ISSN 1975-8359(Print) / ISSN 2287-4364(Online)
The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers Vol. 66, No. 9, pp. 1379~1384, 2017
http://doi.org/10.5370/KIEE.2017.66.9.1379

# 열차 차상 통신용 소프트웨어의 사전 위험원 분석 연구

## Preliminary Hazard Analysis for Communication Software in Train Communication Network

임 현 재* · 차 기 호* · 송 규 연†
(Hyun-Jae Yim · Gi-Ho Cha · Gyu-Youn Song)

**Abstract** - To guarantee safety and reliability, RAMS(Reliability Availability Maintainability and Safety) activity for a communication software in train communication network is studied. In this paper, preliminary hazard analysis in RAMS activities is studied for the communication software. Preliminary hazard analysis is done through library for communication software that the specification is defined by IEC 61375. The hazards are defined, then causes and consequence for each hazard are defined. The total 36 preliminary hazards are classified. For high severity hazards are changed to acceptable level by upgrading of system requirement specification.

**Key Words** : Railway technology, On-board communication system, Train real time protocol, Hazard analysis, SIL2 certification

## 1. 서 론

철도시스템은 여러 개의 장치들이 서로 정보를 주고받아 주어진 임무를 수행하는 분산 처리 시스템이다. 열차 차상 내부에 열차를 운행 및 제어하기 위한 임무를 수행하기 위해 각종 장치들이 설치되고 각 장치는 정보를 교환하기 위해 통신을 사용한다. 열차 차상 내부에서 정보를 주고받는 기능을 표준화하기 위해 통신에 대한 구성을 표준화하고 표준화된 통신 구성상에서 데이터 교환을 위한 표준을 제정하였다[1,2].

표준에서 정한 내용은 장치들 간 데이터 교환을 위한 미들웨어에 대한 인터페이스 규격이다. 이 인터페이스 규격을 만족하는 소프트웨어를 개발하는데, 통신용 미들웨어는 안전과 관련된 동작을 수행하는 장치들 간의 데이터 교환이므로, 본 연구에서는 데이터 교환에 대한 안전성을 보장하고자 한다.

안전성 및 신뢰성을 객관적으로 보장하기 위해, 철도신호시스템을 개발하는 주체는 독립적인 기관으로부터 안전성 및 신뢰성에 대한 측도를 검증 받는다. 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 가장 높은 안전성을 제공하는 단계로 정의하였다[3,4]. 국내외에서 개발하고 있는 철도신호시스템에 대해 SIL 인증을 받기 위한 연구를 진행하고 있다[5,6].

지금까지 철도신호시스템에 대한 SIL 인증을 받는 기존 연구에서는 통신을 담당하는 소프트웨어 모듈은 안전성을 검증하는 대상에서 제외되고 블랙박스로 처리하였다[7-11]. 본 연구에서 통신을 담당하는 소프트웨어 모듈을 블랙박스로 처리하지 않기 위해, 통신을 담당하는 소프트웨어 내부 동작에 대한 안전성을 검증하고자 한다. 주어진 임무가 점점 복잡해지는 환경에서 통신 소프트웨어를 통해 데이터 송수신하면서 응용 프로그램이 임무를 수행하므로, 통신 소프트웨어의 안전성을 중요 시 간주하여야 하고, 면밀히 분석 하고자 한다.

본 논문에서는 개발하고 있는 열차용 국제 표준 통신 규격을 만족하는 통신용 소프트웨어에 대한 SIL2 인증을 받기 위해 수행하고 있는 RAMS 단계 중에서, 사전 위험원에 대한 분석 및 저감 방안을 연구하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 대상 시스템

IEC 61375에서는 열차 차상 내부 통신망 구조를 제안하였고, 제안된 통신 망 구조에서 단말 장치 간 데이터 교환을 위한 통신용 인터페이스를 제안하였다[1]. 그림 1은 IEC 61375 표준에서 정한 차상 내부 통신망 구조 및 단말장치(End Device, ED) 연결 방식이다. 단말장치는 편성 통신망(Consist Network)에 연결되고, 편성 통신망은 다시 Train Backbone Node(TBN)을 통해 열차백본망(Ethernet Train Backbone)에 연결되어 서로 데이터를 교환한다[1].

