

철도 비상사고 비상대응 훈련 프로그램 개발에 관한 연구

박민규* · 김시곤*

*서울산업대학교 철도경영정책학과

A Study on Developing the Training Program for the Emergency Response against Railroad Emergency Accidents

Min kyu Park* · Si gon Kim*

*Department of Railroad Management & Policy, Seoul National University

Abstract

The Railroad Safety Act₁ was implemented in 2005 due to the increased concerns regarding railroad safety since the Daegu subway fire in 2003. In line with this, the Act became a standard to build the total railroad safety systems which has been overlooked compared to the quantitative growth of the railroad business. The minister of the ministry of Land, Transportation and Maritime Affairs lays down the Act for railroad Companies to conduct emergency programs in response to the emergency occurring on the railroad such as fire, explosion, derailment, etc. By enacting the Safety Act, the nation's construction of the contingency management system for railroad emergency increased², and it made the railroad company prepare the Emergency SOP by establishing 'The guideline on the Establishment of the railroad Emergency Plan' in order to support the efficiency of the Act.

In line with this, I would like to analyze a matter of system development and the main function of the "railroad Emergency Training Program" for activation improvement of standardized operation procedure developed through the 'Total capitalize Safety Technology development'

Keywords : Railroad Emergency Accident, Standard Operation Procedure, Training Program, Railroad Safety Act

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

2003년 대구지하철 화재사고로 철도안전에 대한 관심이 제고되어 2005년에 철도안전법이 시행되었다¹[2].

철도안전법은 철도의 양적 성장에서 상대적으로 등한시 되었던 철도의 종합적 안전체계를 구축하고자하는 기준이 되었다. 국토해양부 장관은 철도에서 일어날 수 있는 화재·폭발·열차탈선 등의 비상사고에 대비하여 비상대응계획을 세워 시행하도록 법으로 정의하고 있다³.

이러한 철도안전법이 발효됨으로써 철도 비상사고

발생 시의 비상대응관리시스템 구축에 관한 당위성은 높아졌고, 이 법의 효율적 시행을 지원하고자 '철도 비상대응계획 수립에 관한 지침'을 제정하여 철도운영기관들이 비상대응 표준운영절차(SOP : Standard Operation Procedure)를 마련하도록 하였다⁴[5].

표준운영절차는 철도운영기관에서 작성하여 매 5년마다 국토해양부장관의 승인을 받도록 하고 있다. 현재 이러한 관련 법령 및 지침에 따라 시행되고 있는 비상대응 훈련을 분석해보면 훈련 시행 이전에 사고유형을 전파하여 직원들이 비상대응을 취하도록 하고 있다.

하지만 이러한 훈련 방법은 훈련에 투입되는 인적·물적 규모에 비해 목표로 하는 훈련성과를 거두기엔

† 교신저자: 김시곤, 서울특별시 노원구 공릉2동 172 서울산업대학교 구도서관 216호 철도경영정책연구소
M · P: 010-6350-3146, E-mail: sigonkim@snut.ac.kr

2009년 3월 접수; 2009년 4월 수정본 접수; 2009년 4월 게재확정

매우 비효율적인 측면이 많다.

이에 따라 표준운영절차서(SOP)의 활용성 향상을 위한 「철도비상대응 훈련프로그램」의 시스템 개발 사항과 주요 기능에 대해 분석하고자 한다.

1.2 연구의 범위

철도비상대응 훈련 프로그램은 비상대응 직원 단독으로 훈련이 가능한 단독훈련(StandAlone) 모드와 여러 명의 협업 상황을 위한 공동훈련(Network) 모드로 개발되어야 한다. 이 중 본 연구에서는 단독훈련(StandAlone) 모드의 개발절차 및 내용에 대해 알아보하고자 한다. 프로그램에 활용된 비상대응 시나리오는 「고속철도 터널 내 화재사고(Code No. : F114)」로 지정하고, 세부적인 연구방법은 아래와 같다.

2. 프로그램 요구사항

비상대응 훈련 프로그램은 비상사고 유형별로 비상대응직원의 역할과 책임에 맞게 올바른 행동요령을 취하도록 훈련하는 것에 그 목적이 있다. 특히 비상대응 직원간의 유기적인 협력체계는 철도사고로 인한 인적·물적 피해 감소에 매우 중요한 사항이므로 기본적으로 훈련프로그램은 행위 주체간에 원활한 소통이 가능하도록 시스템의 사양 및 기능을 설계하였다.

