

# 저심도 도시철도 신호시스템의 사전 위험원 분석 연구

## Preliminary Hazard Analysis for Near Surface Transit Signal System

조 봉 관<sup>†</sup> · 박 기 준\* · 임 석 우\*\* · 차 기 호\*\* · 오 귀 진\*\*  
 (Bong-Kwan Cho · Ki-Jun Park · Sok-Woo Lim · Gi-Ho Cha · Kwi-Jin Oh)

**Abstract** - To achieve the safety and reliability, RAMS activity for a railway signal system of Near Surface Transit is studied. In this paper, preliminary hazard analysis in RAMS activities is studied for the railway signal system of Near Surface Transit. Preliminary hazard analysis is done through automatic train protection, automatic train operation and automatic train supervision. The hazards are defined, then causes and consequence for each hazard are defined. The total 75 preliminary hazards are classified. For high severity hazards are changed to acceptable level by upgrading of system requirement specification.

**Key Words** : Railway technology, Near Surface Transit, Railway signal system, Hazard analysis, SIL 4 certification

### 1. 서 론

저심도 지하철도는 도심지 도로의 하부 지하공간에 가능한 한 저심도(低深度)로 구조물을 설치하여 열차가 운행하도록 하는 시스템이다. 저심도 지하철도는 도로 상면에서부터 지하 5~7m에 건설하고 도로를 따라 급곡선, 급구배 주행이 가능한 도시철도로서, 고가 경전철 건설비용 수준의 저비용으로 지하에 건설이 가능하고 도시미관, 소음과 진동, 접근성과 편의성 향상 등과 함께 도시교통 연계성과 접근성이 우수한 도시철도시스템이다.

위와 같은 장점을 가지고 있는 저심도 지하철도에서 운영되는 열차를 충돌 및 추돌로부터 보호하여 안전하게 운행하기 위해 열차제어시스템이 필요하다. 열차의 안전운행을 위한 철도신호시스템은 열차 간격 제어 및 열차 진로 제어를 통해 열차간 충돌 및 추돌을 방지하는 시스템이다[1-6]. 열차에서 사고가 발생하면 인적 손상 및 경제적인 손실이 매우 크므로, 철도신호 시스템은 안전성 및 신뢰성을 보장하여야 한다.

안전성 및 신뢰성을 객관적으로 보장하기 위해, 철도신호 시스템을 개발하는 주체는 독립적인 기관으로부터 안전성 및 신뢰성에 대한 측도를 검증받는다. 철도 분야에서는 표준 단체에서 RAMS(Reliability Availability Maintainability and Safety) 규격을 정의하였고[7, 8], 가장 중요한 기능인 안전성(Safety)에 대해서는 SIL(Safety Integrity Level)을 정의하고, 안전성 단계를 1~4단계로 규정하고, 4단계를 가

장 높은 안전성을 제공하는 단계로 정의하였다[7, 8].

국내외에서 개발하고 있는 철도신호시스템에 대해 SIL4 인증을 받기 위한 연구를 진행하고 있다[9-11]. 본 논문에서는 개발하고 있는 저심도 지하철도용 철도신호시스템에 대한 SIL4 인증을 받기 위해 수행하고 있는 RAMS 단계 중에서, 사전 위험원에 대한 분석 및 저감 방안을 연구 하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 대상 시스템

저심도 지하철도용 철도신호시스템 중에서 SIL4 인증을 받기 위한 대상 시스템은 지상 자동열차제어 장치(Way-side ATP), 선로전환기 제어기(Switch Controller), 차상 자동열차보호(Train-bone ATP/ATO)이고, 블록 구성도는 그림 1과 같다

