

# ETCS Level 3 기반 화물 열차 무결성 검지 시스템 구현에 관한 연구

곽 동 용\*, 조 한 벽°, 오 현 서\*, 전 치 훈\*, 박 주 훈\*\*

## A Study on Implementation of ETCS Level 3-Based Freight Train Integrity Monitoring System

Dong yong Kwak\*, Hanbyeog Cho°, Hyun seo Oh\*, Chi-noon Jun\*, Ju-hun Park\*\*

### 요 약

첨단의 철도 운영 시스템은 ETCS L3 기술을 필요로 한다. ETCS L3 시스템의 가장 핵심적인 기술은 선로에 설치된 궤도회로의 도움 없이 주행 중인 열차의 현재 위치와 상태를 지속적으로 감시하는 열차 무결성 검지 기술이다. 화물차를 제외한 일반 열차는 각 차량마다 전력 공급이 가능하고, 고정 편성으로 운영되어 ETCS L3 기반 열차 무결성 검지 기능을 수행하는 해결안이 존재한다. 그러나 화물 열차는 일반 열차와 달리 기관실에만 전력이 공급되고 비고정 편성으로 운영되는 특징으로 인해 화물 열차에 특화된 새로운 ETCS L3 기반 열차 무결성 검지 방법이 필요하다. 본 논문에서는 ETCS L3 기반 화물 열차의 무결성 검지 기능 실현을 위한 사용자 요구사항과 시스템 구조 및 시스템 구현을 제시하였고, 화물 열차의 차량 분리를 검지하는 알고리즘을 제안하였다. 그리고 화물 열차 무결성 검지 시스템을 실제 화물 열차에 장착하여 성능 분석을 수행하였으며, 성능 분석 결과 제안된 시스템이 화물 열차의 열차 무결성 검지 시스템으로 적용될 수 있음을 확인하였다.

**Key Words** : ETCS, KTCS, Train Circuit, Moving Authority, Train Integrity Monitoring

### ABSTRACT

Advanced railway operating systems need the ETCS Level 3. Train integrity monitoring, which is the core function in achieving ETCS L3 technology, provides the continuous monitoring of the current position and state of a running train without full dependency of track-side equipment. Technical solutions for passenger trains based on fixed train formation exist even in present systems, but freight trains do not have a feasible solution because they do not provide an electrical power supply to other vehicles except the rear-end vehicle of train and they are running under non-fixed train formation. This paper presents system requirements, system architecture and system implementation for freight train integrity monitoring and proposes an algorithm for train separation detection. In addition, we have performed several tests for our train integrity monitoring system on real freight train. The test results showed our system is a feasible solution for freight train integrity monitoring.

※ 본 논문은 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받은 철도기술연구사업(20RTRP-B145987-03)의 일환으로 수행되었습니다.

• First Author : ETRI, dykwak@etri.re.kr, 책임연구원, 정회원

° Corresponding Author : ETRI, hbcho@etri.re.kr, 책임연구원, 정회원

\* ETRI, hsoh5@etri.re.kr, chjun@etri.re.kr, 책임연구원, 정회원

\*\* 한국철도공사, parkju@korail.com, 책임연구원

논문번호 : 202007-148-C-RE, Received July 8, 2020; Revised July 29, 2020; Accepted July 29, 2020

## 1. 서론

유럽의 열차 제어 시스템인 ETCS (European Traffic Control System)은 열차제어 정보를 수신하는 방법과 신호변 장치 구성 방식에 따라 ETCS L1, L2, L3 세 개의 레벨로 구분된다<sup>1)</sup>.

국내에서는 ETCS L2와 호환이 가능한 한국철도제어시스템 KTCS (Korean Train Control System)의 개발에 이어서 자동운전을 지원하는 KTCS L3급 KTCS L3 고속철도용 열차제어 시스템의 연구가 진행 중이다<sup>2)</sup>.

