고장에 대해서도 정확한 진단결과를 예측하기 어렵고 더구나, 가상해야 할 상황이 극히 많기 때문에 전자연동장치의 적용효과를 극대화하기 위해서는 무엇보다도 기존의 계전연동장치와 동등한 수준으로 안전성이 확보될 수 있어야 한다. 안전성은 하드웨어와 소프트웨어의 설계 협조를 통해 확보되는데, 연동 S/W 안정성은 연동전략 구현에 대한 신뢰성과 효율성 그리고, 보수유지의 편리성에 좌우된다. 연동 소프트웨어의 안정성을 제고하기 위한 다양한 접근법들이 제안되었는데[11-14], 문헌[14]에서는 인공지능기법을 이용한 전자연동 소프트웨어 구현 기법이 제안된다. 본 연구에서는 위와 같은 시스템 특성과 문제점을 보완하기 위해 전자연동 소프트웨어개발 설계전략을 수립하였다. 실시간 제어 소프트웨어 개발의 초기 단계에 가장 적합한 접근 방법인 실시간 객체지향 모델링(Real-Time Object-Oriented Modeling : ROOM)기법[13]을 중심으로 한 설계전략 단계 및 전략 모델링 절차를 제시하였다.

* 正 會 員 : 高麗大 電氣 · 電子 · 電波工學部 博士課程

** 正 會 員 : 高麗大 電氣 · 電子 · 電波工學部 正教授 · 工博

接受日字 : 2001年 5月 1日

最終完了 : 2001年 7月 31日

객체지향 분석기법임에도 불구하고 구조적 분석기법과 유사한 하향 지향적인(Top-Down) 설계기법으로 실시간 문제에 효과적인 실시간 객체지향 모델링(Room)기법에 근거함으로써, 표준화 및 확장성, 보수유지의 편리성은 물론 전자연동장치 신뢰성과 안전성 향상에 기여할 수 있는 실시간 연동처리 제어 알고리즘을 제안한다. 제안한 기법은 실시간 객체지향 모델링(Room)을 기반으로 한 구조 설계와 상세 설계로 구성된다. 구조 설계는 모델링 휴리스틱 기법에 의해 설계되는데 먼저 특정의 요구조건을 포착하여 이해하고, 그 다음에 요구조건을 기반으로 설계된다. 상세 설계는 구조 설계에 의한 자료를 비교, 검토한 후 반복적으로 모델링하여 만족할만한 값을 얻으면 바로 구현할 수 있도록 설계함으로써 신뢰성 있는 시스템 구축과 정확성을 높인다. 본 연구에서 설계·구현한 전자연동 소프트웨어는 대표적인 역에 적용하여 실험하였다. 실험을 위하여 조작반(Local Control Panel : LCP)과 현장 시뮬레이터를 만들었으며, 또한 기존 환경과의 인터페이스가 편리하며 이식성이 좋은 C++언어로 구현하였다. 운영시스템은 실시간 운영체제인 VRTX 기반에서 설계하였으며, 지능형 연동지식 자동생성 소프트웨어(Intelligent Interlocking Knowledge Base Generator : IKBAGS)[14]로부터 생성되는 연동 지식베이스를 근거로 실시간 연동처리를 구현하여, 그 성능을 검증함으로써 유용성을 입증한다.

2. 전자연동개념

전자연동시스템은 신호설비간의 상호 연쇄를 기존의 계전 연동장치처럼 연동처리를 계전기와 회선을 사용하지 않고, 마이크로 프로세서를 사용하여 소프트웨어로 처리하는 논리 제어시스템이다.

2.1 전자연동시스템 구성

전자연동시스템의 하드웨어에 전체적인 구성은 안전도와 가용도, 신뢰도를 높이는 하드웨어 기법을 사용된다.

전자연동시스템의 구성은 그림1에 보인바와 같이 각각의 열차에 대해 직접 제어를 하는 것은 물론 선구의 전체적 흐름을 직접 파악함으로써 결과적으로 열차 흐름을 제어할 수 있는 기능을 가진 열차집중장치(Centralized Traffic Control System : CTC)와 연동논리를 처리하는 전자연동장치, 지역역을 제어하는 조작반(Local Control Panel : LCP), 그리고 현장 신호설비를 제어하는 모듈로 구성되어진다. 전자연동시스템에서 사용되는 주 전산기는 SUN 워크스테이션을 이용하여 VRTX 개발 환경을 구축하게 된다. 범용 IBM PC는 운영자용으로 기존의 표시반 기능을 하며, 표시 제어반의 압구로서 키보드 입력을 사용하고 그래픽 화면을 나타내며, 데이터 입출력 기능을 갖는다. 또한, 시스템의 경제적인 면과 안전성을 고려하여 3개의 통신 네트워크를 갖도록 설계되었다.

