

도시철도 차량사고에 액티비티-액션다이아 그램 기법을 적용한 비상대응 절차 구현 연구

A study on the procedures of emergency response to use Activity- Action Diagram technique at train accident in Urban Railroad

양도철* 황성근**

Yang, Doh Chul Hwang, Seong Geun

ABSTRACT

The purpose of this study is to implement an emergency response procedure based on the scenario of the field of vehicles and provide more rapid and exact response program needed when train accidents happen. Therefore, we have made worst case combinations of accidents and prioritized the combinations. A number of accidents have been analyzed according to the type of, the people affected by, and the location of accident. Both horizontal and vertical response system have also been defined. Furthermore, Activity-Action Diagram has been applied to the emergency response scenario and action procedure of each group has been clearly systematized. Consequently, this paper provides a specific response system useful when train accidents happen.

1. 서론

우리나라 도시철도는 각 지역의 편리한 교통수단으로 급격한 발전을 거듭해 왔다. 1974년 8월 15일 서울지하철 1호선이 개통 이래 놀라운 국가 경제성장과 더불어 도시철도는 각 도시에 건설되어 대중교통수단으로 중요한 교통망을 형성하였다. 이런 성장에 반에 열차 운영 시 안전사고에 대한 대비와 대응이 미비하게 준비되어진 것으로 나타나고 있다. 도시철도는 도시생활에 없어서는 안 될 중요한 대중교통수단으로 자리하고 있어 사고 발생 시 엄청난 불편과 막대한 손실을 가지고 올 수 있다는 점에서 시급히 대책을 마련되어야 한다. 그동안 우리는 사고 방지 대한 노력을 기울여 왔음에도 불구하고 천재지변 또는 과실 등의 불의사고가 발생되어 왔다. 최근 사고가 늘어나면서 비상대응에 대한 관심이 높아지고 있지만 아직 초창기 때 사용되던 대응 체계에서 크게 벗어나지 못하고 있는 실정으로 사고발생 시 대응체계는 아직 낮은 대응 단계라 볼 수 있다. 이러한 사항을 개선하고자 보다 체계적이고 구체적인 Activity- Action Diagram 기법을 적용한 비상대응방안을 제시하고자 한다.

본 논문은 차량분야에 시나리오를 기반 한 비상대응 절차를 구현하므로 사고 발생 시 보다 빠르고 정확한 비상대응 방안을 연구하였다. 첫째, Worst Case Combination으로 조합하여 우선순위를 정하고 시나리오로 작성하였다. 시나리오 작성 시 주관점으로서 차량사고는 사고형태와 사고대상 그리고 사고위치에 따라 사고 발생 경우에 수를 조사하였고 결과 41가지 사고유형으로 나타났다. 둘째, 3주체 및 3단계로 시나리오를 구분하여 사고발생시 신속히 사고를 전파할 수 있고 파악할 수 있는 기반을 정의하였다. 이러한 3주체는 승객, 비상대응직원, 외부관계기관으로 분류하여 정확하고 신속한 수평적 대응 체계로 정의되고 3단계는 초기대응, 자체대응, 외부대응으로 분류하여 사고 상황에 맞게 대응할 수 있는 수직적 대응 체계로 정의된다. 셋째, Activity-Action Diagram 기법을 적용하여 각 주체들의 행동요령을 보다 체계화함으로 사고 발생 시 구체적인 대응 방안을 제시하였다.