ETCS L1과 L2는 선로에 설치된 궤도회로 (Train Circuit)를 이용하여 열차 위치를 검지하고, 고정폐색 (Fixed Block)을 기반으로 이동권한을 결정한다. ETCS L3는 궤도회로의 설치 없이 열차에서 송신한 위치 정보를 이용하여 열차의 위치를 검지하고, 이동폐색 (Moving Block) 개념을 적용하여 이동권한 (Moving Authority)을 결정한다.

궤도회로는 열차가 운행하는 선로에 전기회로를 구성하여 열차 유무를 검지하고 열차운행에 필요한 정보를 지상에서 차상으로 전송함으로써, 열차점유 유무를 검지하는 신호 제어 목적으로 사용된다. 이동권한은 기반 구조의 제한 내에서 열차가 특정 위치로 이동하는 것에 대한 허용권한을 의미한다. 고정 폐색은 열차의 간격을 제어하기 위해서 물리적으로 고정된 폐색이며, 전방 폐색구간에 열차가 점유하지 않았을 때 진입한다. 이에 비해 이동 폐색은 열차 상호의 속도와 위치에 따라 연속적으로 폐색 구간을 이동시켜 열차 간격을 제어하는 방식이다. 표 1은 ETCS의 세 개의 레벨을 구분하는 주요 특징을 나타낸다.

그림 1은 ETCS L1, L2, L3에서 사용하고 있는 열차의 현재 위치 검지 및 이동권한 생성 과정을 보여준다.

ETCS L3는 열차의 위치 정보를 제공하는 궤도회

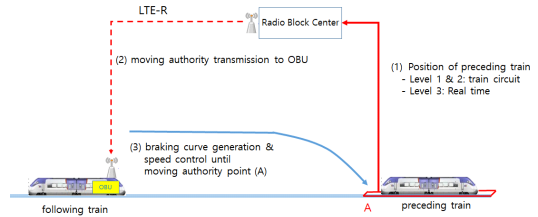


그림 1. 열차 위치 검지 및 이동권한 생성 절차  
Fig. 1. Train Position Monitoring and Moving Authority Generation Procedure

로가 선로에서 제거되어 설치비용이 절감되고, 그림 1에서 (3)번의 이동권한을 이동폐색 개념을 적용하여 열차 간 안전 운행 거리를 최소화함으로써 열차의 수송 능력을 증대한다. 이런 수송 능력의 증대와 함께 열차 간 안전 운행 거리의 최소화를 위해서는 열차의 운행 상황을 지속적으로 감시하여 운행 중인 열차의 분리와 같은 위험한 상황을 신속하게 인지하는 열차 무결성 검지 기능이 필요하다.

화물차를 제외한 일반 열차는 고정편대이고 각 차량마다 전원이 공급되어 인접 차량 간 루프 형태로 전원선의 연결이 가능하고, 이 전원선이 열차 분리 신호선으로 이용된다. 따라서 일반 열차에서 운행 중에 사고로 차간 연결기가 분리되면 열차 분리 신호선이 끊어지게 되어 열차 분리 상황을 검지할 수 있다. 이에 반하여 화물용 전기기관차나 디젤기관차는 비고정 편대로 운영이 되고, 전원이 선두 차량에만 공급되어서 인접 차량 간 전원이 필요 없는 제동관이 연결된다. 그러므로 화물 열차에서 차량이 분리되면, 열차를 구성하는 차량 간에 연결된 제동관이 파열되어 압력이 급격히 떨어지고, 제동관 표시계의 눈금이 떨어지게 되어 기관사는 열차의 분리 상황을 확인할 수 있다.

그러나 일부 화물 열차에서는 차량 분리로 인해 제동관의 압력이 낮아 졌을 때 제동관의 공기를 채우는 충기 속도가 신속하게 이루어 저서 제동관 표시계의 눈금 변화가 인지되지 않아 실제로 열차가 분리된 상태에서 상당 시간 동안 운행된 사례도 발생한다.