그림 1과 같은 통신망 구조에서 각 단말장치들은 열차 차상 내부에 있는 다른 모든 단말장치들과 데이터를 송신 및 수신한다. 제안된 통신용 인터페이스는 TRDP(Train Realtime Data

† Corresponding Author : Hunter Technology, Korea
E-mail:gysong@htt.co.kr
* Hunter Technology, Korea
Received : November 16, 2016; Accepted : August 8, 2017

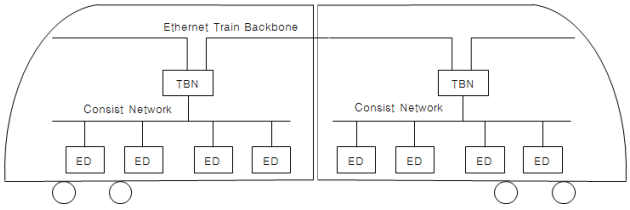


**그림 1** 열차 통신망 구조
**Fig. 1** Architecture of Train Communication Network

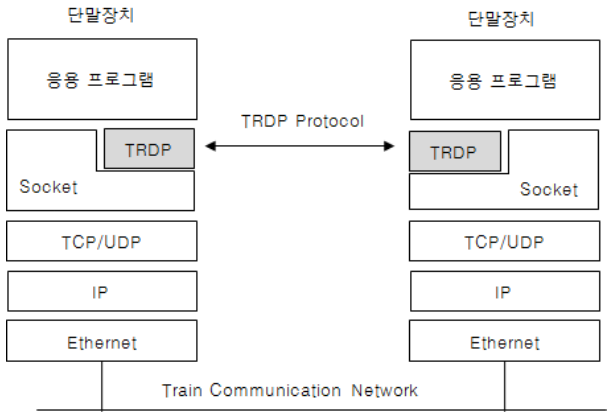


**그림 2** 차상 통신 계층에서 TRDP 구성
**Fig. 2** Architecture of TRDP in the On-Board Communication Layer

Protocol)이며 그림 2와 같은 구성을 가진다[2].

TRDP는 열차 차상에 설치되어 있는 장치들 간 데이터 교환을 지원해주는 통신용 미들웨어이다. TRDP는 응용 프로그램과의 Socket 사이에 위치하여, 응용 프로그램에게 통신 관련 기능을 요청받아 처리하고, 하단의 Socket과 협력하여 응용 프로그램으로부터 요청 받은 통신 기능을 최종적으로 통신선을 통해 상대편 통신 연결자에게 전달되도록 한다.

### 2.2 통신 모델

TRDP는 두 개 통신 방식을 지원한다. 첫 번째는 단말장치 간 주기적으로 교환하는 데이터를 처리하기 위한 Process Data 처리이다. 두 번째는 단말장치 간 필요 시 혹은 Event가 발생하면 데이터를 교환하기 위한 Message Data 처리이다.

1) Process Data 처리

Process Data에 속하는 정보는 예를 들면 상태 정보, 제어와 관련된 정보 등이다. Process Data를 처리하기 위한 주요 함수는 표 1에 나타나 있고, PD.publish 함수는 응용 프로그램에서 TRDP 계층으로 Process Data를 전달할 때 사용하는 함수이다.

그림 3은 Process Data를 처리하는 통신 규격을 나타낸다. 응용 프로그램에서 Process Data를 송신하는 경우, PD.publish를 호출하고 PD.putData를 통해 원하는 목적지로 데이터를 송신한다. Process Data를 수신하는 경우에는 응용 프로그램에서 PD.subscribe를 호출하여 원하는 Process Data를 수신하기를 요청한다. TRDP 계층들끼리 Process Data를 처리하여 응용 프로