2.1 프로그램 시스템 개발 및 주요기능

2.1.1 시스템 개발 및 확장측면

철도 비상대응 훈련 프로그램은 비상대응 주체에 따라 독립 객체로 모델링하여 자신의 업무내용을 훈련하

고 습득하여 활용할 수 있도록 하였다. 그리고 비상대응직원들의 관계를 연결하여 대응절차에 따른 훈련이 원활히 실시될 수 있도록 설계하였다.

이 프로그램의 OS는 Windows 환경에서 동작하고 단독훈련과 공동훈련 방식 등 두 가지 실행모드를 선택하여 사용할 수 있다. 또한 사용자가 쉽게 훈련하도록 UI(User Interface)를 제공하고, 관리자가 철도비상대응절차에 따른 가상의 시나리오를 구성하거나 편집할 수 있는 기능과 이를 Database화 할 수 있도록 하여 시스템 활용성을 향상시키도록 하였다.

또한 훈련자의 훈련 집중도 향상을 위해 음성 변환이 가능한 TTS(Text to Speech) 기능을 추가하여 학습 효과를 극대화 시켰다.

2.1.2 주요기능

비상대응 시설 및 설비의 변경 시에 비상대응절차도 변경될 수 있다. 이를 위해 관리자가 시나리오 편집·구성 기능을 추가하여 철도운영기관에서 쉽게 이용할 수 있다.

이러한 모든 훈련 사항을 비상대응직원들이 실시간으로 동시에 확인 가능하도록 구성하고, 직원별 역할에 따른 자동메뉴 구성기능, 훈련 진행 시간 확인 기능과 훈련 결과에 대한 출력 기능 등을 포함하도록 하였다.

공동훈련을 위한 서버프로그램은 네트워크 접속자에 대한 그룹별 관리 기능을 가지고 네트워크 처리 부분에 사용할 때 클라이언트들에서 오는 데이터를 커다란 성능 손실없이 처리하도록 하고, 많은 정보를 처리하는 기능을 주어 다수의 훈련 참가자들이 네트워크에 접속을 해도 다운되지 않도록 시스템의 기본 기능을 설계하였다.

2.2 프로그램 설계 아키텍처

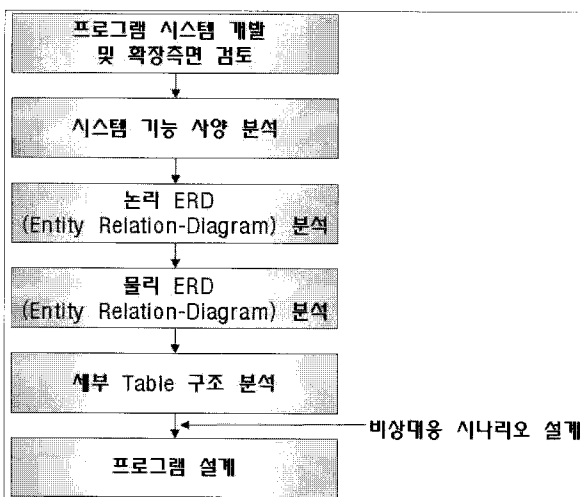
2.2.1 ERD(Entity Relation-Diagram) 설정

모델링 방법론은 정보공학(Information Engineering)을 사용하였고, 모델링 Tool은 ER-Win을 사용하여 설계하였다.

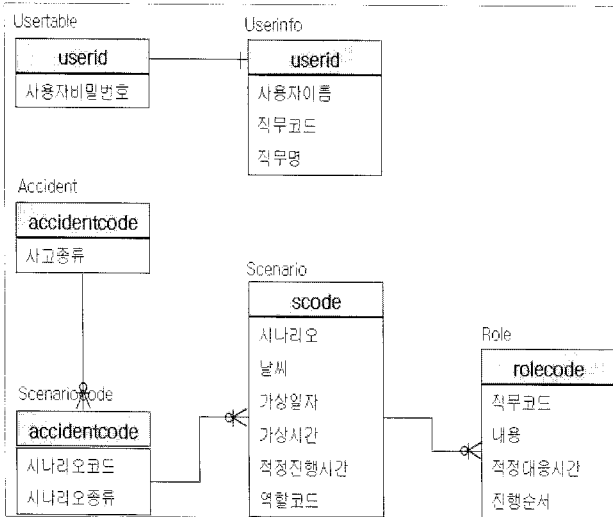
2.2.1.1 논리 ERD

비상대응 훈련프로그램의 논리 ERD는 모든 개체를 객체화하여 확장성과 이식성에 중점을 두었다. 크게 사고유형 코드 테이블과 시나리오유형 코드 테이블 그리고 사고유형에 따른 시나리오 기반의 대응절차를 표현하는 테이블로 나누었다.