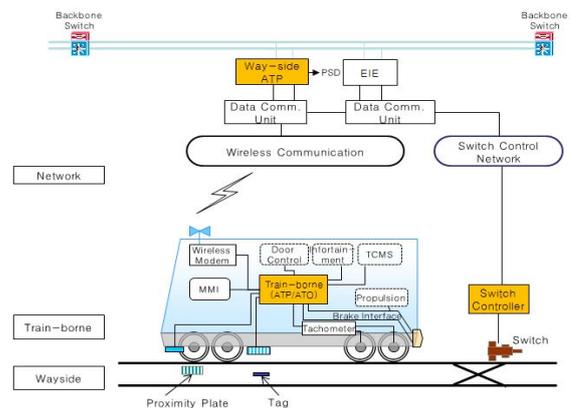


그림 1 저심도 도시철도용 열차제어시스템 구조  
 Fig. 1 Architecture of Train Control System for Near Surface Transit

지상 자동열차제어 장치(Way-side ATP)는 운행 중인 모든 열차의 위치를 인식하여, 열차 간 충돌 및 추돌을 방지하

<sup>†</sup> Corresponding Author : Korea Railroad Research Institute, Korea

E-mail : bkcho@krri.re.kr

\* Korea Railroad Research Institute, Korea

\*\* Hunter Technology, Korea .

접수일자 : 2015년 3월 12일

수정일자 : 2015년 5월 19일

최종완료 : 2015년 7월 28일

기 위해 열차간격제어 기능을 수행하고, 선로전환기 제어기(SC)는 선로전환기의 제어 및 감시기능을 하는 장치이다. 차상 자동열차보호장치(Train-bone ATP/ATO)는 무선을 통해 지상 자동열차제어 장치(Way-side ATP)로부터 수신한 제한 속도, 허용 이동 거리를 이용하여, 열차를 안전하게 운행하는 장치이다. 차상 자동열차보호장치(Train-bone ATP/ATO)는 차상에 설치되는 무선 모뎀(Wireless Modem), MMI(Man Machine Interface), 출입문 제어장치(Door Control), 방송 및 표시기 장치(Infotainment), 열차 제어 및 관리 시스템(TCMS, Train Control and Management System), 추진장치(Propulsion), 제동장치(Brake Interface) 및 열차 이동 거리 및 속도를 계산하기 위한 Tachometer와 협력하여 열차를 안전하게 운행한다.

## 2.2 시스템 모델

저심도 열차제어시스템(NSTCS, Near Surface Train Control System)의 전체 구성은 그림 1과 같고, 시스템 구조는 그림 2와 같다. 관제실(OCC, Operation Control Center)에는 ATS, ATP 지상장치 및 전자연동장치가 설치되고, 선로변에는 차지상간 무선통신 장치, 선로전환기 제어기(SC) 및 지상자가 설치된다. 차상 및 지상간의 양방향 무선통신을 사용하여 열차 위치를 추적하며, 곡선, 구배 및 분기 구간 등 취약 개소에 지상자를 설치하여 위치 보정 및 이를 운영을 위한 데이터로 활용한다. 또한, 가장 중요한 개념은 역간 전자 폐색방식을 근간으로 하고 있다는 것이다. 역간 폐색은 역과 역 사이를 한 개의 폐색 구간으로 설정하여 열차 간격을 제어하는 것으로 전방 역에 열차가 있을 경우 후방 역에 있는 열차는 이동이 허용되지 않는다. 전방 역에 열차가 다음 역으로 출발하여 전방 역을 완전히 빠져 나간 후에 후방 역에의 열차가 출발이 가능한 것을 전제로 한다.

저심도 열차제어시스템의 주요 기능은 다음과 같다.

### 1) ATP 기능

열차 안전 운행과 밀접한 관련이 있는 핵심 기능으로서, 발생 가능한 위험상황에 대하여 열차의 안전을 확보한다. ATP의 주요 기능으로는 열차 위치감지, 열차 간격제어, 열차 속도감시, 열차 이동감시가 있다.