ETCS L3에서는 궤도회로 없이 최대 350 km/h의 열차 운행 속도를 목표로 하고 있어서 열차가 분리 되었을 경우 신속하게 검지되지 않으면 후속열차와 충돌 등 운행 장애를 발생시키므로 화물 열차에 특화된 새로운 열차 분리 검지 방법이 필요하다<sup>3)</sup>.

본 논문에서는 ETCS L3 기반 화물 열차의 무결성 검지 시스템 구현을 위한 시스템 요구사항과 시스템 구조를 제시하고, 화물 열차의 차량 분리 검지를 위한 알고리즘을 제시한다. 그리고 열차 무결성 검지 시스

표 1. ETCS 레벨 특징  
Table 1. ETCS Level Characteristics

	Level 1	Level 2	Level 3
train control block	Fixed Block	Fixed Block	Moving Block
Information transfer	Balise transmission	Radio Transmission	Radio Transmission
Train Circuit	O	O	X
Railway Signal	O	O or X	X

템을 실제 화물 열차에 장착하여 성능 분석을 수행하고, 화물 열차의 열차 분리를 검지하는 방법으로 제안한 열차 무결성 검지 시스템의 적용 가능성을 확인하고자 한다.

## II. 열차 무결성 검지 시스템 구현

이 절에서는 KTCS L3 기반 열차 무결성 검지 시스템을 화물 열차에 적용하는데 있어서 시스템이 가져야 할 주요 요구사항을 분석하고, 요구 사항을 기반으로 시스템의 개념적인 구조와 열차 무결성 검지를 위한 알고리즘을 제시한다. 그리고 개발 시스템의 시제품의 주요 하드웨어 구성에 대해서 살펴보고자 한다.

### 2.1 시스템 요구 사항

열차의 기관실에만 전력이 공급되고 열악한 환경에서 운영되는 특징을 가진 화물열차에 적용될 KTCS L3급 열차 무결성 검지 시스템 구현을 위해서 다음과 같은 요구사항을 고려하였다<sup>4,5)</sup>.

- 열차 무결성 검지 시스템은 열차의 차장(전체 길이) 파악할 수 있어야 한다.
- 열차 무결성 검지 시스템은 열차의 현재 위치와 속도를 파악할 수 있어야 한다.
- 열차 무결성 검지 시스템은 열차의 차장길이 변화를 실시간으로 파악할 수 있어야 한다.
- 열차 무결성 검지 시스템은 최소 24시간 이상 지속될 수 있는 배터리 생명을 지원해야 한다.
- 열차 무결성 검지 시스템은 전체 중량이 5kg 이내이어야 한다.

### 2.2 시스템 구조

제안된 열차 무결성 검지 시스템은 설치되는 위치 및 역할에 따라 그림 2와 같이 열차의 선두 차량에 설치되는 TIFD (Front-end Device for Train Integrity monitoring) 장치와 열차의 후미 차량에 설치되는 TIRD (Rear-end Device for Train Integrity monitoring) 장치 2개로 구성된다. TIFD 장치는 두 개의 통신 인터페이스 (LTE-R, LoRa), GPS, Brake Pipe (제동관 점접 인터페이스), 그리고 이 모든 장치들을 제어 관리하는 제어 프로세스로 구성된다.

TIRD 장치는 자체 전력 공급을 위해 배터리가 추가되고, 제동관 점접 인터페이스 모듈이 제외된다.