**표 1** Process Data 처리용 함수
**Table 1** Service Function for Process Data

| 함수 | 인터페이스 | 기 능 |
|---|---|---|
| PD.publish | 응용프로그램 → TRDP 계층 | 응용 프로그램에서 TRDP 계층으로 Process Data를 전달. |
| PD.putData | 응용프로그램 → TRDP 계층 | 응용 프로그램에서 TRDP 계층으로 Process Data를 전달. |
| PD.request | 응용프로그램 → TRDP 계층 | 응용 프로그램에서 새로운 Process Data를 요청. |
| PD.subscribe | 응용프로그램 → TRDP 계층 | 응용 프로그램에서 요구되는 Data를 수신하기 위해 TRDP 계층에게 등록. |
| PD.indicate | 응용프로그램 ← TRDP 계층 | TRDP 계층에서 새로운 Data를 수신하면 응용 프로그램에게 통보. |
| PD.poll | 응용프로그램 → TRDP 계층 | 응용 프로그램에서 새로운 Process Data가 수신되었는지를 확인. |

**표 2** Message Data 처리용 함수
**Table 2** Service Function for Message Data

| 함수 | 인터페이스 | 기 능 |
|---|---|---|
| MD.request | 응용프로그램 → TRDP 계층 | 응용 프로그램에서 TRDP 계층으로 Message Data를 요청. |
| MD.indicate | 응용프로그램 ← TRDP 계층 | TRDP 계층에서 응용 프로그램에게 새로운 Message Data가 수신 되었다는 것을 통지. |
| MD.confirm | 응용프로그램 → TRDP 계층 | 응용 프로그램에서 TRDP 계층으로 Confirm 송신 요청. |
| MD.abort | 응용프로그램 → TRDP 계층 | 응용 프로그램에서 열려진 작업을 중지하도록 요청 |
| MD.indicate | 응용프로그램 ← TRDP 계층 | TRDP 계층에서 Message Data를 수신하면 응용프로그램에게 통보. |
| MD.Reply | 응용프로그램 → TRDP 계층 | 응용 프로그램에서 Reply 송신 요청 |
| MD.Release | 응용프로그램 ← TRDP 계층 | TRDP 계층에서 수신한 Confirm을 응용 프로그램 에게 전달 |

그램에게 PD.indicate를 통해 수신할 Data가 있다는 것을 알려주면 응용 프로그램은 PD.poll을 통해 수신된 데이터를 가져온다.

2) Message Data 처리

Message Data 처리는 단말장치 간 정보를 주고받는 방식에서 정보를 필요할 시 혹은 Event 발생 시 송수신하는 Message Data를 처리하기 위한 함수이다. 예를 들면 고장 정보, 프로그램을 갱신 등을 전송하기 위한 처리 방식이다. Message Data를 처리하기 위한 주요 함수는 표 2에 나타나 있고, MD.request 함수는 응용 프로그램에서 TRDP 계층으로 Messages Data를 요청할 때 사용하는 함수이다.

### 2.3 위험원 평가 및 허용 기준

TRDP에서 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.

TRDP에 대한 위험도 발생 빈도 분류 기준, 위험도 심각도 분류 기준 및 위험도 평가 및 허용 기준은 EN50126 규격을 참조하여 작성하였다[3].