* 책임저자: 정희원, 한국철도기술연구원, 전기신호연구본부

E-mail : dcyang@krri.re.kr

TEL : (032)031-460-5141 FAX : (032)031-460-5139

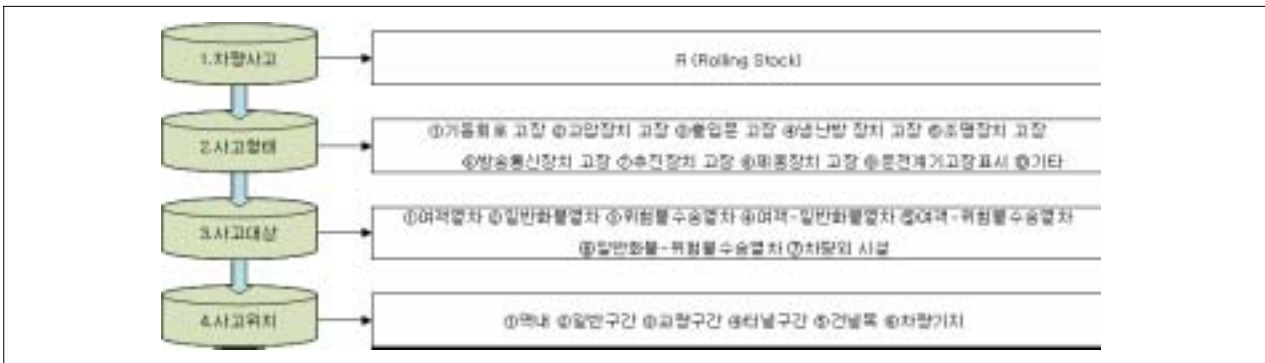
** 정희원, 한국철도기술연구원, 지식정보팀

이 연구의 목적은 도시철도 차량 운행 중에 어디에서 어떤 형태로 사고가 발생한다고 하더라도 사고 발생 시 일어날 수 있는 각가지 사건들을 예측하여 신속한 대응으로 사고피해를 최소화 하는데 연구에 관심을 두었다.

2. 차량사고 소스별 비상상태 유형정의

2.1 비상상태 code 정의 및 전개

차량사고는 R(Rolling Stock)이라는 code를 적용하여 R-사고형태-사고대상-사고위치로 4가지 code로 그림 1-1과 같이 구분 하였다. 그리고 전체 Code R①①①~R⑦⑦⑦으로 분류하여 Code로 병기 할 수 있게끔 정의 하였다. 예를 들어 R⑧①①는 역내 차량 진입 시 제동장치 고장으로 인한 차량사고를 의미한다.



<그림1-1> 비상상태 code 분류

2.2 시나리오 level설정

시나리오를 초기대응단계, 자체대응단계, 외부대응단계의 3단계 Level로 분류하여 각 레벨별 차량장애 정의와 비상대응방법, 관련예시를 들어 분석하였다. Level 1(Incident)는 실질적인 피해를 동반 하지 않은 초기단계로 승객대기 단계로 정의 한다. 대응방법으로 기관사실에 고장표시나 이상 정보(징후)발생시 기관사는 신속히 사령실에게 알리고 초기 대응이 가능한지 판별하여 가능하면 즉시 조치를 취한다. 예로 고장표시등에 의한 확인으로 기관사가 Reset후 복구 가능한 상태와 각 장치의 이상전류로 인한 차단설비가 작동할 경우 기관사에 의해 즉시 복구가 가능한 상태를 들 수 있다. Level 2(Accident)는 차량장애 발생 시 기동검수원에 의해 복구가 가능한 단계, 차량장애가 확산될 단계, 승객유도 단계로 정의 한다. 대응방법으로 기관사는 고장 발생 시 즉시 사령실에 보고하고 사령은 기동 검수원을 투입시켜 복구 시도 한다. 예로 차량의 내부 장치 이상으로 기동검수원에 의해 복구가 가능한 상태와 배터리 방전으로 인한 차량 기동 불능 상태를 들 수 있다. Level 3(Major Accident)는 원인불명으로 복구가 장시간 지속 되는 단계, 차량 장애로 승객이 다른 장소로 이동해야 할 단계로 정의한다. 대응방법으로 인근 역에 승객하차 후 차량을 기지로 입고시키고 외부관계기관과 협력하여 복구 시도 한다. 예로 과열로 인한 차량 내 장치 파손으로 차량이 계속 정지 상태에 있을 때를 들 수 있다.

2.3 시나리오기반 ‘액티비티(Activity)-액션(Action)’ 정의

가. 액티비티(Activity) 정의

도시철도의 비상대응 시나리오를 기반으로 취해져야 할 비상대응 요구사항은 사고전파, 대응, 출입문 개방, 대피, 통제, 타 차량 이용 및 복구에 필요한 24종류의 Activity로 정의하였다. 각 종류의 Activity 들은 각 주체들의 Action으로 나타내어 사고 상황에서 비상대응 시 행동요령을 구체적으로 하고 상황에 따라 Activity를 주어 즉시 사고대응 할 수 있게 하였다.