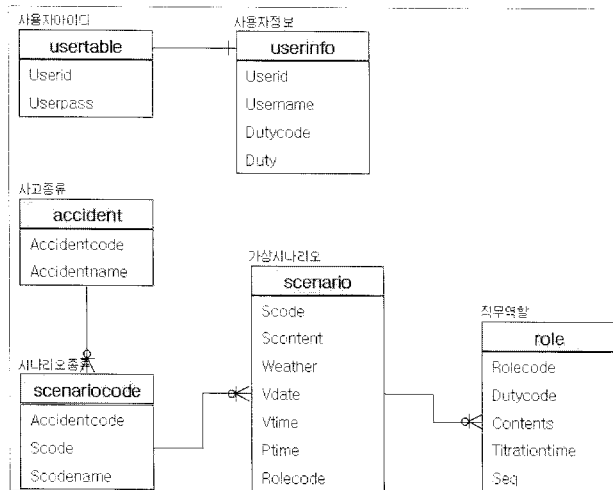
아래의 그림은 비상대응 훈련프로그램의 설계를 논



<Figure 1> 연구의 추진 방법



<Figure 2> 논리 ERD



<Figure 3> 물리 ERD

리 ERD로 나타낸 것으로, Usertable과 Accident table에서 논리 관계도가 시작되어 전개된다.

2.2.1.2 물리 ERD

사용자의 접근성과 사용성을 높이기 위해 마이크로소프트(MS)사의 Access를 Database로 사용하여, 사고 유형에 따른 다양한 훈련 가상 상황을 만들 수 있도록 개발하였다. 이를 통해 훈련 가상 상황을 코드화하고 상황에 따른 대응절차를 사용자가 습득할 수 있다.

2.3 세부 Table 설계 구조

비상대응 훈련 프로그램은 총 6개의 Table로 구성되었고, 사용자 확인을 위한 Usertable Table과 Userinfo Table을 제외한 나머지 Table간에는 모두 상호 관계가 설정되어 있다.

2.3.1 Accident Table

이 Table은 철도 비상사고의 유형별 코드를 정의하고, Scenario code Table과 1:M 관계를 가지고 있다.

초기식별자(Primary Key : Is PK)는 사고유형코드를 설정하고 초기식별자가 선택되면 자동으로 사고 유형명이 선택된다. 연관성 키(Is FK)에는 별도의 선택이 필요 없으며, 사고유형코드는 Worst Case를 나타낸다.

<Table 1> Accident Table

| 테이블명 | accident | | | | |
|--------------|------------|-------------|-------|-------|---------|
| 설명 | 사고유형 코드 정의 | | | | |
| Column Name | Data type | Null Option | Is PK | Is FK | Comment |
| accidentcode | text | Not Null | Yes | No | 사고유형코드 |
| accidentname | text | Not Null | No | No | 사고유형명 |

2.3.2 Scenario code Table

철도사고의 유형별 시나리오 코드를 정의하는 Table로, Scenario table과 1:M관계를 가진다. 이 Table은 모든 데이터에 유효값이 주어지고, 초기 식별자는 시나리오 유형코드와 시나리오명을 사용자가 정의할 수 있다.

같은 사고유형이라도 사고의 경중이나 사고지역 및 지형, 날씨 등과 같은 특수상황으로 인하여 시나리오가 다를 수 있으므로 「F114(사고유형코드)-001(시나리오코드)」와 같이 하나의 사고유형에 여러 개의 시나리오를 구성할 수 있다.

<Table 2> Scenario code Table

| 테이블명 | scenario code | | | | |
|--------------|---------------|-------------|-------|-------|---------|
| 설명 | 시나리오 종류 정의 | | | | |
| Column Name | Data type | Null Option | Is PK | Is FK | Comment |
| accidentcode | text | Not Null | Yes | No | 사고유형코드 |
| scode | text | Not Null | Yes | No | 시나리오코드 |
| scodename | text | Not Null | No | No | 시나리오명 |

2.3.3 Scenario Table

시나리오 코드에 따른 시나리오를 정의하고, Role Table과 1:M관계를 가진다. 모든 데이터에 유효값이 주어지고 초기 식별자는 관제센터, 기관사/기장, 승무원, 복구반 등 각 행위 주체별로 역할이 주어지도록 직무코드를 설정하였다.

Scenario code Table에 해당하는 가상 상황을 설정하는 Table이며, Scenario Table의 필드는 가상 상황,

날짜, 날짜(가상 사고가 발생한 일자), 가상시간(가상 사고발생 시간), 전체시나리오를 실행하는데 걸리는 시간, 직무코드로 이루어져 있다.