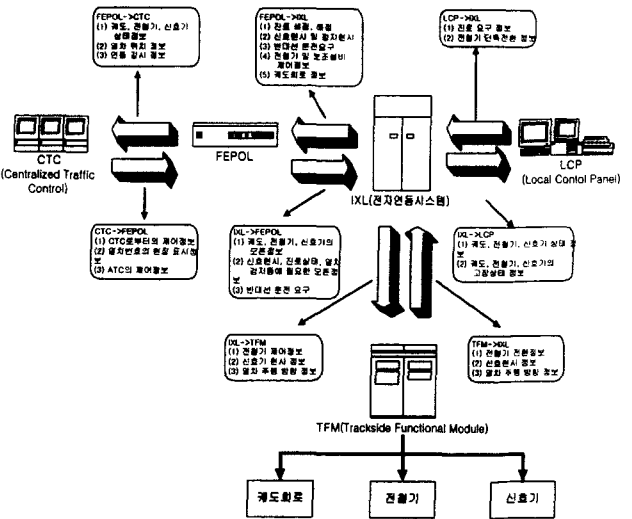


그림 1 전자연동시스템 구성도

Fig. 1 The Electronic Interlocking System Construct Model

2.2 전자연동시스템 전략

철도 시스템은 선로와 역들로 구성된다. 선로들은 복선으로 구성되며 역들은 열차의 정차나 통과 그리고, 화물열차들의 입환 작업이 효과적으로 이루어질 수 있도록 수 개의 선로들로 구성된다. 열차들이 일정구간에 진입하면 열차집중제어장치(CTC)는 열차들이 역내에 안전하게 진입할 수 있도록 연동장치에 열차진입허가를 요청하게 된다. 이때, 전자연동시스템은 역 구내의 전철기, 신호기 그리고 열차위치 정보로부터 안전성을 실시간으로 확인한 후 진로허가여부를 결정하게 되는데, 그림 2는 전자연동시스템이 제어할 역의 구성을 설명하기 위해 도입된 대표적인 역 모델이다.

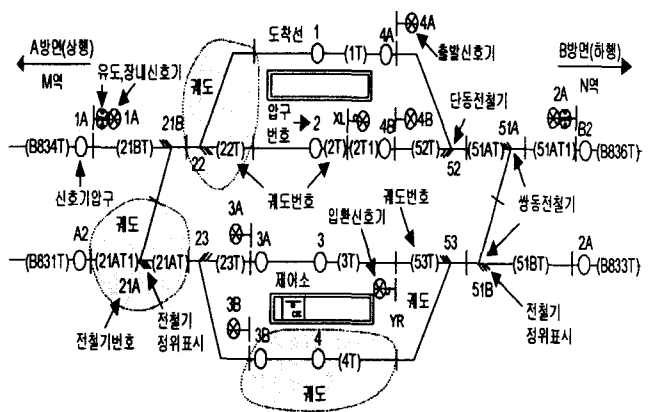


그림 2 대표적인 역 모델

Fig. 2 The Typical Station Model

3. ROOM기법을 이용한 연동시스템 설계

본 연구에서 제안하는 설계기법은 정확하고도 간명한 시스템모델의 구축이 용이한 반복적인 프로세스구조 설계를 하기 위하여 실시간 객체지향 모델링(Real-Time Object-Oriented Modeling : ROOM)기법을 이용하였다. 연동시스템은 제한된 시간 내에 외부에서 주어진 사건에 응답해야 하고 자료를 처리해야 한다. 실시간 동작을 하기 때문에 시스템은 모두 복잡성을 가지고 있다. 이러한 복잡성을 해결하기 위해 시스템의 모든 장치를 각각의 객체로 보고 반복적인 모델링을 하게된다. 설계전략은 모델링 휴리스틱 기법에 의해 설계되는데 그림 3에 보인바와 같이, 먼저 특정의 요구조건을 포착하여 이해하고, 그 다음에 시스템의 요구조건을 기반으로 상세설계를 하여야 한다. 요구 시나리오를 분석하여 메시지 시퀀스 차트(Message Sequence Chart : MSC)를 작성한 후, 시스템 내부 구조 모델링을 하게 된다. 내부 구조 모델링에서 발견된 객체는 각각 객체간의 논리 관계를 모델링하게 되는데, 이와 같은 시스템 모델링 후 요구 시나리오와 비교하여 최적 모델링을 생성하게 된다. 또한 모델링에 대한 점진적이고 반복적인 접근법이 생성되고, 각 모델링 주기는 모델 요구조건의 작은 증분을 다루며, 반복은 그전 주기에서 창출된 클래스들을 재검점할 때 일어난다. 이러한 주기에 의해 발견, 발명 및 검증의 모델링 활동이 끊임없이 교호작용을 하게된다.

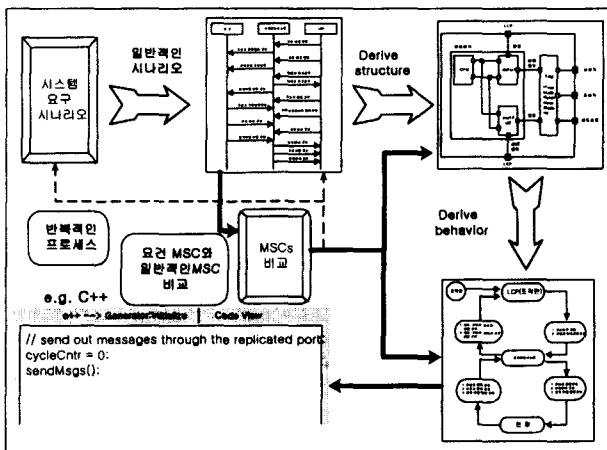


그림 3 전자연동시스템 소프트웨어 설계 전략
Fig. 3 The Software Design Strategy of Electronic Interlocking System

그림 4에서 보는바와 같이 모델링 전략에서는 본질적으로 객체지향이라는 중요한 새 패러다임의 이점을 충분히 활용한다는 점과 실시간 영역의 특유하고 강력한 개념들을 갖으며, 정확하고도 간명한 시스템모델의 구축을 용이하게 한다는데 있다. 또한, 시스템 구조의 명시적 포착과 기록을 마련하며 모든 레벨링 개념의 추상화에서 실행성 모델을 제공하여 요구조건이나 설계결함을 조기 탐지하는데 있다.