각 장치 별로 설치된 두 개의 통신 인터페이스에서

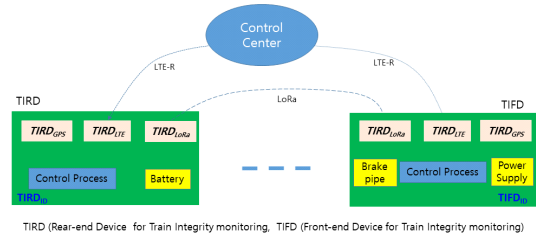


그림 2. 열차 무결성 검지 시스템  
Fig. 2. Train Integrity Monitoring System

LoRa는 TIFD와 TIRD 간에 직접 통신으로 연결되고, LTE-R은 제어 서버를 통해 TIFD와 TIRD 간에 간접 통신으로 연결된다. 후미 차량의 TIRD에서는 1초 간격으로 전송 시점과 현재 위치 정보를 담은 메시지를 선두차량의 TIFD에게 신뢰성 있게 전달하기 위해 두 개의 LoRa와 LTE-R을 통해 동시에 전송한다. 각 장치 별로 설치된 GPS는 열차의 현재 위치와 시간을 추정하는데 사용된다. TIFD 장치에서 제동관 점접 인터페이스는 전 차량에 걸쳐 연결된 제동 파이프내의 공기압의 변화를 점접정보 (온, 오프) 형태로 자동 감지하며, 도토티드 형태로 메인보드에 장착된다.

### 2.3 열차 무결성 검지 알고리즘

시스템 요구사항과 시스템 구조를 고려한 열차 무결성 검지 알고리즘은 그림 3과 같이 열차의 후미 차량에서 동작되는 TIRD 프로세스와 그림 4와 같이 열차의 선두 차량에서 동작되는 TIFD 프로세스로 구성된다. TIRD 프로세스는 초기화 작업을 수행한 후 열차 운행 중에 GPS 데이터를 수신한다. TIRD 프로세스는 GPS로부터 위치정보 수신 시간과 후미차량의 현재 위치 관련 데이터를 수집하고, 이 데이터를 LTE-R과 LoRa 통신 인터페이스를 통해 열차의 선두 차량에 설치된 TIFD 장치에게 송신한다. GPS 수신과 데이터 송신은 일정한 주기로 반복 지속된다.

열차의 선두 차량에 설치되는 TIFD 프로세스는 출발 전에 동일 열차의 후미차량에 설치된 TIRD 프로세스와 페어링을 수행하고 기관사나 제어센터로부터 열차를 구성하는 전체 차량의 대수 (NTV: Number of Total Vehicles) 와 차량 한 대의 길이 (VL : Vehicle Length), 열차 분리 검지에 관련된 정보를 수신한다. 그리고 NTV와 VL를 이용하여 실제 열차 길이 (RTL: Real Train Length)를 식 (1)를 통해 계산하고, 최대 거리 추정 에러 값  $\tau$ 와 RSSI (Received Signal Strength Indication) 임계값  $T\_RSSI$ 를 설정한다.

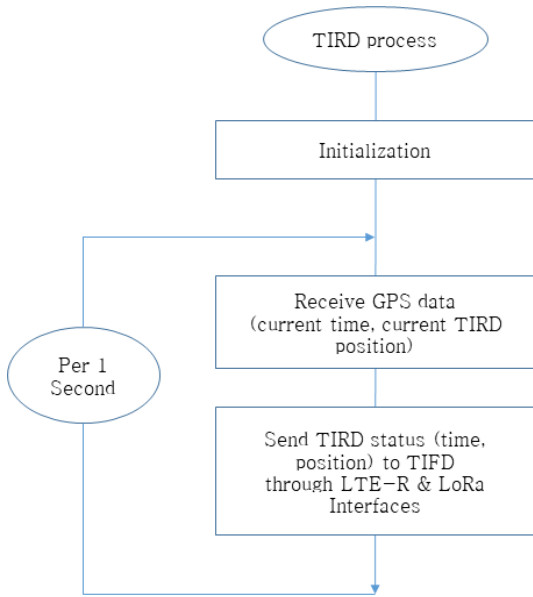


그림 3. 후미차량의 열차 무결성 감지 프로세스  
Fig. 3 Process of rear-end device for train integrity monitoring

리 유무를 판단하기 위해서 사용된다. TIFD 프로세스는 매 1초 간격으로 TIRD에서 전송한 위치정보와 수신 시간, TIFD GPS 에서 수신한 위치정보와 수신시간을 저장한다. 그리고 일정 주기로 두 개의 평균 RSSI 값 P\_RSSI (Previous average RSSI), C\_RSSI (Current average RSSI)을 계산하여 저장한다.