### 2) ATO 기능

ATO는 자동열차운행과 관련된 기능으로서, ATP의 감시 범위 내에서 모든 기능이 제공된다. ATO의 주요 기능으로는 자동열차운행, 정위치 정차 제어, 출입문 제어가 있다.

### 3) 전자연동 기능

전자연동장치는 안전한 열차 진로구성과 관련된 기능으로서, 열차위치 및 운행스케줄에 따라 진로를 구성하고 보호한다. 전자연동장치의 주요 기능으로는 진로설정, 진로쇄정, 진로해정, 진로감시가 있다.

### 4) 선로전환기 제어기 기능

선로전환기 제어기(SC, Switch Controller)는 선로전환기 제어와 관련된 기능으로서, 전자연동장치와 인터페이스를 통

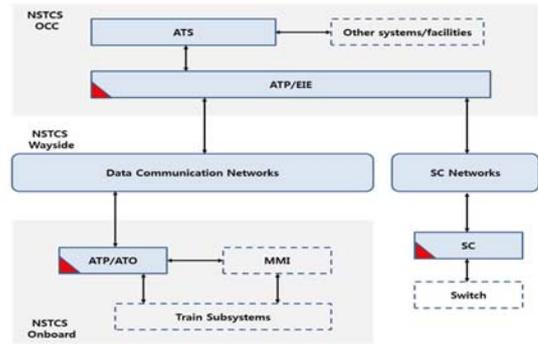


그림 2 저심도 열차제어시스템의 시스템 구조

Fig. 2 System Architecture of NSTCS

하여 할당된 선로전환기를 제어한다. 선로전환기 제어기의 주요 기능으로는 선로전환기 제어, 표시 및 감시가 있다.

### 5) 열차운전모드

저심도 열차제어시스템은 5가지 열차운전모드를 지원한다. 완전무인자동운전모드(FAM, Full Automatic Mode)는 열차가 ATP 제한 내에서 승무원없이 열차스케줄에 따라 자동 운행된다. 자동운전모드(AM, Automatic Mode)열차가 ATP 제한 내에서 1인 승무원에 의해 자동으로 운행된다. 수동운전모드(MM, Manual Mode)는 승무원이 열차를 ATP 제한 내에서 수동으로 제어한다. 비상운전모드(EM, Emergency Mode)는 ATP장치 고장 시 승무원에 의해 수동으로 제어한다. 기지운전모드(YM, Yard Mode)는 기지 내에서 열차 운전 시 기지 제한 속도 하에서 열차를 제어한다.

## 2.3 위험원 평가 및 허용 기준

저심도 도시철도 열차제어시스템의 위험원 허용 원칙은 합리적으로 실행 가능하면서 위험을 최대한 낮게 하는 ALARP(As Low As Reasonably Practicable)원칙으로 정의하였다. ALARP 원칙을 적용하기 위해서는 우선적으로 각각의 위험원의 발생빈도 및 결과의 심각도를 평가함으로써 위험도 평가를 수행하였다.

저심도 도시철도 열차제어시스템에 대한 위험도 발생 빈도 분류 기준, 위험도 심각도 분류 기준 및 위험도 평가 및 허용 기준은 각각 표 1, 표 2 및 표 3과 같다. 위험도 분류 기준은 EN50126[7] 규격을 참조하여 작성하였다.

## 2.4 사전 위험원 분석 방식

저심도 도시철도 열차제어시스템에 대한 사전 위험원 분석 절차는 그림 3과 같다. 저심도 도시철도 열차제어시스템에 대한 사전 위험원 분석은 시스템의 설계 이전에 초기에 도출한 시스템 요구 사양서에 기술된 열차제어 시스템 상위 수준의 시스템 기본 기능을 대상으로 발생 가능한 위험원을 확인하고, 확인된 위험원의 원인, 결과를 정의하며 발생빈도 및 결과에 따른 위험도 평가를 실시한다. 이러한 위험도 평가결과를 근거로 위험원을 제거하거나 허용 가능한 수준으로 경감시키기 위한 예방 대책 및 조치방안을 정의하였다.