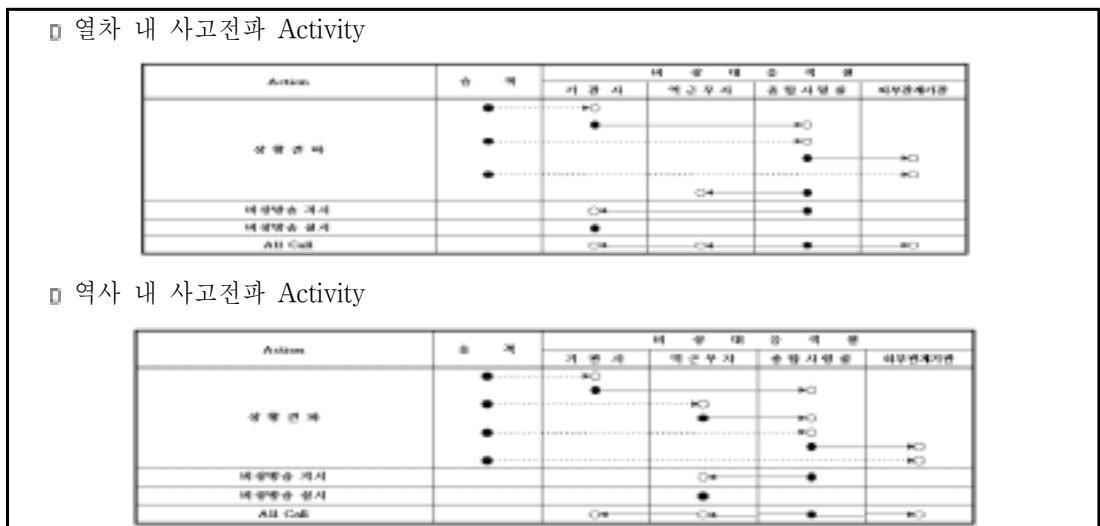
<표1-1> 액티비티(Activity) 정의

비상대응 요구사항	Activity 항목	내용
사고전파	1. 열차 내 사고전파 2. 역사 내 사고전파 3. 차량기지 내 사고전파	■ 최고 사고인자가 사고상황을 알리 위한 내용으로 구성
대응	4. 초기대응 5. 자체대응 6. 외부대응	■ 각 대응 단계별 취해져야 할 내용으로 정의
출입문 개방	7. 열차 출입문 개방 8. 열차 출입문 수동 개방	■ 열차 출입문 자동 및 수동개방에 대한 내용으로 정의
대피	9. 열차 내 대피 10. 역사 내 대피 11. 터널 내 대피 12. 교량 내 대피 13. 일반구간(건널목) 대피 14. 차량기지 내 대피	■ 위치별로 대피하기 위해 필요한 내용을 정의
통제	15. 열차운행 통제 16. 시민 접근 통제	■ 사고발생시 사고지점의 열차운행 통제 및 시민들의 접근 통제를 목적으로 하기 위함
타 차량이용유도	17. 후속열차이용유도 18. 외부교통이용유도	■ 승객들의 타열차 및 외부 교통 이용 유도에 필요한 내용을 정의
기타	19. 열차 안전지역 정지 20. 전차선 전력차단 21. 방재설비 가동 22. 오염지역 격리 23. 임시복구 24. 상황종료 보고	■ 복구 및 상황종료에 필요한 내용을 정의

나. 액티비티(Activity)별 액션(Action)정의

비상대응 요구사항을 조사한 결과 24종류의 Activity 항목이 검출되었다. 이러한 Activity는 사고 상황에 따라 행동하여 하는 포괄적인 행동방식이며 Action은 각 주체들이 행동해야 할 구체적인 행동방식이다. 비상대응절차는 비상대응 시나리오를 기반으로 구축되며, 각 비상대응절차는 'Activity-Action' 다이어그램을 시나리오 상에서 비상대응이 필요한 상황에 적용된다. 예컨대, 비상대응 시나리오에서 '사고전파'라는 이벤트가 있을 경우, 이때 필요한 대응조치 Activity로는 '역사 내 사고전파 Activity', '열차 내 사고전파 Activity' 등이 되며 이 Activity에서 각 비상 대응 주체별로 취해야할 조치는 그 Activity의 Action 이 된다. Activity에 대한 세부적인 비상대응 조치사항은 승객, 기관사, 역 근무자, 종합사령실, 외부관계기관별로 정의하였다.