GPS 수신에 양호한 개활지에서 열차가 운행되는 경우 TIRD에서 전송한 위치정보 수신 시간과 TIFD GPS 프로세스에서 저장한 위치정보 수신 시간이 일치하는지 확인한다. 일치하는 경우 일치 시점 t에서 현재 열차 길이 CTL (Current Train Length)을 계산한다. 현재 열차 길이는 CTL은 TIFD 위치에서 TIRD 위치를 뺀 값이 되며, 계산식은 식 (2)와 같다.

$$CTL(t) = TIFD(t).position - TIRD(t).position \quad (2)$$

열차 분리 유무를 판단하기 위해서 식 (1)에서 계산된 RTL 값에 최대 거리 추정 에러 값  $\tau$ 를 더한 값과 식 (2)에서 계산된 CTL(t) 값을 비교한다.

$$\begin{aligned} &\text{if } (CTL(t) \geq (RTL + \tau)) \text{ train separation} \\ &\text{else normal state} \end{aligned} \quad (3)$$

식 (3)의 비교 결과 CTL(t) 값이 (RTL+ $\tau$ ) 값 보다 크거나 같으면 열차 분리로 판단하고, 그렇지 않은 경우는 정상 상태로 판단한다.

열차가 터널 구간에서 운행되는 경우 식(4)와 같이 현재의 주기 w번째에 계산된 평균 RSSI 값 C\_RSSI(w)와 전 주기 (w-1)번째에 계산된 평균 RSSI 값 P\_RSSI(w-1) 간 차이 값 D\_RSSI(w)를 계산한다.

$$D\_RSSI(w) = C\_RSSI(w) - P\_RSSI(w-1) \quad (4)$$

C\_RSSI와 P\_RSSI의 평균 값 계산은 매초 측정된 RSSI 값을 누적하여 일정 주기로(3-5 초) 누적하여 평균값을 계산한다.

열차 분리 유무는 식 (4)에서 계산된 D\_RSSI(w) 값과 RSSI 임계 값 T\_RSSI 값을 비교한다.

$$\begin{aligned} &\text{if } (D\_RSSI(w) \geq T\_RSSI) \text{ Train separation} \\ &\text{else Normal state} \end{aligned} \quad (5)$$

식 (5)의 비교 결과 D\_RSSI(w) 값이 T\_RSSI 값 보다 크거나 같으면 열차 분리로 판단하고, 그렇지 않은 경우는 정상 상태로 판단한다.

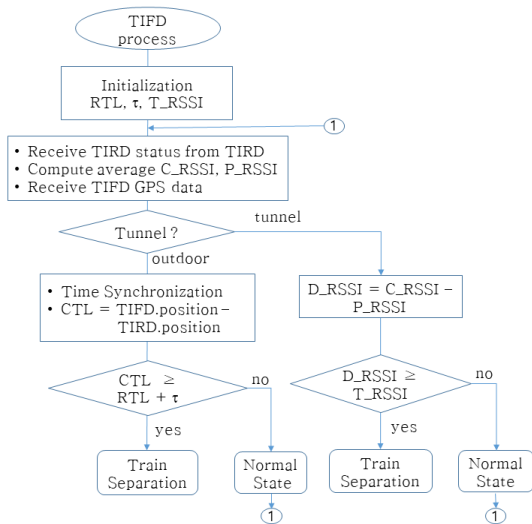


그림 4. 선두차량의 열차 무결성 감지 프로세스  
Fig. 4. Process of front-end device for train integrity monitoring

$$RTL = NTV * VL \quad (1)$$

여기서 최대 거리 추정 에러 값  $\tau$ 는 열차 운행 중에 측정을 통해 추정할 수도 있고, GPS의 최대 위치 허용 오차 값을 이용하여 추정할 수도 있다. 임계값 T\_RSSI는 터널과 같은 GPS 음영지역에서 열차의 분

실제로 열차 분리는 매우 중대한 사건으로 한 번의 비교 결과로 열차 분리를 판단하는 것은 쉽지 않다. 따라서 몇 번 이상의 메시지 수신을 통해 열차 분리에 대한 최종 판단을 시행한다. 이 외에도 제동관 점접 인터페이스 상태나 측등 등 열차 분리를 판단할 수 있는 여러 가지 사건들을 종합하여 기관사가 최종적으로 열차 분리를 결정한다.