**표 1** 위험원 발생 기준

**Table 1** Hazard Frequency Level

Frequency of occurrence of a hazardous event	level	Description	Criteria	
			Frequency Fy (per year)	Frequency Fh (per hour)
Frequent	1	Likely to occur frequently. The hazard will be continually experienced	$Fy > 10$	$Fh > 1E-3$
Probable	2	Will occur several times. The hazard can be expected to occur often	$1 < Fy \leq 10$	$1E-4 < Fh \leq 1E-3$
Occasional	3	Likely to occur several times. The hazard can be expected to occur several times	$1E-2 < Fy \leq 1$	$1E-6 < Fh \leq 1E-4$
Remote	4	Likely to occur sometime in the system life cycle. The hazard can reasonably expected to occur	$1E-4 < Fy \leq 1E-2$	$1E-8 < Fh \leq 1E-6$
Improbable	5	Unlikely to occur but possible. It can be assumed that the hazard may exceptionally occur	$1E-5 < Fy \leq 1E-4$	$1E-9 < Fh \leq 1E-8$
Incredible	6	Extremely unlikely to occur. It can be assumed th[at the hazard may not occur	$Fy \leq 1E-5$	$Fh \leq 1E-9$

**표 2** 위험도 심각도 수준

**Table 2** Hazard Severity Level

Severity	level	Description	Criteria(x)	Accident
Catastrophic	A	Fatalities and/or multiple severe injuries and/or major damage to the environment	Over 3 people death	Train collision
Critical	B	Single fatality and/or severe injury and/or significant damage to the environment	$1 \text{ people death} \leq x < 3 \text{ people death}$	Emergency brake Or Human injury
Marginal	C	Minor injury and/or significant threat to the environment	$1 \text{ people injury} \leq x < 1 \text{ people death}$	-
Insignificant	D	Possible minor injury	Under 1 people injury	Service brake
Reliability Related	R	Possible damage to the economics		Service delay

**표 3** 위험도 평가 및 수용도

**Table 3** Risk Evaluation and Acceptance Matrix

Risk Evaluation		Severity Level			
		Insignificant	Marginal	Critical	Catastrophic
Frequency	Frequent	Undesirable	Intolerable	Intolerable	Intolerable
	Probable	Tolerable	Undesirable	Intolerable	Intolerable
	Occasional	Tolerable	Undesirable	Undesirable	Intolerable
	Remote	Negligible	Tolerable	Undesirable	Undesirable
	Improbable	Negligible	Negligible	Tolerable	Tolerable
	Incredible	Negligible	Negligible	Negligible	Negligible

저심도 도시철도 열차제어시스템 사전 위험원 분석은 위험 및 운전 분석(HAZOP)을 통해 이루어졌다. 사전 위험원 분석은 체계성 및 편의성을 위하여 적합하게 정의된 분석 양

식을 사용하였고, 저심도 도시철도 열차제어시스템에 대한 사전 위험원 분석을 위하여 정의된 분석양식지의 입력 항목 및 설명은 표 4와 같다.

표 4 사전 위험원 분석 형식

Table 4 Format of Preliminary Hazard Analysis

Item	Description	
Reference No.	Identification of preliminary hazard	
Basic Function	Function description about Reference No.	
Hazard Description	Explanation of hazard	
Causes	Cause of hazard	
Consequence	Consequence due to hazard	
Mode	Train operation mode	
Initial Risk	Freq.	Frequency of hazard
	Sev.	Severity level of hazard
	Risk	Risk of hazard