<표1-2> Activity- Action Diagram(일부예시)



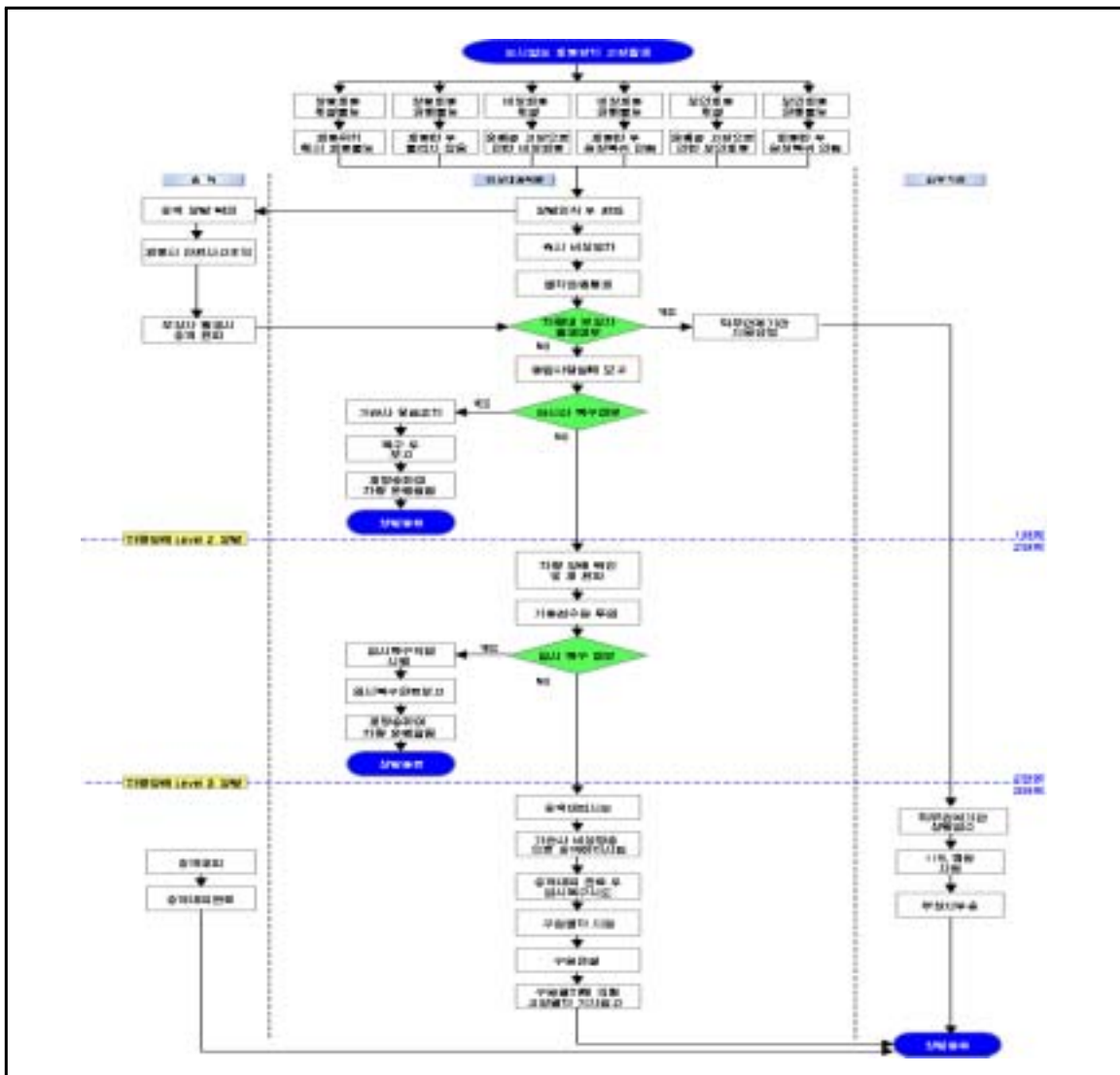
3. 차량사고 유형별 비상대응 시나리오.

