

KR I-04010

Rev.6, 11. December 2018

# 열차무선설비

2018. 12.



한국철도시설공단



# 목 차

1. 용어의 정의 .....	1
2. 열차무선설비 .....	1
3. 기본조건 .....	1
4. 열차무선설비 구성 .....	2
5. 열차무선설비 설치시 준수사항 .....	3
6. 항공등 설치 .....	3
7. 안테나 설치 .....	3
8. 급전선 포설 .....	4
9. 열차무선방호장치 설치 .....	4
 <b>해설 1. 열차무선설비</b> .....	<b>5</b>
1. 열차무선설비 구성 .....	5
2. 인터페이스 업무분계 .....	6
3. 설계일반 .....	6
3.1 일반사항 .....	6
3.2 무선국의 설비계획 .....	7
3.3 전파환경 조사 .....	7
3.4 서비스지역 내 수신레벨 산출 .....	8
3.5 초단파 무선 송·수신 중계방식 .....	8
3.6 전파음영지역의 전송매체 .....	11
3.7 열차무선 음영지역 해소 방안 .....	11
 <b>해설 2. 열차무선방호장치</b> .....	<b>13</b>
1. 열차무선방호장치 .....	13
 <b>RECORD HISTORY</b> .....	<b>14</b>

## 1. 용어의 정의

### (1) 열차무선방호장치

철도차량에 설치하여 사고 등 위급 상황 발생시 사고열차에 접근하는 열차에 위험상황을 신속히 알려 방호안전운행으로 연쇄사고를 예방하기 위한 설비

### (2) 회절손실(Diffraction Loss)

전파가 산악 등의 차폐물체에 부딪히면 일부의 전파는 반사되고, 일부는 차폐물을 돌아서 전파된다. 이와 같이 차폐물을 돌아갈 때 일어나는 손실

### (3) 케이블 안테나

동축케이블의 외부 도체에 일정한 간격으로 슬롯(Slot)을 만들어 전파를 누설 또는 방사토록 한 케이블 형태의 안테나

### (4) 급전선

무선 송, 수신기에서 안테나까지 접속된 고주파 전송선로

## 2. 열차무선설비

철도의 열차운전 및 시설유지보수업무를 수행하기 위하여 이동하는 열차와 지상간, 열차와 열차간 또는 지상상호간에 상호정보를 교환하는 열차무선설비를 시설하여야 한다.

## 3. 기본조건

- (1) 열차무선설비는 기지국과 육상이동국간 또는 육상이동국 상호간 음성 또는 데이터통신을 위한 충분한 성능을 가져야 한다.
- (2) 열차무선설비 구성장치 중 시스템 전체의 영향을 미치는 제어장치 등은 이중화 또는 그에 상당한 방법으로 구현되어야 한다.
- (3) 고속철도에서 사용하는 TRS시스템은 98%이상의 통화신뢰성과 DAQ 4.0이상의 음성품질이 보장되어야 하며 개별호출, 그룹호출, 일제호출 및 비상호출 등이 가능하고 철도교통관제센터에서 통화의 우선순위를 설정할 수 있어야 하며, 비상호출은 모든 호출의 최우선 순위가 되어야 한다.
- (4) 일반철도에서 사용하는 VHF대역 무선시스템은 단신통화방식(Push to Talk 방식)으로 하며, 본체에 비상통화 및 관제통화를 수신할 수 있는 채널자동순차선택(Scan)기능을 갖추거나 별도의 수신기(이하 무선수신기)를 설치하여야 한다.
- (5) 무선수신기는 철도교통관제센터의 운전지령 및 비상호출을 모두 항시 수신할 수 있어야 하며, 우선선택을 할 수 있는 형태로 운용되도록 한다(기지국, 육상이동국에 한함)
- (6) 무선설비의 공중선계에는 낙뢰로부터 무선설비를 보호할 수 있도록 하는 낙뢰보호장치(피뢰침은 제외) 및 접지시설을 하여야 한다. 다만, 이동국 등의 휴대용 무선설비, 육상이동국, 간이무선국의 공중선계 및 실내에 설치되는 공중선계는 그러하지 아니하다.