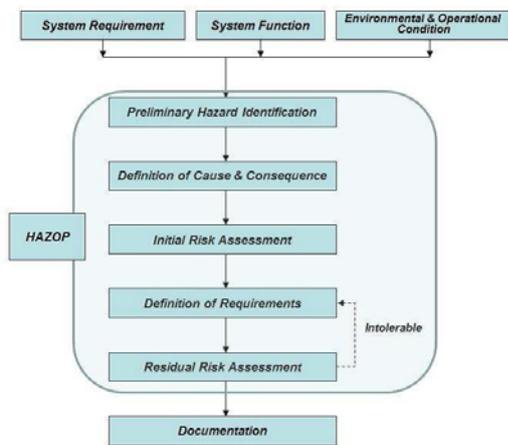


그림 3 사전 위험원 분석 절차

Fig. 3 Preliminary Hazard Analysis Procedure

표 5 열차 보호 기능에 대한 위험원

Table 5 Hazards of Train Protection

Reference No.	Basic Function	Hazard Description	Causes	Consequence	Mode	Initial Risk		
						Freq.	Sev.	Risk
PHA-1	열차위치 감지	열차 위치 감지가 안 됨	시스템 고장	시스템 고장으로 인한 열차 위치 감지가 안 됨으로 충돌 가능성이 있음	FAM/AM/MM/YM	4	A	Undesirable
PHA-2			시스템 미장착	시스템 미장착 차량으로 인한 열차 위치 감지가 안 됨으로 충돌 가능성이 있음	EM 혹은 미장착 차량	4	A	Undesirable
PHA-3			열차 초기 기동	열차 초기 기동 시 열차 위치 감지가 안 됨으로 충돌 가능성이 있음	FAM/AM/MM/YM/EM	4	C	Tolerable
PHA-4		잘못된 열차위치가 감지됨	시스템 고장	시스템 고장으로 인한 잘못된 열차 위치가 감지됨으로 충돌 가능성이 있음	FAM/AM/MM/YM	4	A	Undesirable
PHA-5			거리 측정 오류	거리 측정 오류로 인해 잘못된 열차 위치 감지가 됨으로 충돌 가능성이 있음	FAM/AM/MM/YM	3	C	Undesirable

주) FAM : Full Automatic Mode,  
 AM : Automatic Mode, MM : Manual Mode,  
 YM : Yard Mode, EM : Emergency Mode

## 2.5 사전 위험원 분석 결과

사전 위험원은 표 4에서 설명한 형식으로 분석하고, 본 논문에서는 자동열차보호 기능, 열차 운행 기능에 대한 사전 위험원을 분석한 내용을 작성하였다.

표 5는 자동열차보호 기능에 대해 사전 위험원을 분석한 사례이며, 열차 위치를 결정하는 기능에서 열차 위치가 결정되지 않거나, 잘못된 열차 위치를 인식하는 경우 발생하는 위험원에 대해 분석한 결과를 나타낸다.

표 6은 열차 운영 기능에 대해 사전 위험원을 분석한 사례이며, 열차 연결이 분리되는 것을 방지하기 위한 기능에서 발생할 수 있는 위험원에 대해 규명하고, 또한 열차 출입문 열림 보호 기능에 대한 위험원을 분석하였다.

사전 위험원 분석 결과, 표 7에 나타나 있는 바와 같이 총 75개의 잠재 위험원이 존재한다.

이 중 바람직하지 않은 (Undesirable) 기준을 초과하는 위험원은 28개 이었다. 열차 위치 감지 기능에 대한 사전 위험원을 분석한 결과, 표 5와 같이 부적절한(Undesirable) 위험이 4개 존재하고, 허용 가능한(Tolerable) 위험이 1개 존재하였다. 본 논문에서는 사전 위험원 보완 내용 중, 열차 위치 감지 기능에 대해 보완한 내용을 기술한다. 표 8과 같이 열차 위치 감지가 안 되는 위험원에 대해서는 연속적으로 위치 감지, 다중계 시스템 구성과 같은 요구 사항을 추가함으로써, 사전 위험원을 허용 가능한(Tolerable) 수준으로 이동하였다. 다른 기능에 대해서도 24개 사전 위험원에 대해 시스템 요구 규격을 보완함으로써, 위험원 수준이 허용 가능한(Tolerable) 수준으로 변경되었다.