### 2.4 하드웨어 구성

그림 5는 열차 무결성 검지 시스템의 하드웨어 시제품으로서 초기 실험을 위해 TIFD와 TIRD장치는



그림 5. 열차 무결성 검지 장치 하드웨어 구성  
Fig. 5. Hardware Structure for Train Integrity Monitoring

표 2. 하드웨어 규격  
Table 2. Hardware Specification

Item	Specification
GPS	Satellite: GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo Dead Recokoning NEO-M8U Signal: latitude, longitude, speed, time, etc.
LoRa Interface	900 MHz BW, ISM Band
LTE-R Interface	700 MHz BW, FDD-LTE B1/B3/B5/B6/B7/B8/B28 Dual Band HSDPA/HSPA+B1/A5
Data Transfer	LTE Category 4: Uplink up to 150 Mbps, Downlink up to 50 Mbps
MCU	ARM3358
Interface	Ethernet: 100 Base-T Serial: RS232/RS422/RS485 SIM: Micro SIM Micro USB
Power	AC/DC Adaptor (5V DC, 3A) Li Polymer Battery (3.7 DC, 20,000 mAh)

동일하게 제작되었다.

현장에 적용될 실제 하드웨어 시스템은 TIFD의 배터리 부분이 기관실의 전원장치에 연결되는 형태로 대체되어야 하고, 제동관 점접 인터페이스는 도터 보드 형태로 구성된다. <표 2>는 하드웨어 시제품에 사용된 주요 항목에 대한 사양을 나타낸다.

### III. 성능 분석 결과

열차 무결성 검지 장치의 성능 시험은 대전 조차장(부강역)과 충북 제천역 구간에서 운행되는 화물 열차를 대상으로 수행되었으며, 시험 조건은 다음과 같다.

- 시험 구간 : 부강역과 제천역 구간  $\approx 140$  km
- 터널 구간 : 오봉역 터널 길이  $\approx 500$  m
- 열차 길이 : 20량 x 15m (1량 길이)  $\approx 300$  m
- 패킷 사이즈 : 30 bytes
- 운행 시간 : 11시25분19초 ~ 13시40분00초
- 열차 운행 속도 : 0 ~ 80 km

이와 같은 시험 조건에서 터널을 제외한 나머지 구간에서 열차의 이동에 따른 열차 길이 변화는 그림 6과 같다. 열차의 최대 길이는 346 m, 최소 길이는 257 m, 평균 길이는 291 m, 그리고 표준 편차는 8.28 m로 측정되었다. 이 결과로부터 최대 거리 추정 에러 값  $\tau$ 를 50m 이상으로 설정하는 경우 열차 분리는 CTL 값이 350 m (RTL (300m) +  $\tau$  (50m)) 이상 되는 경우 열차분리로 판단할 수 있다.

동일 시험 조건에서 패킷 전송 성능 시험 결과는 열차의 후미 차량에 위치한 TIRD 장치에서 1초 주기로 패킷을 LTE-R과 LoRa 인터페이스를 통해 동시에 총 8082 개의 전송하였을 때 열차의 선두 차량에 위

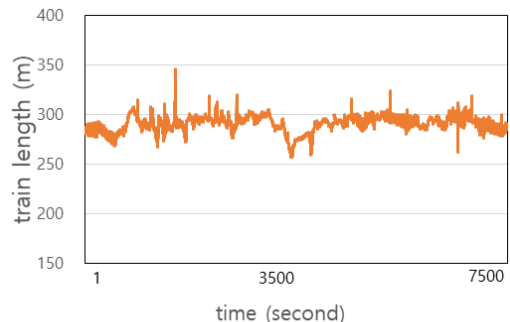


그림 6. 열차 이동에 따른 열차길이 변화  
Fig. 6. Train length variation according to train movement

치한 TIFD 장치에서의 패킷 수신 성공률은 LTE-R에서는 100%이고 LoRa에서는 57%의 성공률을 보여 주었다.