<Table 3> Scenario Table

| 테이블명 | | scenario | | | | |
|-------------|-----------|-------------|-------|-------|----------|--|
| 설명 | | 가상 시나리오 정의 | | | | |
| Column Name | Data type | Null Option | Is PK | Is FK | Comment | |
| scode | text | Not Null | No | No | 시나리오코드 | |
| scontent | text | Not Null | No | No | 가상 상황 | |
| weather | text | Not Null | No | No | 날씨 | |
| vdate | text | Not Null | No | No | 날짜 | |
| vtime | text | Not Null | No | No | 가상시간 | |
| ptime | text | Not Null | No | No | 적정프로그램시간 | |
| rolecode | text | Not Null | Yes | No | 직무코드 | |

2.3.4 Role Table

시나리오에 따른 관제센터, 기관사/기장, 승무원, 복구반의 순서에 따른 역할을 정의하고, 행동 주체들의 대응절차를 순서적으로 정의하도록 하였다. 모든 데이터에는 유효 값을 주고 초기 식별자는 직무코드를 설정하도록 하였다. Role Table의 각 필드는 비상대응직원들의 직무종류(대응 액티비티), 코멘더(대응명령을 실시하는 주체), 리시버(대응명령을 받아서 실행하는 자), 대응내용(액션 내용), 적정대응시간(액션을 행하는 필요한 시간), 순서(액션을 취하는 순서)로 설계되어 유기적인 상관관계를 설정하였다.

<Table 4> Role Table

| 테이블명 | | role | | | | |
|---------------|------------|-------------------|-------|-------|---------|--|
| 설명 | | 시나리오에 따른 직무 역할 정의 | | | | |
| Column Name | Data type | Null Option | Is PK | Is FK | Comment | |
| rolecode | text | Not Null | Yes | No | 직무코드 | |
| duty | text | Not Null | No | No | 직무종류 | |
| src | text | Not Null | No | No | 코멘더 | |
| dest | text | Not Null | No | No | 리시버 | |
| contents | text (255) | Not Null | No | No | 대응내용 | |
| titrationtime | text | Not Null | No | No | 적정대응시간 | |
| seq | int | Not Null | No | No | 순서 | |

2.4 비상대응 훈련프로그램 시나리오 설정

비상대응 훈련 프로그램은 기본적으로 비상대응 시나리오에 기반한 비상대응절차(SOP)에 따라 수행되어야 하며, 실제로 발생 가능한 비상대응 시나리오는 비상사고 유형별로 많은 종류가 존재한다. 따라서 이러한 개별 비상대응 시나리오를 매번 훈련프로그램에 활용하기 위해서는 시나리오 편집 프로그램을 통해 원하는 시나리오의 개발 및 수정이 가능하도록 설계되어야 한다.

우선적으로 철도비상대응 훈련프로그램에 활용된 비상대응 시나리오는 「고속철도 F114 코드」 [화재사고(F) - ① 열차화재 - ① 여객화재 - ④ 터널구간]이며, 세부 시나리오 내용은 아래와 같이 구성되었다.

<Table 5> 훈련 프로그램의 시나리오(Level 1)

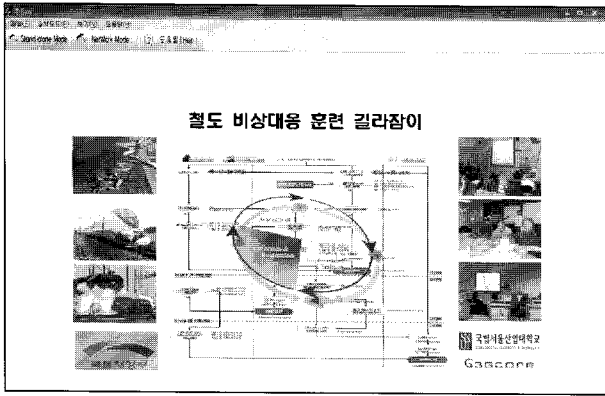
| 지시자 | 시행자 | 액션 | 내용 |
|--------------------------------------|--------------------|-------------|------------------------------------|
| 승무원 | 기장 | 사고전과 | 열차내 승무원이 기장에 열차내 화재 발생 전과 |
| 기장 | 관제사 | 사고전달 | 기장은 관제사에게 열차내 화재 발생 전과 |
| 관제사 | 기장 | 비상방송 지시 | 관제사가 기장에 화재 상황에 대한 비상방송 지시 |
| <기장/승무원이 관제사의 지시에 따라 화재 비상사고 방송 실시함> | | | |
| 관제사 | 기장/승무원 / 복구반/외부 기관 | 사고상황 전달 | 모든 비상대응직원 및 외부기관에 F114 코드의 사고상황 전달 |
| 관제사 | 기장 | 열차안전 지역정지지시 | 관제사가 기장에 열차안전지역에 비상정지지시 |
| (운전) 관제사 | (전기) 관제사 | 전차선 전력차단 실시 | 관제사가 신호/전기 관제사에게 전차선전력차단 실시 |
| (운전) 관제사 | (운전/신호) 관제사 | 운행통제실시 | 관제사가 운전관제사에게 차량 운행통제를 실시 |
| <기장이 안전지역으로 열차 비상정지를 실시하였으나 실패함> | | | |
| | | | |