각 유형별 시나리오를 분석하여 전체 사고유형에서 Worst Case Combination 제시하고 제시된 총 41 가지 중 위험점수가 가장 높은 R811유형이 그림<1-2>에 전체 시나리오를 제시하였다. 시나리오는 초기대응 단계인 1단계, 자체대응 단계인 2단계, 외부대응 단계인 3단계로 나뉘며 각각 사고 상황에 맞게 대응 할 수 있게 하였다. 또한 3주체로 나누어 더욱 명확한 보고 계통이 되도록 시나리오를 구성하였으며 그에 따른 역할분담을 분명히 하였다. 시나리오를 살펴보면 여러 사고형태에 따라 최초 차량고장으로 인한 장애가 발생되고 사고 상황을 발견과 동시에 전파된다. 비상대응 시 1단계에서는 단시간 내에 초기대응 가능여부에 따라 응급복구가 되며 2단계에서는 기동검수원을 투입하여 자체대응 가능여부에 따라 임시복구가 된다. 3단계에서는 외부대응과 승객대피 후 차량을 기지입고 시킴으로 모든 상황을 종료된다.

3.1 비상대응 시나리오

가. R811 유형 (R811:차량장애(R)→제동장치고장⑧→여객열차①→역내①)

그림1-2는 도시철도에서 차량이 역내 진입 중 제동장치이상으로 사고가 발생한 전체 시나리오의 예이다. 이러한 시나리오는 사고유형별 code로 대응되어 41개의 시나리오로 존재되어 진다.



<그림1-2> 비상대응 시나리오(R811유형)

4. 비상대응주체별 역할과 책임

4.1 비상대응 level별 시나리오 해석

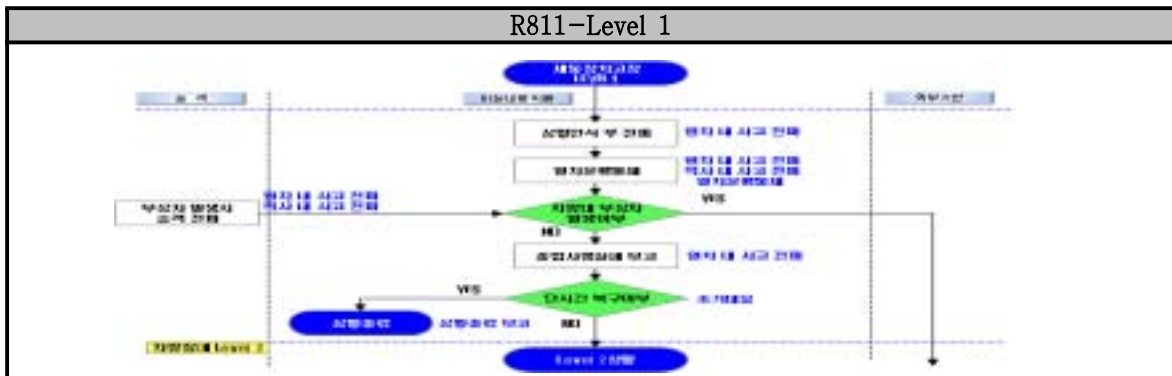
비상대응절차의 Activity의 Action내용을 각 Level로 나누어 비상대응주체별로 정리 하며, Level에 대한 비상대응 주체별 역할과 책임은 다음과 같이 제시하였다.

Level 1은 사고 즉시 단시간 복구가 가능한 초기대응단계로 사고전파, 열차운행통제, 초기대응 상황종료보고 Activity가 주어져 승객, 비상대응직원의 역할을 나타낸다. 각 상황 event는 시나리오 표1-3에서 보여주는 것처럼 차량 내 부상자 발생여부와 단시간 복구 여부를 주어 대응방법을 달리하였다.

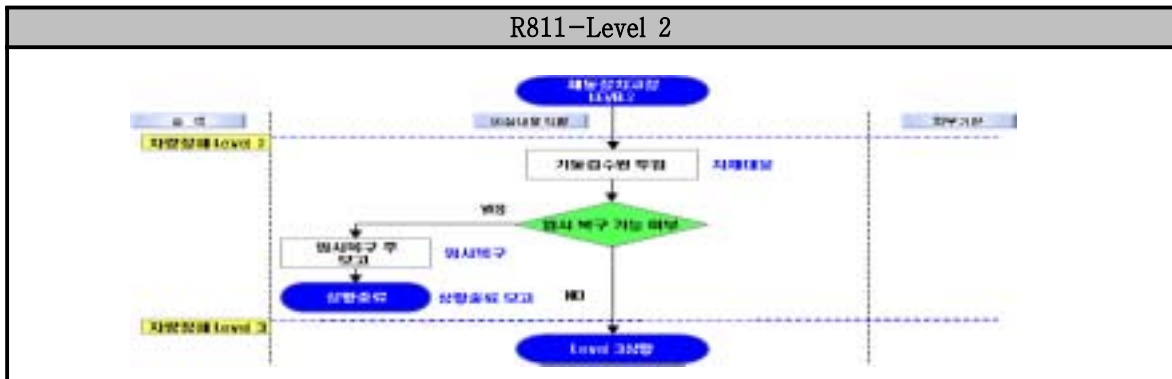
Level 2는 사고 후 단시간 복구가 불가능 할 때 기동검수원이 투입되어 자체대응 하는 단계로 임시복구, 자체 대응, 상황종료보고 Activity가 주어진다. event로 임시복구 가능여부에 따라 임시복구 되어 상황은 종료된다.