오봉 터널 구간에서 LoRa의 RSSI 값 측정을 위해서 열차의 선두 차량에 TIFD 장치를 설치하고 거리별로 RSSI 값 측정을 위해 TIFD 장치에서 200 m와 500 m 떨어진 지점에 TIRD 장치를 각각 설치하고 두 개의 TIRD 장치에서 LoRa/LTE-R 인터페이스를 통해 패킷을 1초 주기로 전송하도록 설정하였다. 그림 7은 TIFD 장치에서 측정된 RSSI 값의 빈도를 나타내는 분포도로써 200 m 지점에서 평균 80 ~ 88 dB이고 표준편차는 2.5 ~ 5.7 dB이다. 그림 8은 오봉 터널 구간에서 스펙트럼 분석기와 TIFD 장치에서 측정된 RSSI 값의 평균값으로 100 m 떨어질 때마다 10 dB 감쇄가 발생하고 있음을 보여 준다.

그림 9는 그림 8의 결과를 기반으로 터널 구간에서 수신되는 RSSI 평균값이 전 평균값 대비 15 ~ 20 dB 차이가 나면 열차가 분리 되었다는 경고를 주는 RSSI 임계치로 (T\_RSSI) 활용될 수 있음을 보여 준다.

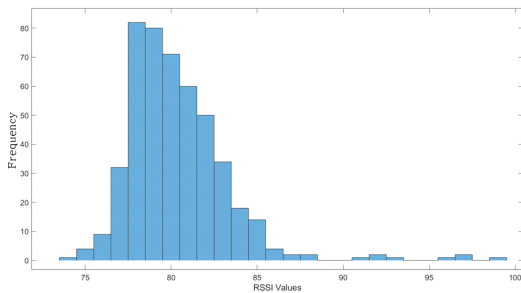


그림 7. 터널에서 TIFD가 측정된 LoRa의 RSSI 값 빈도수  
Fig. 7. Frequency of LoRa RSSI values measured by TIFD device in the tunnel

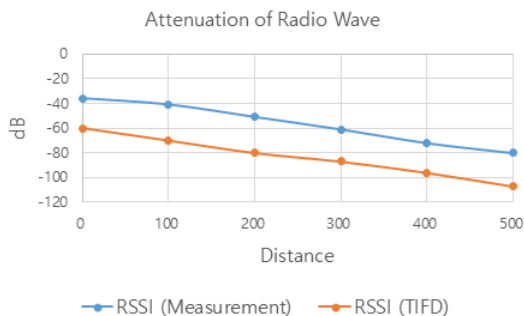


그림 8. 터널에서 TIFD와 TIRD 간 거리에 따른 LoRa의 RSSI 신호 레벨  
Fig. 8. LoRa RSSI signal length measured by TIFD according to distance between TIFD and TIRD in tunnel

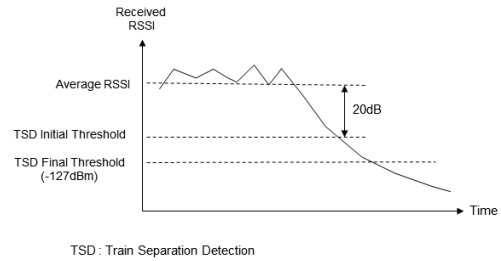


그림 9. 터널 구간에서 RSSI 값을 이용한 열차 분리 판단을 위한 파라미터 값과 시간과의 관계  
Fig. 9. Parameters using RSSI value for train separation detection in tunnel and timing relationship

#### IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 철도 운영 시스템이 ETCS L3로 전 개됨에 따라 현재 운영되고 있는 화물 열차의 열차 무결성 검지 기능을 조사 및 분석하고 제약 사항을 해결하기 위한 새로운 열차 무결성 검지 시스템을 제시하였다.