3. 비상대응 훈련프로그램의 구성

3.1 초기화면

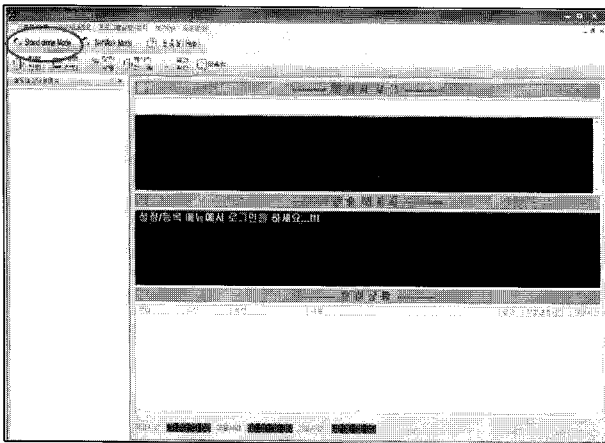
프로그램의 초기화면은 철도비상대응 훈련 프로그램과 관련된 사진으로 구성되어 있고, 프로그램 운영에 사용되는 메뉴바(화면 상단)와 훈련 유형을 선택할 수 있다.

훈련 대상자가 실행모드를 클릭하고 훈련 유형을 선택하면 해당 훈련을 실시할 수 있다.



<Figure 4> 비상대응 훈련 프로그램 초기화면

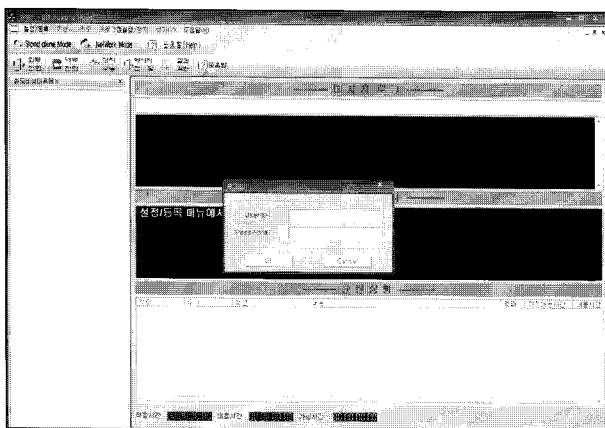
3.2 실행모드 선택



<Figure 5> 실행모드 선택(Stand Alone Mode)

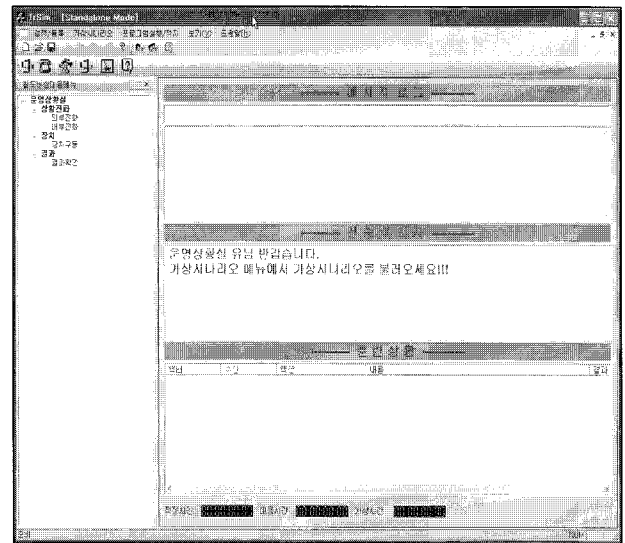
3.3 사용자 로그인

사용자 로그인 과정으로, 사용자 로그인 데이터베이스에 저장되어 있는 정보를 바탕으로 행동주체의 역할에 따른 시나리오가 재정의 되며, 정의된 시나리오에 따른 역할을 실행할 수 있다.