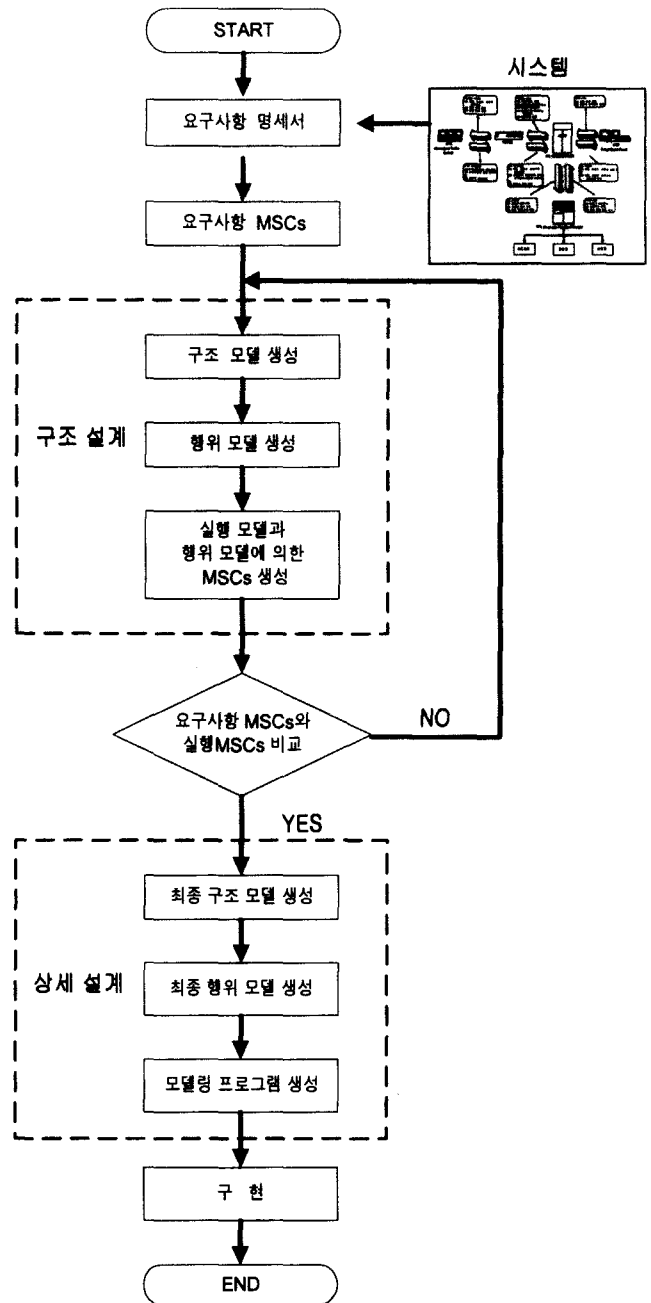


그림 4 전자연동시스템 소프트웨어 전략모델링 순서도
Fig. 4 The Modeling Flow chart of Electronic Interlocking System Software Development Strategy

3.1 시스템 요구조건 시나리오

시나리오는 시스템의 요구조건을 기술하기 위한 기본 방법이다. 시나리오는 한 시스템의 어떤 전반적 사용, 또 그 속의 구성요소를 위한 행동의 순차를 식별한다. 시나리오는 객체와 객체간의 메시지의 순차에 초점을 맞추기 때문에 그들은 구성요소와 그들의 요구조건을 도출하는데 특히 유용하다. 다음은 전자연동시스템의 요구조건 시나리오를 나타내었다.

표 1. 요구조건 시나리오
Table 1. The Scenario

	진로 설정	진로 취소	전철기 단독 전환
# 1	LCP에서 전자연동시스템으로 진로설정 명령을 내린다.	LCP에서 전자연동 시스템으로 진로취소명령을 내린다.	LCP에 전철기 단독 전환명령을 내린다.
# 2	전자연동시스템에서는 궤도의 상태정보를 요구한다.	전자연동시스템에서는 궤도의 상태정보를 요구한다.	전자연동시스템은 궤도 상태를 요구한다.
# 3	전자연동 시스템은 궤도 상태 정보를 받아 해당 전철기에 전환명령을 내린다.	전자연동시스템은 궤도 상태 정보를 받아 해당 신호기에 정지신호 표시 명령을 받는다.	전자연동시스템은 궤도 상태 정보 확인 후 다음 해당 전철기에 설정상태를 요구한다.
# 4	전철기의 전환이 이루어진 후 다시 궤도상태 정보를 받는다.	신호기에 정지신호 표시 명령이 이루어진 후 다시 궤도상태 정보를 받는다.	전철기 설정상태 정보 확인한 후 전철기의 방향상태 정보를 요구한다.
# 5	전자연동시스템은 진행 신호 표시 명령을 내리게 된다.	전자연동시스템은 해당 전철기에 해제명령을 내린다.	전철기 방향 상태 정보를 확인한 후 전철기에 방향을 전환한다.
# 6	진행신호 표시가 이루어진 후 다시 궤도상태 정보를 받는다.	해제가 완료되면 다시 궤도 상태정보를 받는다.	전철기의 방향 전환이 완료되면 LCP에 결과를 전송한다.
# 7	모든 진로설정이 이루어진 후 LCP에 결과를 전송한다.	모든 진로취소가 이루어진 후 LCP에 결과를 전송한다.	