이 외에도 ETCS L3 기반 화물 열차의 무결성 검지 시스템 구현을 위한 사용자 요구사항과 시스템구조 및 시스템 구현을 제시하였고, 화물 열차의 차량 분리를 검지하는 알고리즘을 제안하였다. 그리고 화물 열차 무결성 검지 시스템을 실제 화물 열차에 장착하여 성능 분석을 수행하였으며, 성능 분석 결과 제안된 시스템이 화물 열차의 열차 무결성 검지 시스템으로 적용될 수 있음을 확인하였다.

향후 추가적인 연구는 다양한 열차 길이를 기반으로 긴 터널을 가진 환경에서 장시간 동안 보다 광범위한 시험을 수행하여 제안 시스템의 성능을 분석하고 정확한 임계치를 추정하고자 한다.

#### References

- [1] UNISIG ERTMS/ETCS, *Subset-026 System Requirements Specification*, Chapter 2 Basic System Description, 3.4.0, pp. 5-24, 2014.
- [2] H. Yun, et al., "Train control system international standardization trends & globalization of KRTCS for conventional/High speed railway," *Spring Conf. Korean Soc. for Railway*, pp. 21-27, 2017.
- [3] *DEWI Project*, Retrieved Apr. 3, 2020, from <http://www.dewiproject.eu/domains/rail>.
- [4] H. Cho, et al., "Train integrity system

requirements for ETCS Level 3,” *ART 2018*, Jeju, Korea, Oct. 2018.

- [5] D. Y. Kwak, et al., “Train integrity detection system for train separation detection,” *The 2019 Korean Inst. ITS Fall Conf.*, pp. 612-612, Gangneung, Korea, Nov. 2019.

**곽 동 용 (Dong Yong Kwak)**



1983년 2월 : 동국대학교 전산학과 졸업  
 1985년 8월 : 동국대학교 전산학과 석사  
 2004년 8월 : 정보통신대학 정보공학과 박사  
 현재 : 한국전자통신연구원 ICT 창의연구소 책임연구원

<관심분야> 철도통신, 열차무결성, ITS/차량통신, 인공지능

**조 한 벽 (Hanbyeog Cho)**



1981년 2월 : 이주대학교 산업공학과 학사  
 1983년 2월 : 한양대학교 산업공학과 석사  
 1992년 2월 : 한양대학교 산업공학과 박사  
 현재 : 한국전자통신연구원 인공지능연구소 책임연구원

<관심분야> 철도통신, 열차무결성, 차량통신, ITS 애플리케이션, 철도서비스 표준화

**오 현 서 (Hyun Seo Oh)**



1982년 2월 : 숭실대학교 전자공학과 졸업  
 1985년 2월 : 연세대학교 전자공학과 석사  
 1998년 2월 : 연세대학교 전자공학과 박사  
 현재 : 한국전자통신연구원 인공지능연구소 책임연구원

<관심분야> 이동통신, ITS/V2X 통신, 자율협력주행 [ORCID:0000-0002-7868-7717]

**전 치 훈 (Chi-Hoon Jun)**



1982년 2월 : 경북대학교 기계공학과 학사  
 1984년 2월 : 경북대학교 기계공학과 석사  
 1997년 2월 : 경북대학교 금속공학과 박사  
 현재 : 한국전자통신연구원 ICT 창의연구소 책임연구원

<관심분야> MEMS, 센서, 마이크로시스템, 에너지 하베스팅, 전력소자/모듈, 반도체공정

**박 주 훈 (Ju-Hun Park)**



2005년 2월 : 한국방송통신대학교 컴퓨터과학과 졸업  
 2007년 2월 : 서울시립대학교 전자전기공학과 석사  
 2018년 8월 : 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학과 박사  
 1996년 2월~현재 : 한국철도공사 연구원 책임연구원

<관심분야> 열차제어시스템, 센서 네트워크, 이미지 프로세싱