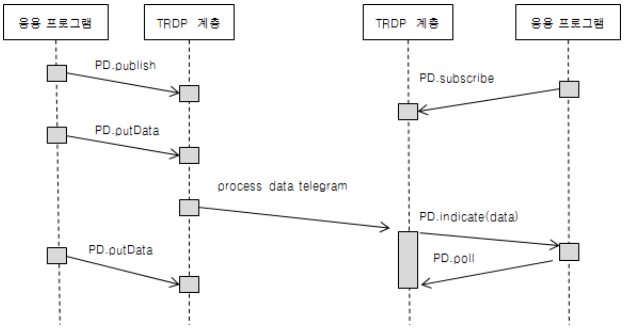


**그림 3** Process Data에 대한 통신 규격
**Fig. 3** Protocol for Process Data

**표 4** Process Data 처리에 대한 위험원
**Table 4** Hazards of Process Data

| Reference No. | Basic Function | Hazard Description | Causes | Consequence | Initial Risk | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Freq. | Sev. | Risk |
| PHA-1 | Process Data 송수신 기능 | 기능이 규격에서 정한대로 수행되지 않음 | 규격 미 준수 | 주기적으로 제어 정보를 송수신하지 못하거나, 잘못된 정보를 수신하여 열차제어가 정상적으로 되지 않아 열차가 정지 되거나 고장이 발생함 | 4 | B | Undesirable |
| PHA-2 | TRDP가 수행되기 전에 기능이 초기화 | TRDP 기능이 수행되기 전에 Thread 관련 기능이 초기화 되지 않음 | 함수 호출 순서 오류 | 단말 장치 간 제어 데이터를 주고 받지 못 하거나, 잘못된 정보를 수신하여 열차제어가 정상적으로 되지 않아 열차 정지됨 | 4 | C | Tolerable |
| PHA_3 | Trigger 조건이 만족되는 경우에만 기능 수행 | Ethernet 통신을 통해 외부로부터 수신한 데이터가 없는데 응용 프로그램에게 데이터를 전달 함 | 수신 데이터 통신 오류 | 잘못된 데이터를 가지고 열차를 제어함으로써 열차가 정지 되거나 고장이 발생 함 | 5 | C | Negligible |
| PHA-4 | 소프트웨어가 시스템을 위험한 상태로 이동 시키지 않음 | TRDP 소프트웨어가 수행하면서 Bus Error가 발생함 | 변수에 대한 주소 값 오류 | 데이터를 정상적으로 전달하지 못하여 열차가 정지 되거나 고장이 발생 함 | 4 | B | Undesirable |

### 2.4 사전 위험원 분석 방식

TRDP에 대한 사전 위험원 분석 절차는 다음과 같다. TRDP에 대한 사전 위험원 분석은 TRDP 소프트웨어 설계 이전에 초기에 도출한 TRDP 소프트웨어 요구 규격서에 기술 된 소프트웨어 기본 기능을 대상으로 발생 가능한 위험원을 확인하고, 확인된 위험원의 원인, 결과를 정의하며 발생빈도 및 결과에 따른 위험도 평가를 실시한다. 이러한 위험도 평가결과를 근거로 위험원을 제

**표 3** 사전 위험원 분석 형식
**Table 3** 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 |

거하거나 허용 가능한 수준으로 경감시키기 위한 예방 대책 및 조치방안을 정의하였다. TRDP 사전 위험원 분석은 위험원 분석 및 운영성회의(HAZOP)상에서 이루어졌다. 사전 위험원 분석 관련된 소프트웨어 품질 항목은 Accuracy, Capacity, Functionality, Reliability, Robustness, Safety 및 Security 이다[12]. TRDP 소프트웨어는 미들웨어로서 하드웨어와 직접 인터페이스하지 않기 때문에 Accuracy, Capacity는 해당 사항이 없고, TRDP 소프트웨어가 장치가 데이터 교환을 담당하기 때문에 Security도 해당 사항이 없다. 이 연구에서는 Functionality, Reliability, Robustness 및 Safety 관련 사전 위험원을 분석하였다.

그리고 TRDP 소프트웨어는 그림 2와 같이 시스템 전체를 제어하는 프로그램이 아니고, 데이터 통신 관련 Library 형태의 프로그램이므로, 고장이 발생했을 때 자기 스스로 복구하는 기능, 시스템 단계에서 고장이 발생했을 때 시스템을 안정된 상태로 복구하는 기능은 지원할 수 없으므로, 이러한 기능에 대해서도 사전 위험원 분석을 제외하였다.

사전 위험원 분석은 체계성 및 편의성을 위하여 적합하게 정의된 분석 양식을 사용하였고, TRDP에 대한 사전 위험원 분석을 위하여 정의될 분석양식지의 입력 항목 및 설명은 표 3과 같다.

**표 5** TRDP 소프트웨어의 사전위험원 분석 요약
**Table 5** Summary of Preliminary Hazard Analysis for TRDP Software

| Item | Initial Hazard | Remaining Hazard |
|---|---|---|
| Intolerable | 0 | 0 |
| Undesirable | 4 | 0 |
| Tolerable | 27 | 14 |
| Negligible | 5 | 22 |
| Total | 36 | 36 |

### 2.5 사전 위험원 분석 결과

표 4는 Process Data를 처리하는 기능에 대한 사전 위험원을 분석한 사례이며, Data 송수신 기능, 초기화 기능에서 규격대로 동작하지 않거나 초기화 이전에 관련 기능이 수행되는 경우 발생하는 위험원에 대해 분석한 결과를 나타낸다.