Level 3은 복구가 장시간 지연될 시 승객 대피 후 차량을 기지입고 시키는 단계로 대피, 외부교통이용유도, 외부대응, 임시복구, 상황종료보고 Activity가 주어진다.

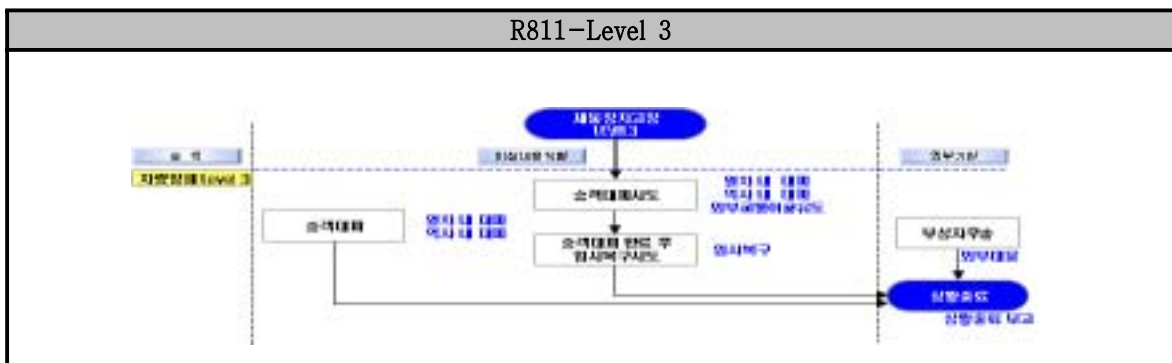
<표1-3>Level 1에 대한 비상대응주체별 Activity



<표1-4>Level 2에 대한 비상대응주체별 Activity



<표1-5>Level 3에 대한 비상대응주체별 Activity



4.2 비상대응 Activity에 따른 Action

표 1-6은 시나리오에서 주어진 각각의 Activity들을 승객, 기관사, 사령실, 역근무자, 관계기관들의 역할 Action으로 정리하여 구체적으로 제시하여 보았다.