<Figure 6> 사용자 로그인

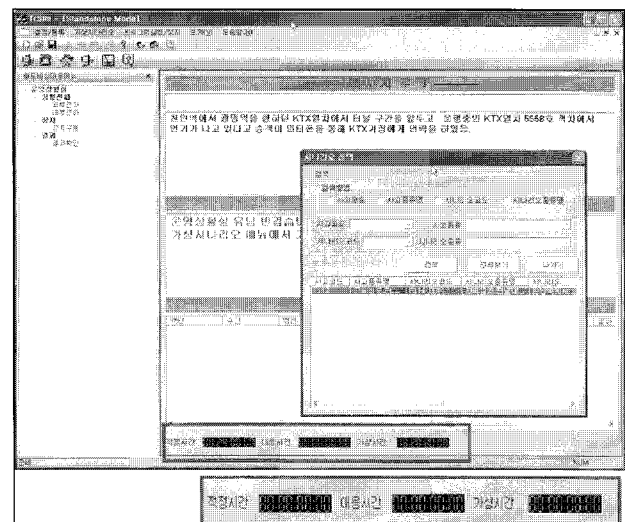
사용자가 로그인을 하면 행동주체의 역할에 따른 메뉴의 자동 구성 화면으로 메뉴의 구성은 메시지 전달을 위한 다이얼로그를 활성화 시킬 수 있다.



<Figure 7> 메뉴구성

3.4 시나리오 선택

시나리오의 구성은 표준운영절차에 따라 구성되어야 하고, 이 시나리오를 데이터베이스에서 불러오면, 각 행위주체들이 가상의 훈련 상황을 선택할 수 있다. 또한, 사고종류에 따른 상황설정이 화면상단에 표시되어 활용하도록하고 훈련에 필요한 가상시간 및 훈련 적정 시간 등이 초기화 되어, 사고상황 절차에 따라 훈련이 시작된다. 훈련에 사용되는 시나리오는 앞에서 설명한 것과 같이 시나리오 편집 프로그램을 통하여 수정 및 보완이 가능하다.



<Figure 8> 시나리오 선택

3.5 훈련시작

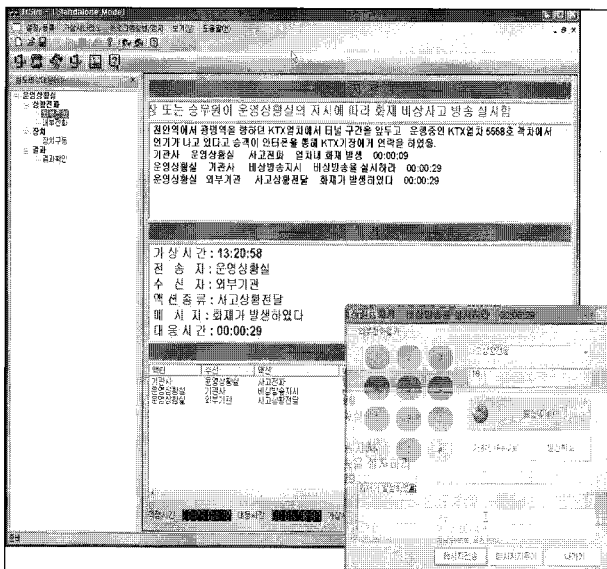
메뉴바에 있는 훈련시작 버튼을 누르면 선택한 시나리오에 따른 훈련이 시작되며 모든 실행 상황은 3단 화면을 통해 확인할 수 있다.



<Figure 9> 훈련시작

3.6 외부관계기관 메시지전송

관제센터에서 외부기관에 사고진파를 위한 메시지를 전송하기 위해서, 외부기관의 전화번호를 입력창에서 입력할 수 있다. 입력된 전화번호에 의하여 다이얼을 실시하여야 메시지 입력창이 활성화 되며, 전달하고자 하는 내용을 메시지 상자에 넣고 전송함으로써 전송이 완료된다.

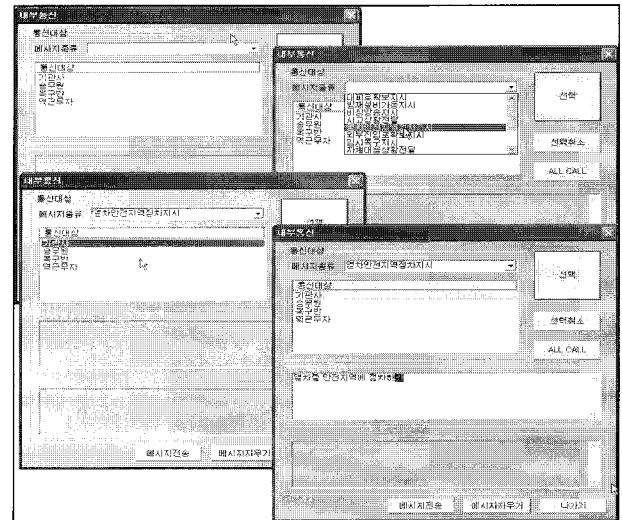


<Figure 10> 관제센터의 외부기관 메시지 전송

3.7 TRS를 이용한 내부통신

관제센터에서 TRS를 이용하여 내부통신이 가능하며, 내부통신은 각 행동주체별로 선택적으로 통신하는 방법과 ALL CALL을 통해서 전체 행동주체들에게 전송하는 방법을 선택하여 메시지를 전송할 수 있다.