3.2 연동시스템 모델링

전자연동시스템을 블랙박스로 보고 시스템의 외부 인터페이스와 외부 객체(여기서는 LCP와 현장 신호설비)들이 어떤 식으로 상호 관계를 맺고 있는지 보여주고 있다. 그림 5는 전자 연동시스템 범위에서 바라본 모습의 초기 모델로 나타내었다.

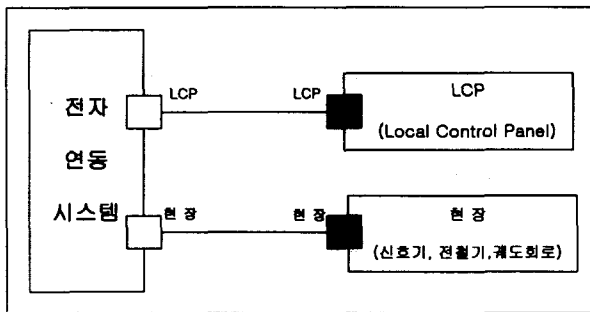


그림 5 초기모델 : 전자연동시스템 범위
Fig. 5 The First Stage Model : Electronic Interlocking System Limits

시스템 범위의 초기 모델을 통해 그림 6과 같 MSC를 만든다. 이는 전자연동시스템과 조작반, 현장 신호설비(전철기, 신호기, 궤도 회로)의 관점에서 시스템을 블랙박스로 보고 만들게 된다. 단지 시스템의 전반적인 사항을 보고 나름대로 객체를 추출하여 모델링을 시작하기 때문에 각 객체의 상세한 특성이 나타나지 않으며, 그들 사이의 관계도 표현되지 않는다. 그림 7은 사용자와 시스템의 행위를 규명한 것으로서 동근 사각형은 상태 또는 하위상태를 나타낸다.

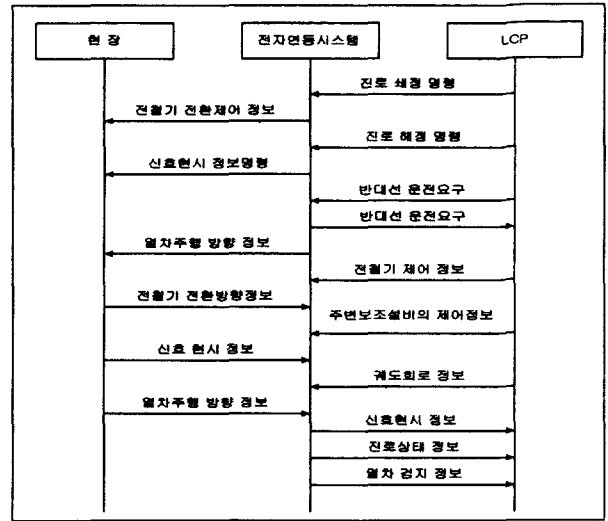


그림 6 초기 범위 MSC
Fig. 6 The First Stage Limits MSC

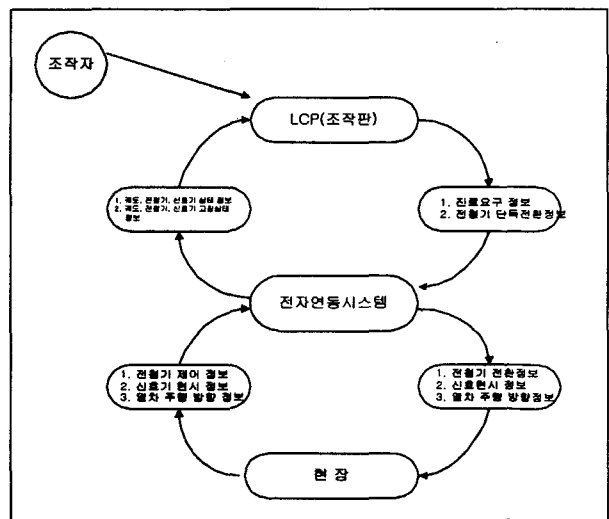


그림 7 사용자 행위
Fig. 7 The User Behavior

초기 모델 다음 단계로서 시스템 외부와 내부에서 각각 바라본 모습이 그림 8이며, 이는 그림 5의 시스템의 내부를 구체적으로 나타낸 것이다. 여기서 □(활용된 클래스 릴레이 포트)는 액터 클래스 부호의 경계선 위에만 나타낼 수 있다.