<표1-6> 비상대응 Activity에 따른 Action

시나리오 상황에 따른 인원별 비상대응		
대상	ACTIVITY	ACTION
승객	열차 내 사고전파	▪ 상황을 기관사, 종합사령실, 역사, 외부관계기관에 전파.
	역사 내 사고전파	▪ 상황을 기관사, 종합사령실, 외부관계기관에 전파.
	열차 내 대피	▪ 승객은 비상안내방송에 따라 열차에서 안전한 장소로 이동.
	역사 내 대피	▪ 승객은 비상안내방송에 따라 역사에서 안전한 장소로 이동.
기관사	열차 내 사고전파	▪ 상황을 종합사령실에 전파. ▪ 열차 내 비상방송을 실시.
	열차운행통제	▪ 종합사령실의 지시에 따라 열차운행 통제를 실시
	열차 내 대피	▪ 종합사령실에 승객 대피 유도 지시를 요구. ▪ 종합사령실에 지시에 따라 비상안내방송을 실시.
	역사 내 대피	▪ 종합사령실에 역사 대기 중인 승객 대피 유도를 지시를 요구. ▪ 종합사령실에 지시에 따라 승객 대피 유도 및 대피방송을 실시.
	임시복구	▪ 임시복구 요청 및 종합사령실의 지시에 따라 역 근무자, 기동검수원과 함께 복구를 실시.
	상황종료보고	▪ 상황이 종료되면 기관사는 사령실에 보고.
사령실	열차 내 사고전파	▪ 상황을 전 운행 차량의 기관사에게 전파. ▪ 비상방송을 기관사에게 지시. ▪ All Call을 실시.
	역사 내 사고전파	▪ 상황을 역 근무자에게 전파. ▪ 비상방송을 역 근무자에게 지시. ▪ All Call을 실시.
	열차운행통제	▪ 열차운행 통제를 기관사에게 지시. ▪ 승객이 대피할 수 있게 역 근무자에게 지시.
	초기대응	▪ 초기에 신속하게 대응 할 수 있도록 지시.
	자체대응	▪ 초기대응 실패 시 자체적으로 기동검수원을 투입하여 대응.
	열차 내 대피	▪ 기관사의 승객대피 요구에 대한 상황 파악 후 승객대피를 지시.
	역사 내 대피	▪ 역사 내 대피요구에 대한 상황 파악 후 승객대피를 지시.
	상황종료보고	▪ 기관사 및 역 근무자의 상황종료보고를 전 차량, 전역, 외부관계기관에 전달.
역근무자	역사 내 사고 전파	▪ 상황을 종합사령실에 전파.
	외부교통 이용유도	▪ 승객이 외부교통을 이용하도록 유도. ▪ 승차권 반환.
	열차 내 대피	▪ 종합사령실에 승객 대피 유도 지시를 요구. ▪ 종합사령실에 지시에 따라 비상안내방송을 실시.
	역사 내 대피	▪ 종합사령실에 역사 대기 중인 승객 대피 유도를 지시를 요구. ▪ 종합사령실에 지시에 따라 승객 대피 유도 및 대피방송을 실시.
	임시복구	▪ 임시복구(자력운전, 구원연결, 기지입고 등) 요청 및 종합사령실의 지시에 따라 기관사, 기동검수원과 함께 복구를 실시.
	상황종료보고	▪ 상황이 종료되면 역 근무자는 사령실에 보고.
관계기관	외부대응	▪ 외부관계기관이 출동. ▪ 자체 지휘권 자에게서 통합지휘권을 인수.
	상황종료보고	▪ 상황이 종료되면 사령실에 종료됨을 보고.

5. 결론 및 향후연구계획

본 연구에서는 차량사고에서 Code화된 사고 유형들을 전체시나리오와 세부시나리오로 나타내어 상황에 따른 Activity-Action을 주어 효율적인 대응 방안을 제시함으로써 단계별로 수직적 대응 체계와 주체별로 수평적 대응 체계를 시나리오에 적용하여 사고 상황에 대한 보고체계 및 상황별 대응을 분명히 하였다. 수직적 대응 체계는 초기대응, 자체대응, 외부대응으로 분류하여 사고 위험 범위에 따라 대응 차원 조사 연구하여 분석하였고 수평적 대응 체계는 승객, 비상대응직원, 외부기관으로 분류하여 각 주체들의 행동요령에 따라 대응차원을 검토하였다. 이러한 비상대응방법을 사고형태, 사고대상, 사고위치에 따라 여러 각도에서 살펴봄으로 Activity-Action Diagram 기법을 적용하여 해당 업무의 종사자들에게 시각적으로 각 주체들의 행동요령을 보다 쉽게 접근하도록 체계화하였다. 앞으로 이렇게 연구되어진 비상대응 운영절차는 전산모델로 개발되어 향후 비상 대응 시 체계적인 복구 시스템 활용 및 교육 자료로 활용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 한국철도기술연구원 2006 비상대응체계 개발의 지원으로 수행되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 철도교통관제 업무효율화 방안-한국철도시설공단
2. 서울지하철공사 안전종합자료집(pp.603~686)
3. 전기철도 시스템 공학-강인권 편저(pp2-25)
4. 서울지하철공사 사전지도 점검반 활동보고서(pp75-128)
5. 서울지하철공사 재난 및 장애 발생시 조치요령
6. 신호설비 사고 및 장애 사례집(1996-2000)-철도청 전기본부
7. 사고복구 및 수습기준(예규집 별책)-부산교통공단
8. 지하철 안전관리실태(2003.9)-감사원
9. 재난 및 장애 발생시 조치요령-광주광역시 도시철도공사
10. 철도사고 및 비상대응 관리체계 구축-건설교통부