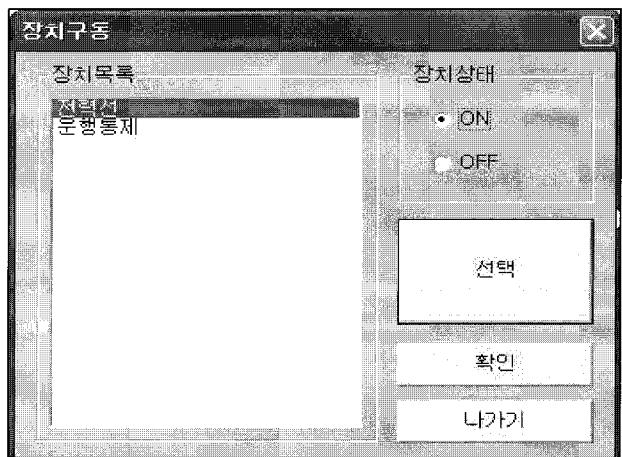
내부통신을 위해서는 메시지 종류(상황전파, 대응지시, 대응 등)를 먼저 선택하고, 메시지 종류를 선택한 후 전송 대상을 선택하여 입력 창에 메시지를 입력 후 전송이 가능하다.



<Figure 11> 내부통신

3.8 장치구동

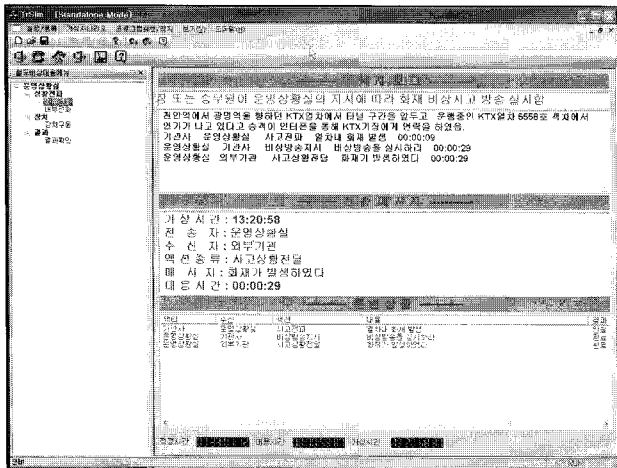
운행통제 및 전력선 차단을 위해 관련 장치를 구동할 수 있다. 장치구동 화면을 누르면, 해당되는 팝업창이 나타나고 이때 해당되는 장치목록을 통해 조작이 가능하다.



<Figure 12> 장치구동

3.9 훈련 진행 상황 확인

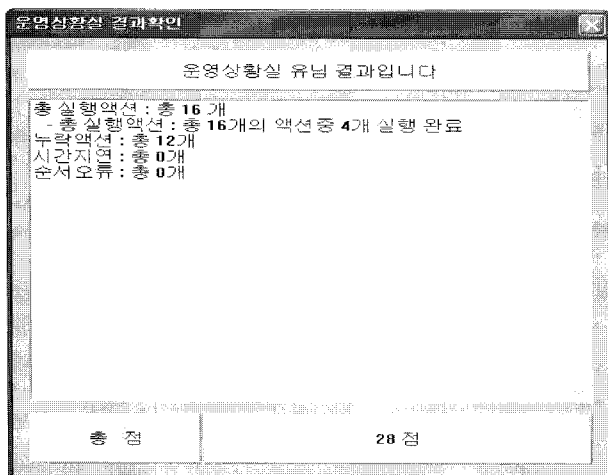
전체 훈련 상황은 프로그램 화면의 3단 창에서 확인이 가능하다. 첫째 창은 훈련과 관련된 사항이 시간 순으로 배열되고, 둘째 창은 훈련 주체가 수행한 비상대응 내용이 나타나고, 마지막 창에서는 훈련 주체가 처음부터 수행한 비상대응 전체가 시간 순으로 배열되어진다.