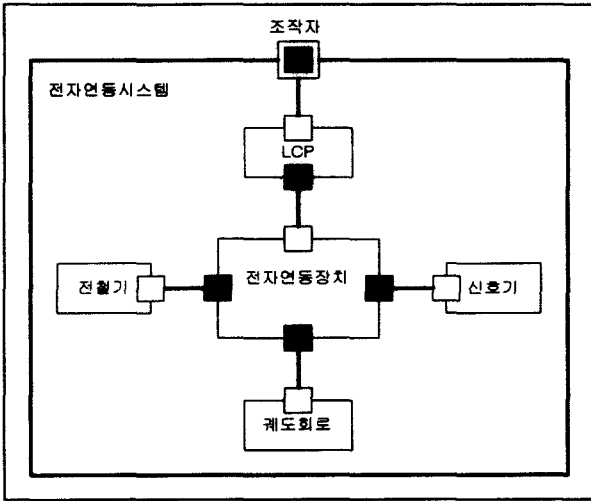


그림 8 시스템 구조
Fig. 8 The System Structure

그림 8 시스템 구조 모델을 통해 MSC를 다시 만든다. 여기서 그림 5와는 달리 시스템을 블랙박스가 아닌 조작반과 전자연동장치, 그리고 신호기, 전철기, 궤도회로 등 구체화시키고 시스템 요구조건 시나리오를 MSC로 나타내었다. 다양하고 복잡한 최종 시나리오는 보다 간단한 다른 시나리오에 의해 순환적으로 정의 될 수도 있다. 요구조건 시나리오는 객체와 객체간의 메시지 순차에 초점을 맞추기 때문에 그들은 구성요소와 그들의 요구조건을 도출하는데 특히 유용하다. 다음 단계로서 그림 8안의 전자연동 시스템을 더 구체적으로 나타낸다. 아직 모든 시스템의 행위와 상호데이터가 규명되지 않았으며, 각 사용자간의 유기적인 관계도 나타나지 않고 있다.

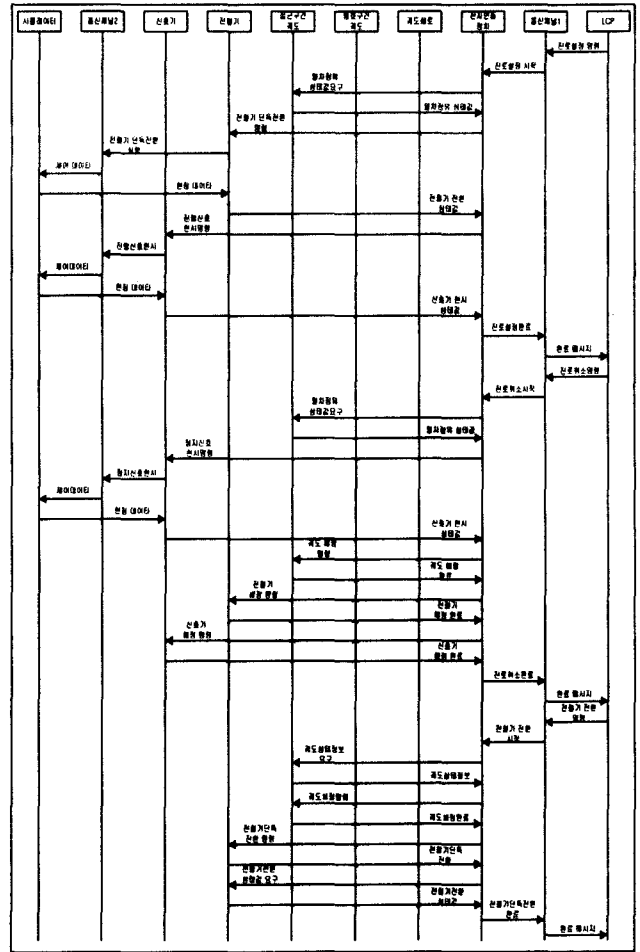


그림 10 최종 연동시나리오 MSC
Fig. 10 The Last Interlocking Scenario MSC

그림 10은 전자연동시스템 각 객체의 상호데이터 관계가 반복적인 프로세스에 의해 만들어진 구체화된 최종 MSC이다. 최종 MSC에서는 각 객체간에 주고받는 메시지의 내용이 자세히 나타나며 오류나 비정상적인 상태는 반복적인 프로세스에 의해 보수 작업에서 추가될 수 있다.

4. 시뮬레이션 결과

본 연구에서, 연동시스템 모델링을 기반으로 생성된 응용 소프트웨어는 각 진로에 대해 신호설비들간의 정확한 연쇄관계와 제어를 검증하기 위해 도시철도 시스템의 한 역에 대해서 그 성능을 검증한다. 제한된 제어알고리즘개발 설계전략의 신뢰성과 효율성을 검증한다. 그림 11은 실험을 하기 위한 장치로서 조작반(LCP)과 현장시뮬레이터 역할을 한다. 조작반(LCP)과 현장시뮬레이터 톨은 그림2을 기본으로 볼랜드사의 C++빌더를 이용하여 제작하였다.