## 2.6 고찰

저심도 도시철도용으로 설계된 열차제어시스템이 안전한지를 확인하고, 안전하면 얼마나 안전한지를 세밀하게 평가

**표 6 열차 운행에 대한 위험원**

**Table 6 Hazards of Train Operation**

Reference No.	Basic Function	Hazard Description	Causes	Consequence	Mode	Initial Risk		
						Freq.	Sev.	Risk
PHA-18	열차의 연결/분리	차량을 구성하는 모듈이 분리	차량을 구성하는 모듈 연결 불량	탈선 및 추돌 가능성 있음	All	4	A	Undesirable
PHA-19		구원 차량과 연결 안 됨	구원되는 차량의 연결 장치의 고장	운행 지연	N/A	4	R	Negligible
PHA_20			구원 차량의 연결 장치의 고장	운행 지연	MM/EM	4	R	Negligible
PHA-21		구원차량과의 운행 중 분리	차량의 연결 장치 고장	운행 지연	MM/EM	4	R	Negligible
PHA-22	열차 출입문 제어	열차 출입문 개폐 상태 감시 안 됨	열차 출입문 감시 시스템의 고장	운행 지연	FAM/AM/MM/YM	3	R	Negligible

주) FAM : Full Automatic Mode,  
 AM : Automatic Mode, MM : Manual Mode,  
 YM : Yard Mode  
 EM : Emergency Mode, N/A : No Available

**표 7 저심도 열차제어시스템의 사전위험원 분석 요약**

**Table 7 Summary of Preliminary Hazard Analysis for NSTCS**

Item	Initial Hazard	Remaining Hazard
Intolerable	0	0
Undesirable	28	0
Tolerable	3	28
Negligible	44	47
Total	75	75

**표 8 열차 보호 기능에 대한 사전위험원에 대한 보완 내용**

**Table 8 Requirements for Preliminary Hazard of Train Protection**

Reference No.	Initial Risk			Requirements	Residual Risk		
	Freq.	Sev.	Risk		Freq.	Sev.	Risk
PHA-1	4	A	Undesirable	정확한 열차 위치 감지 확보를 위해 시스템은 모든 열차의 위치를 연속적으로 감지해야 한다.	5	A	Tolerable
				시스템 고장으로 인한 열차 위치가 감지 안 되는 것을 방지하기 위해 다중계 시스템으로 구성해야 한다.			
				시스템은 열차 위치 감지에 이용되는 장치의 고장을 진단할 수 있는 고장 진단 기능이 있어야 한다.			
				열차 위치 감지가 안 되면 열차 이동이 방호되어야 한다. 열차 위치가 감지되지 않아 정지한 차량의 구간에 대한 방호 기능이 있어야 한다.			
PHA-2	4	A	Undesirable	열차 위치 감지가 안 되는 시스템 미 장착 열차의 진입은 허가하지 않는다.	5	A	Tolerable
PHA_3	4	C	Tolerable	시스템은 초기에 기동하는 열차에 대한 방호 기능이 있어야 한다.	5	C	Negligible
PHA-4	4	A	Undesirable	시스템은 열차 위치 감지를 위해 다중계로 구성 되어야 한다.	5	A	Tolerable
				열차 위치 감지를 위한 시스템은 고장 진단 기능이 있어야 한다.			
				열차 위치 정보 전송 시 신뢰성 있는 통신 전송망을 확보 하여야 한다.			
PHA-5	3	C	Undesirable	시스템은 열차 위치 감지를 위해 정확한 열차 이동 거리를 계산해야 한다.	4	C	Tolerable