<Figure 13> 훈련진행 상황

3.10 훈련 결과확인

행위 주체들에 대한 해당 시나리오의 훈련결과를 보여주도록 구성되어 있다. 해당 시나리오에 대해 수행해야 할 액션 중에서 실제로 훈련 주체가 수행한 액션의 수가 도출되고, 이는 다시 누락된 액션, 시간이 지연된 액션, 순서가 잘못된 액션 등으로 구분하여 훈련이 종료된 후에도 보완해야 할 사항이 무엇인지를 파악할 수 있다. 다시 이것을 피드백하여 다음 훈련에서 반영하여 개선할 수 있도록 하였다.



<Figure 14> 훈련결과 확인

4. 결론

본 논문은 철도 비상대응 표준운영절차서(SOP)의 현장 적용성 향상을 위해 철도비상대응직원들에 대한 훈련 프로그램에 관해 정의하였고, 철도비상대응 훈련 프로그램의 시스템 개발 사항과 주요 기능에 대해 분석해 보았다. 비상대응 훈련 프로그램은 크게 다음의 특징을 갖는다.

첫째, 시스템 개발 및 확장측면에서 프로그램은 비상대응 주체에 따라 독립된 객체로 모델링하여 자신의 비상대응 역할과 책임에 맞추어 훈련하고 습득이 가능하다.

둘째, 비상대응직원들이 실시간으로 훈련 상황을 동시에 확인 가능하고, 직원별 역할에 따른 자동메뉴 구성기능, 훈련 진행 시간 확인 기능과 훈련 결과에 대한 출력 기능 등을 포함하고 있다.

셋째, 비상대응 훈련시나리오 편집 프로그램을 활용하여 다양한 훈련 가상 상황을 개발하여 상황에 따른 대응절차를 사용자가 습득할 수 있다.

넷째, 세부 Table 구조에서는 비상대응 훈련 프로그램을 총 6개의 Table로 구성하여, 사용자 확인을 위한 usertable table과 userinfo table을 제외한 나머지 table은 모두 상호 관계가 설정되었다.

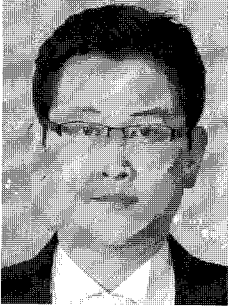
이상의 비상대응 훈련 프로그램은 기존의 표준운영절차서가 가지는 문제점을 수정 보완한 새로운 표준운영절차서(SOP)를 바탕으로 개발하였다. 따라서 개선된 표준운영절차에 따라 비상대응 훈련 프로그램용 시나리오를 개발하여 비상사고 유형별로 다양한 훈련을 실시하도록 해야 할 것이고, 비상대응 지휘체계에 맞추어 관련 기관들 간의 유기적인 협력 체제를 구축하는데도 활용 하도록 해야할 것이다.

5. 참 고 문 헌

- [1] 김시곤, 박민규, “고속철도 비상대응시나리오에 기반한 비상대응절차 구축방안-화재사고를 중심으로-”, 한국교통학회 춘계학술발표대회 논문집, 2008.
- [2] 김시곤, 박민규, “고속철도 사상사고 시 비상대응직원의 레벨별 역할과 책임에 관한 연구”, 한국철도학회 춘계학술발표 논문집, 2008.
- [3] 박영익, 김상균, 김시곤, “철도비상상태 시 비상대응주체별 행동요령수립을 위한 Activity-Action Diagram 및 전산화 구축방안”, 한국철도학회 춘계학술대회논문집, pp 543-550, 2007
- [4] 철도청, “고속철도 사고유형별 대응절차서”, 2004
- [5] 건설교통부, “고속철도 대형 화재 위기관리 표준매뉴얼”, 2004

저자 소개

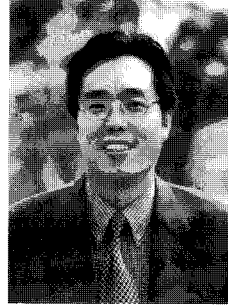
박민규



동국대학교에서 학사 및 공학석사 학위를 취득하였고, 현재 서울산업대학교 철도경영정책학과 박사과정에 재학 중이다. 관심분야는 철도안전, 철도물류, Human Error 등이다.

주소: 서울시 노원구 공릉2동 172번지 서울산업대학교
구도서관 216호 철도경영정책연구소

김시곤



부산대학교에서 학사, 미국 버지니아공대(Virginia Tech.)에서 석사와 공학박사를 취득하였으며, 한국교통연구원(KOTI)에서 철도연구실장을 역임하였다. 남서울대학교 산업환경시스템공학부에서 부교수로 재직하였고, 현재는 서울산업대학교 철도경영정책학과의 주임교수로 재직 중이다. 관심분야는 철도안전, 교통수요예측, 철도정보시스템 등이다.

주소: 서울시 노원구 공릉2동 172번지 서울산업대학교
구도서관 216호 철도경영정책연구소