실제의 현장에 직접 연결할 수 없으므로, 현장의 역할을 대신 해줄 수 있는 시뮬레이터가 필요하다. 시뮬레이터는 현장의 신호기, 전철기, 궤도의 상태 정보를 저장하고 있으며, 연동장치에서 데이터 요구 시 현장의 데이터를 출력하고, 연동

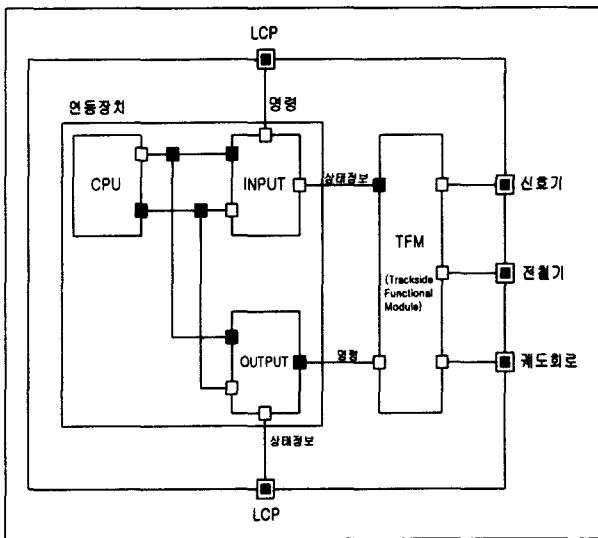


그림 9 최종 전자연동시스템 구조
Fig. 9 The Last Interlocking System Structure

그림 9는 전자연동 시스템 내부의 모든 장치를 규명하였으며, 장치간의 유기적인 메시지 전달이 규명 되었다.

장치에서 신호기나 전철기의 제어 정보를 전송하게 되면 실제 현장처럼 동작하게 하였다.

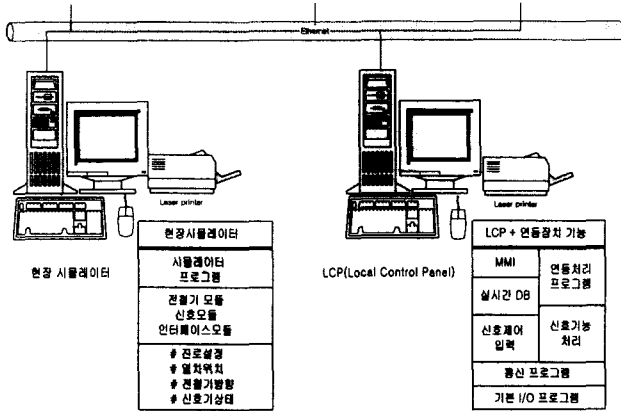


그림 11 시뮬레이션 장치 구성

Fig. 11 The Configuration of Simulation Equipment

현장시뮬레이터의 구성은 지능형 연동지식 베이스 자동구축 소프트웨어(IKKBAG)에서 생성된 데이터 파일을 읽어와서 각 역에 맞게 자동으로 구성된다. 현장시뮬레이터는 현장 상태 데이터를 연동 장치로 전송하는 기능과 연동 장치에서 받은 명령을 신호기, 전철기를 대신하여 모니터에 동작 상황을 보여주며 동작에 따른 결과를 연동장치로 상태 데이터를 전송하는 기능을 수행한다. 조작반(LCP) 프로그램의 기능은 크게 현장의 상태를 그대로 그래픽 심벌로 나타내는 기능과 조작자의 명령을 연동장치로 전송하는 기능, 연동장치에 대한 상황 및 정보를 출력하는 기능을 가진다. 조작반(LCP)과 현장시뮬레이터는 시리얼로 연결되었으며, 모든 데이터 전송이 실시간으로 이루어진다. 성능검증을 위한 역 모델 그림 2에서는 상행선 4개 진로와 하행선 4개의 진로를 포함하여 총 8개의 정규진로가 존재한다. 검증은 각각의 정규진로에 대해 전자연동시스템의 요구 시나리오를 근거로 상호 연관관계인 채정, 철사 채정, 신호제어, 진로 채정 그리고 접근 채정 영역에서 발생할 수 있는 다양한 시나리오들에 대해 실시한다. 먼저 열차진입 진로설정에서 각 신호설비와 궤도에 대해 정확히 채정에 성공하는지와 진로취소설정, 단독 전철기 전환 등 현장과 동일한 동작환경에서 실험함으로써 높은 효율성과 신뢰성을 검증한다. 제안된 기법으로 설계된 알고리즘의 연동기능은 진로 채정, 채정 전철기, 철사 채정, 신호제어, 폐로 채정, 방향 정자, 조사 정자, 차량 추적 등 여러 기능을 짧은 시간에 검사할 수 있는지의 검증과 빈번히 동작하는 각 신호기, 전철기 등 단독 전환함에 있어 고장여부와 제어 데이터 파일 작성 시, 인위적인 오류를 검지 하는지 검증한다.

그림 12와 13은 실험장치의 MMI(Man Machine Interface)를 나타내고 있다.

본 연구의 시뮬레이션 검증은 정규진로(1A, 1)의 경우, 다음과 같은 정확한 일련의 동작상태를 확인할 수 있었다.

- (1) 장내신호기(1A)의 정자 반위(R)
- (2) 하행 1번선으로 대향진로가 취해져 있는지 없는지를 확인

- (3) 전철기(22호)를 반위(R)로 전철기(21B)를 정위(N)로 전환
- (4) 하행 1번선으로 진로(B834T, 21BT, 22T, 1T)가 설정됨을 확인
- (5) 전철기(21호, 22호)를 채정
- (6) 진로상의 다른 열차 또는 차량이 없는가를 확인
- (7) 장내신호기(1A)의 현시(Yellow)
- (8) 열차가 내방으로 진행하면 장내신호기(1A)의 정자를 정위(N)로 복위
- (9) 열차가 관계궤도회로를 통과할 때까지 관계 전철기를 채정
- (10) 열차가 각 궤도회로를 벗어날 때마다 그 궤도회로 내의 전철기를 해정
- (11) 열차가 도착선에 완전히 들어오면 대향진로 채정을 해정