하기 위해 제안된 열차제어시스템에 대한 사전 위험원 분석을 연구하였다. 표준 규격에서 정해 놓은 절차에 따라 분석해 본 결과, 바람직하지 않은 기준을 초과하는 위험원이 발견되었다. 발견된 잠재 위험원에 대해서는 위험원을 저감시킬 수 있는 방안을 고안하여 시스템 요구 사항에 반영함으로써, 저심도 도시철도용 열차제어시스템의 안전성을 증대시킬 수 있는 발판을 마련하였다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 저심도 도시철도를 위한 열차제어시스템에 대해 SIL4 인증을 받기 위한 RAMS 활동 중 사전 위험원 분석을 연구하였다. 사전 위험원을 분석한 결과 총 75개의 잠재 위험원이 발견되었다. 발견된 사전 위험원을 저감시킬 수 있는 방안으로 시스템 요구 사항을 보완하는 방안을 제시하였다. 시스템 요구 사항을 보완하여 저심도 도시철도용 열차제어시스템이 SIL4 인증을 받을 수 있는 첫 번째 단계를 완료하였다.

향후 계획으로는 저심도 도시철도용 열차제어시스템에 대한 SIL4 인증을 받기 위해, 사전 위험원 분석 과정을 통해 찾은 저감 방안을 적용하여 시스템을 설계한 후, 시스템 위험원 분석(System Hazard Analysis)을 통해 안전성을 확인하고 증대시켜 나갈 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 “저심도 도시철도시스템 인터페이스 및 성능검증 연구” 연구지원(14RTRP-B068762-02)에 의해 수행 되었습니다.

#### References

[1] UIC, “ERTMS/ETCS - Class 1 System Requirement Specifications Chapter 1~8,” 1992.  
 [2] IEEE, “Std 1474.1-2004 IEEE Standard for Communication Based Train Control(CBTC) Performance and Functional Requirements,” 2004.  
 [3] B. S. Yoon, J. S. Kim, S. J. Lee, K. H. Kim, Y. K. Kim, D. K. Park, “Technologies and Standards of Future Railway Mobile Telecommunication,” Journal of the Korean Society for Railway,16(6),pp.519-527, 2013.  
 [4] Y. H. Kim, W. S. Choi, “Analysis of Operational Issues for ICT-based On-Board Train Control System,” Journal of the Korean Society for Railway,14(6),pp.575-583, 2011.  
 [5] W. Hillenbrand, H. Hofestadt, “GSM-R Traffic Model for Radio-based Train Operation,” World Congress Railway Research 2001, Clogne, Germany,pp.1-6, 2001.  
 [6] J. H. Jeon, G. J. Jung, D. W. Kang, J. S. Lee, “A Study on design of onboard speed supervising at ETCS-L2 system,” Proceedings of the Korean Society for Railway,pp.473-482, 2014.

[7] EN50126, “Railway applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety(RAMS),” 1999.  
 [8] EN50128, “Railway applications - Communication, signaling and processing systems - Software for railway control and protection systems,” 2011.  
 [9] K. D. Shim, J. W. Lee, “A Study of RAMS Analysis and Assessment Activities for Automatic Train Protection System based on ERTMS/ETCS Level 1,” Journal of the Korean Society for Railway,14(2),pp.121-129, 2011.  
 [10] H. S. Yun, K. S. Lee, S. K. Ryou, D. I. Yang, “A Study on the RAMS Analysis of Urban Maglev Train Control System,” Journal of the Korean Society for Railway,14(6),pp.515-525, 2011.  
 [11] K. Li, X. Yao, D. C. Chen, L. Yuan, D. Zhou, “HAZOP Study on the CTCS-3 Onboard System,” IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems, accepted for inclusion in a future issue, 2014.