이 중 바람직하지 않은 (Undesirable) 기준을 초과하는 위험원은 4개이었다. Process Data 및 Message Data 처리 기능에 대한 사전 위험원을 분석한 결과, 표 5와 같이 부적절한(Undesirable) 위험이 4개 존재하고, 허용 가능한(Tolerable) 위험이 27개 존재하였다. 본 논문에서는 사전 위험원 보완 내용 중, Process Data 처리 기능에 대해 보완한 내용을 기술한다.

표 6과 같이 Process Data 처리 기능에 대한 위험원에 대해서는 규격 준수, Thread, Memory, 및 Ethernet 관련 기능 수행 전에 초기화 상태를 확인하는 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 고 찰

열차 차상 내부 통신용으로 설계된 TRDP 소프트웨어가 안전한지를 확인하고, 안전하면 얼마나 안전한지를 세밀하게 평가하기 위해 제안된 TRDP 요구 규격에 대한 사전 위험원 분석을 연구하였다. 표준 규격에서 정해 놓은 절차에 따라 분석해 본 결과, 바람직하지 않은 기준을 초과하는 위험원이 발견 되었다. 발견된 잠재 위험원에 대해서는 위험원을 저감시킬 수 있는 방안을 고안하여 시스템 요구 사항에 반영함으로써, TRDP에서 데이터 교환에 대한 안전성을 증대시킬 수 있는 발판을 마련하였다.

**표 6** TRDP 기능에 대한 사전위험원에 대한 보완 내용
**Table 6** Requirements for Preliminary Hazard of TRDP

| Reference No. | Intial Risk | | | Requirements | Residual Risk | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Freq. | Sev. | Risk | | Freq. | Sev. | Risk |
| PHA-1 | 4 | B | Undesirable | PD.publish, PD.putData, PD.request, PD.subscribe, PD.indicate, PD.poll 기능이 규격대로 동작되어야 한다. | 5 | C | Tolerable |
| PHA-2 | 4 | C | Tolerable | Thread가 Main Program을 수행하기 전에 Thread 초기화 상태를 확인하여야 한다. | 5 | C | Negligible |
| PHA-3 | 5 | C | Negligible | Socket 계층으로부터 데이터가 수신 되었다는 정보를 받았을 때만 수신 데이터 통지를 수행하여야 한다. | 6 | C | Negligible |
| PHA-4 | 4 | B | Undesirable | 변수의 주소 값이 유효한 주소 값을 벗어나지 않도록 하여야 한다.<br>Memory에 대한 allocation, free 기능을 사용하지 않는다. | 5 | B | Tolerable |
| PHA-5 | 4 | C | Tolerable | 운영체제가 보내는 Timeout이 경과되었다는 이벤트를 누락 없이 수신하여야 한다. | 5 | B | Tolerable |
| PHA-6 | 4 | C | Tolerable | 모든 전환이 규격에 맞게 전환되고, 모드 별 수행 업무가 정상적으로 처리되어야 한다. | 5 | C | Negligible |

## 3. 결 론

본 논문에서는 철도 신호 시스템이 분산 시스템으로 구성되어 여러 장치들이 통신을 통해 데이터를 주고받으면서 협업하여 주어진 임무를 처리하는 구조인데, 시스템에 대한 안전성을 분석하면서, 제외 되었던 통신 소프트웨어에 대한 안전성을 분석하였다. 열차 차상 장치 간 데이터 교환을 위한 TRDP 소프트웨어에 대해 SIL2 인증을 받기 위한 RAMS활동 중 사전 위험원 분석을 연구하였다. 사전 위험원을 분석한 결과 총 36개의 잠재 위험원이 발견되었다. 발견된 사전 위험원을 저감시킬 수 있는 방안으로 시스템 요구 사항을 보완하는 방안을 제시하였다. 시스템 요구 사항을 보완하여 TRDP 소프트웨어가 SIL2 인증을 받을 수 있는 첫 번째 단계를 완료하였다.

향후 계획으로는 TRDP 소프트웨어에 대한 SIL2 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 “철도차량 배선절감을 위한 TCN 기술개발” 연구지원(17RTRP-B103466-03)에 의해 수행되었습니다.


## References


[1] IEC, “IEC 61375-1: Electronic railway equipment - Train communication network(TCN) - Part 1: General architecture," 2012.