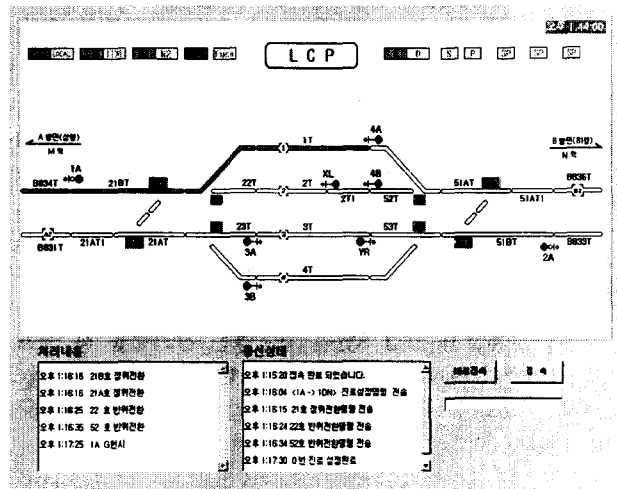


그림 12 조작반 Tool

Fig. 12 Local Control Panel Tool

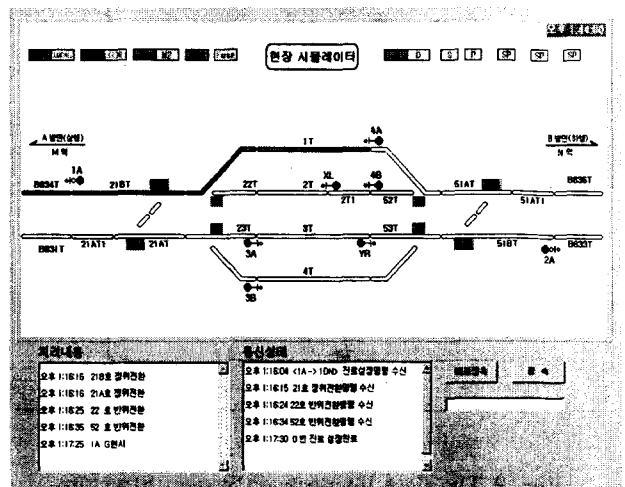


그림 13 현장 시뮬레이터 Tool

Fig. 13 The Actual Simulator Tool

또한, 위와 같은 실시간 동작이 이루어짐과 동시에 각각의 검증내용을 확인할 수 있었다. 전철기 상태가 21호, 51호 정위(N)로 22호, 52호는 반위(R)로 전환되며, 모두 채정 되었다. 또한 전철기를 포함한 궤도 회로 내에 열차 또는 차량이 있을 때 열차나 차량에 의해 그 전철기를 전환할 수 없도록 채정 되었다. 신호제어는 궤도회로(21BT, 22T, 1T)에 의해 신호기가 현시 제어 되었으며, 진로 채정에서는 열차 또는 차량이 신호기 혹은 입환 표식 등의 진행현시에 의해서 그 진로 내방으로 진입한 후 그 신호 정자를 복위해도 관계궤도회로를 통과하여 끝날 때까지 열차 또는 차량에 의해 그 진로상의 전철기를 전환할 수 없도록 채정되는 진로 채정에서는 궤도(21BT, 22T)가 채정되었다. 접근 채정에서는 일단 신호기가 진로를 취한 후 그 신호기는 열차가 접근 중은 무조건 진로(B834T)의 바꿈을 할 수 없도록 채정 되었다. 접근 채정 타이머는 신호기에 정지신호를 현시 시키고 나서 90초가 경과할 때까지 그 진로의 전철기 등을 전환할 수 없었다. 이와 같은 정규진로에 대한 검증결과를 다음 표2에 나타내었다.

표 2 정규진로에 대한 시뮬레이션 결과

Table 2 The Simulation Result for Regulation Route

검증 내용 정규 진로	전철기 상태	채 정	철사 채정	신호 제어	진로 채정	접근 채정	열차점유 궤도구간	신호기 상태	접근 채정 타이머	성능 검증 결과
(1A,1)	21 : N 22 : R 52 : R 51 : N	21 22 52 51	21BT 22T 1T	21BT 22T 1T	(21BT) (22T)	B834T	B834T 21BT 22T 1T	GREEN RED RED	90초	Success
(4A,B2)	52 : R 51 : N	52 51	52T 51AT 51AT1 B836T	52T 51AT 51AT1 B836T	52T 51AT 51AT1	1T	1T 52T 52T,51AT B836T	GREEN RED RED YELLOW	30초	Success
(1A,2)	21 : N 22 : N 52 : N 51 : N	21 22 52 51	21BT 22T 2T 2T1	21BT 22T 2T 2T1	(21BT) (22T)	B834T	B834T 22T,2T 2T	GREEN RED RED	90초	Success
(4B,B2)	52 : N 51 : N	52 51	52T 51AT 51AT1 B836T	52T 51AT 51AT1 B836T	52T 51AT 51AT1	2T	2T 52T 52T,51AT1 B836T	GREEN RED RED YELLOW	30초	Success
(2A,3)	51 : N 53 : N 23 : N 21 : N	51 53 23 21	51BT 53T 3T	51BT 53T 3T	(51BT) (53T)	B833T	B833T 53T, 3T 3T	GREEN RED RED	90초	Success
(3A,A2)	23 : N 21 : N	23 21	23T 21AT 21AT1 B831T	23T 21AT 21AT1 B831T	23T 21AT 21AT1	3T	3T 23T 23T,21AT B831T	GREEN RED RED YELLOW	30초	Success
(2A,4)	51 : N 53 : R 23 : R 21 : N	51 53 23 21	51BT 53T 4T	51BT 53T 4T	(51BT) (53T)	B833T	B833T 53T,4T 4T	GREEN RED RED	90초	Success
(3B,A2)	23 : R 21 : N	23 21	23T 21AT 21AT1 B831T	23T 21AT 21AT1 B831T	23T 21AT 21AT1	4T	4T 23T 23T,21AT B831T	GREEN RED RED YELLOW	30초	Success