#### 약어

약어	영문 용어	설 명
ALARP	As Low As Reasonable Practicable	합리적으로 실행 가능하면서 위험은 최대한 낮게 하는 위험원 허용 원칙
AM	Automatic Mode	자동 운전 모드
ATO	Automatic Train Operation	자동열차운행장치
ATP	Automatic Train Protection	자동열차방호장치
ATS	Automatic Train Supervision	자동열차감시장치
EIE	Electronic Interlocking Equipment	전자연동장치
EM	Emergency Mode	비상 운전 모드
FAM	Full Automatic Mode	완전 무인 자동 운전 모드
HAZOP	HAZard and OPerability Study	위험과 운전 분석
MM	Manual Mode	수동 운전 모드
MMI	Man Machine Interface	운전자 화면 장치
NSTCS	Near Surface Train Control System	저심도 열차제어시스템
RAMS	Reliability, Availability, Maintainability and Safety	신뢰성, 가용성, 유지보수성 및 안전성
OCC	Operation Control Center	관제실
SC	Switch Controller	선로전환기 제어기
SIL	Safety Integrity Level	안전 무결성 수준
TCMS	Train Control and Management System	열차 제어 및 관리 시스템
YM	Yard Mode	기지 운전 모드

저 자 소 개



**조 봉 관 (曹 烽 管)**

1995년 3월 : 일본 게이오대학교 계측공학과(공학석사)  
 2011년 2월 : 한양대학교 전자통신전파공학과(공학박사)  
 1996년 12월~현재 : 한국철도기술연구원 선임연구원 재직

2002년 8월~2004년 8월 : 서울과학기술대학교 겸임교수  
 2014년 5월~현재 : 국토교통부 철도기술전문위원  
 <관심분야>  
 철도신호통신기술, 무인경전철기술, ICT/IoT/M2M기술  
 E-mail : bkcho@krri.re.kr



**박 기 준 (朴 基 俊)**

1987년 2월 : 아주대학교 기계공학과(공학사)  
 1989년 2월 : 아주대학교 기계공학과(공학석사)  
 2011년 8월 : 성균관대학교 기계공학과(공학박사)

1997년 1월~현재 : 한국철도기술연구원 광역도시철도시스템연구실 책임연구원 재직  
 <관심분야>  
 철도시스템 엔지니어링, 철도 차량 인터페이스, 신뢰성 분석  
 E-mail : kjpark@krri.re.kr



**임 석 우 (林 錫 友)**

1994년 2월 : 경원대학교 전자계산학과(공학사)  
 2005년 2월 : 숭실대학교 정보통신학과(공학석사)  
 2011년 4월~현재 : (주)한터기술 수석연구원 재직

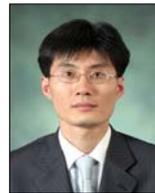
<관심분야>  
 철도시스템 엔지니어링, 소프트웨어 공학, 소프트웨어 품질/테스팅, RAMS  
 E-mail : limdol@htt.co.kr



**차 기 호 (車 基 浩)**

1985년 2월 : 서울시립대 전자공학과(공학사)  
 2012년 2월 : 서울과학기술대학교 전기신호공학과(공학석사)  
 1988년 7월~2013년 2월 : LS산전, 서울시 지하철건설본부, LG CNS, 고려개발

근무  
 2013년 3월~현재 (주)한터기술 시스템사업본부 전무재직  
 <관심분야>  
 철도시스템 엔지니어링, 철도 차량 인터페이스, 신호 플랫폼  
 E-mail : s2207@htt.co.kr



**오 귀 진 (吳 貴 鎭)**

1993년 2월 : 인하대학교 자동화공학과(공학사)  
 1993년 1월~1999년 12월 : LG산전 자동화사업부 철도신호부문  
 2005년 9월~2010년 11월 : 인천공항철도 시스템 T&C

2011년 6월~현재 : (주)한터기술 신호사업부 팀장 재직  
 <관심분야>  
 철도신호통신기술, 무인경전철기술  
 E-mail : okj69@htt.co.kr