[2] IEC, “IEC 61375-2-3: Railway Applications - Electronic railway equipment - Train communication network (TCN) - Part 2-3: TCN communication profile," 2015.

[3] EN50126, "Railway applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety(RAMS)," 1999.

[4] EN50128, "Railway applications - Communication, signaling and processing systems - Software for railway control and protection systems," 2011.

[5] D. H. Ahn, S. Han, K. K. Shin, J. J. Kim, “Introduction of certify process for TMS SIL#2 system,” Proceeding of the Korean Society for Railway, pp. 848-856, 2014.

[6] 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.

[7] B. K. Cho, K. J. Park, S. W. Lim, G. H. Cha, K. J. Oh, "Preliminary Hazard Analysis for Near Surface Transit Signal System," The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 64P, No. 3, pp. 97-103, 2015

[8] T. W. Gu, “A novel approach supporting evaluation of software Safety Integrity Level on embedded systems,” Proceedings of Information Science and Service Science (NISS), 2011 5th International Conference on New Trends in, pp. 140-145, 2011.

[9] A. Ceccarelli, I. Majzik. D. Iovino, F. Caneschi, G. Pinter, A. Bondavalli, "A Resilient SIL2 Driver Machine Interface for Train Control Systems," Proceedings of Computer Systems, 2008. DepCos-RELCOMDEX '08. Third International Conference on, pp. 365-374, 2008.

[10] T. Fujiwara, J. M. Estevez, Y. Satoh, S. Yamada, “A calculation method for software safety integrity level,” Proceedings of the 1st Workshop on Critical Automotive applications: Robustness & Safety, pp. 31-34, 2010.

[11] S. Connelly, H. Becht, “Developing a methodology for the use of COTS operating systems with safety-related software,” ASSC '11 Proceedings of the Australian Systems Safety Conference - Vol. 133, pp. 27-36, 2011.

[12] J. D. Lawrence, “Software Safety Hazard Analysis,” UCRL-ID-122514, 1995.


## 약 어

| 약어 | 영문 용어 | 설 명 |
|---|---|---|
| ALARP | As Low As Reasonable Practicable | 합리적으로 실행 가능하면서 위험은 최대한 낮게 하는 위험원 허용 원칙 |
| HAZOP | HAZard and OPerability Study | 위험성 평가 |
| IP | Internet Protocol | 인터넷에서 사용하는 표준 프로토콜로서 네트워크 계층 3을 위한 프로토콜 |
| RAMS | Reliability, Availability, Maintainability and Safety | 신뢰성, 가용성, 유지보수성 및 안전성 |
| SIL | Safety Integrity Level | 안전 무결성 수준 |
| TCP | Transport Control Protocol | 인터넷에서 사용하는 표준 프로토콜로서 네트워크 계층 4를 위한 프로토콜<br>네트워크의 정보 전달을 통제하는 프로토콜 |
| TRDP | Train Realtime Data Protocol | IEC 61375 표준 규격 |
| UDP | User Datagram Protocol | 인터넷에서 사용하는 표준 프로토콜로서 네트워크 계층 4를 위한 프로토콜<br>단문 메시지 교환용 프로토콜 |

**임 현 재 (Yim-Hyun Jae)**

1987년 2월 : 충남대학교 계산통계학과 (이학사)
1990년 2월 : KAIST 전산학과(공학석사)
1990년 1월~1998년10월 : LG전자, LG CNS 재직
1998년 11월~현재 : (주)한터기술 연구소 기술이사 재직
〈관심분야〉 철도시스템 제어, 통신 시스템
Tel : 02-2108-2200
E-mail : jayi@htt.co.kr

**차 기 호 (Gi-Ho Cha)**

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, 신호플랫폼
Tel : 02-2108-2200
E-mail : s2207@htt.co.kr

**송 규 연 (Gyu-Youn Song)**

1985년 2월 : KAIST 전기및전자공학과 (공학석사)
1989년 8월 : KAIST 전기및전자공학과 (공학박사)
1985년 2월~1999년5월 : LG전자
1999년 5월~현재 : (주)한터기술 연구소 상무이사 재직
〈관심분야〉 철도신호기술, 철도통신기술, ICT/IoT 기술
Tel : 02-2108-2200
E-mail : gysong@htt.co.kr