성능검증 결과에서 보는 바와 같이 각 정규진로에 대해 신호설비간에 연쇄관계를 정확히 나타냄을 확인할 수 있었다. 또한 각각에 신호기나 전철기에 오류가 발생하였을 경우에는 정확한 진로를 낼 수 없음을 확인하였고, 조작반에서 진로명령을 낼 경우 IKBAG에서 자동 생성된 데이터에 의해 정확히 구현함으로써 신뢰성 있는 호환성을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 표준화 및 확장성, 보수유지의 편리성은 물론 전자연동장치의 신뢰성과 안전성 향상에 기여할 수 있는 실시간 연동처리 제어알고리즘을 개발하였다. 제한한 기법은 ROOM에 근거한 제어알고리즘 설계전략으로 모든 역에 적용할 수 있는 표준연동알고리즘을 개발 사용함으로써 안전성을 확보하였다. 설계전략은 반복적인 프로세스 모델링을 통하여 신뢰성 있는 제어시스템을 구축할 수 있도록 설계하였으며, 빠른 시간 안에 시스템을 모델링하여 제어시스템 요구 사항을 검증함으로써 설계결함을 조기에 탐지하여 정확성을 높일 수 있도록 하였다. 제어알고리즘은 기능단위마다 모듈의 형태로 설계하였으며, 연동 데이터는 종류가 다양, 복잡함으로 이해하기 쉽게 선로의 접속상태와 같은 형태로 연동조건을 표현하는 파일구조로 설계하였다. 개발한 실시간 연동처리 제어알고리즘은 도시철도의 대표적인 모델역에 대하여 그 성능을 검증하였다. 성능검증에서 연동알고리즘은 역의 모든 가상시나리오에 대한 연동관계를 정확히 표시하고 실행됨으로써 그 유효성과 효율성을 입증하였다.

감사의 글
이 연구는 고려대학교 특별 연구비에 의해 수행되었음

참 고 문 헌

- [1] "철도신호발전사", 신호보안협회, 1980.
- [2] E.J. Phillips Jr, "Railroad Operation and Railway Signaling", Simmons- Boardman Publishing, N.Y., pp 6-7, 1953.
- [3] 市川, "繼傳連動藏置 と 電子連動藏置", 鐵研速報, 1958.
- [4] 전자연동장치 I, II, 서울특별시 도시철도공사, 1995.
- [5] A.H. Cribbens, "Solid-State Interlocking (SSI) : An Integrated Electronic Signalling System For Mainline Railways", IEE Proc. Vol. 134. pp. 148-158, MAY, 1987.
- [6] C.R. Brown, R.D.Hollands, D.Barton, "Continuous automatic train control and safety system using microprocessors", in Proc. Int'l Conf. Electric Railway Systems for a New Century, London UK, 1987.
- [7] H. Yoshimura, S. Yoshikoshi, "Railway Signal", JASI, Toyko, pp. 9-21, 1983
- [8] 秋田 雄志, 奥村 幾正, 川久和雄, "電子連動藏置の 開發", 鐵研速報, 1980.
- [9] 奥村 幾正, "電子連動裝置", 鐵道 と 電氣技術, Vol. 4, pp. 27-29, 1983.

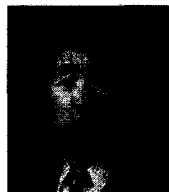
- [10] 森川 後紀, "決選入力方式による新しい電子連動装置 (K-5形)", (株)京三製作所, 1990
- [11] E. Nishinaga, J. Evans, G. Mayhew, "Wireless Advanced Automatic Train Control", IEEE, VTS. pp. 13-28, May, 1994
- [12] G.R.S., "Elements of Railway Signaling", G.R.S., N.Y., 1979
- [13] B. Selic, G.Gullekson, and Paul T.Ward, "Real-Time Object-Oriented Modeling", John Wiley & Sons, 1994
- [14] 고윤석, 김종선 "인공지능기법에 근거한 철도 전자연동 장치의 연동 지식베이스 자동구축 S/W개발", 대한전기학회 논문지, 제48A권, 6호, pp. 800-806, 1999. 6.

저 자 소 개



김 종 선 (金宗宣)

1971년 5월 21일 생. 1998년 남서울대 전자공학과 졸업. 2000년 광운대 제어계측공학과 졸업(석사). 2000~현재 고려대 전기공학과 박사과정.



유 지 윤 (柳志潤)

1955년 2월 25일 생. 1977년 고려대 전기공학과 졸업. 1938년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 일본 와세다 대학 전기공학과 졸업(공학박사). 1991~현재 고려대 전기·전자·전파공학부 교수.