- (7) 열차무선설비의 고장정보 및 장비의 이상 유무를 원격으로 진단하고 고장정보를 감시할 수 있는 설비를 시설하여야 한다.
- (8) 무선중계장치의 유지보수를 위해 계측기, 노트북을 블루투스 무선방식으로 연결할 경우 보안에 문제없도록 조치하여야 한다.

#### 4. 열차무선설비 구성

##### (1) 중앙제어장치

- ① 고속철도(TRS) 및 철도통합무선망(LTE-R)의 중앙제어장치는 차상 및 현장 지상설비를 모두 접속하여 중앙제어, 원격감시제어, 운행정보 전송 등에 필요한 모든 장치가 포함되어야 한다.
- ② 일반철도의 중앙제어장치는 철도교통관제센터의 운용조작반과 무선기지국을 연계시켜 중앙에서 원격제어 및 감시하고, 관제사와 기관사가 상호 통화할 수 있는 장치 등 필요한 모든 장치가 포함되어야 한다.

##### (2) 중계기지국 및 기지국 설비

- ① 고속철도(TRS)의 중계기지국장치 및 철도통합무선망(LTE-R)의 기지국 장치는 선로연변에 설치되는 무선설비로서 중앙제어장치와 접속하여 단말기간 무선통화로 제공 및 동작상태 전송 등에 필요한 모든 장치가 포함되어야 한다.
- ② 일반철도의 기지국 장치는 선로연변에 설치되는 무선설비로서 중앙제어장치 및 원격조정반에 접속하여 무선통화로 제공 및 역·터널통화권 선택사용 등에 필요한 모든 장치가 포함되어야 한다.

##### (3) 난청해소용 설비

- ① 터널(집수정 포함) 또는 터널과 터널사이 등의 난청지역은 케이블안테나, 증폭기, 중계기, 접지시설 등을 설치하여 음영지역을 해소하여야 한다.
- ② 일반철도 터널내에 사용되는 케이블안테나는 특별한 사유가 없는 한 열차무선, 재난방송수신설비, 열차무선방호중계 주과수를 하나의 케이블에 수용하여 레일면상 3.8m 높이에 설치하여야 한다. 단, 현장 여건에 따라 케이블의 설치 높이와 선로증폭기 설치간격을 조정할 수 있다.
- ③ 광역철도의 케이블안테나는 열차무선과 재난방송수신설비 등을 구분하여 터널 양측에 시설한다. 단, 현장여건에 따라 통합하여 시설할 수 있다.

##### (4) 차상설비

- ① 고속철도는 동력차 운전실에서 기관사가 사용할 수 있도록 열차운행정보를 입력할 수 있는 기능과 호출 순위별 자동선택 및 알람기능, 수시로 사용되는 용어에 대한 압축송출 기능 등이 있어야 하며, 다음 각 호의 기능을 충족하여야 한다.  
가. 관제사, 열차상호간 및 선로연변의 유지보수요원과 통화가 가능하여야 한다.

- 나. 열차진동, 습기, 온도 등의 주위환경에 기기성능이 영향을 받아서는 안된다.
- 다. 안테나는 주위환경으로 인한 특성변화가 없어야 한다.
- 라. 안테나는 기관실 전, 후 차량 지붕위에 각각 설치하여야하며 풍압하중과 외부충격에 견딜 수 있는 형태이어야 한다.
- 마. 열차가 무선통신방식이 서로 다른 구간을 운행시 기관사가 추가조작 없이 해당구간에서 통화를 할 수 있도록 필요한 설비를 갖추도록 하여야 한다.
- ② 일반철도는 동력차의 기관사가 사용할 수 있도록 다음 각 호의 기능을 충족하여야 한다.
  - 가. 통화가능지역에서는 관제사, 열차상호간 및 역, 유지보수요원과 통화가 가능하여야 한다.
  - 나. 열차진동, 습기, 온도 등의 주위환경에 기기성능이 영향을 받아서는 안 된다.
  - 다. 안테나는 주위환경으로 인한 특성변화가 없어야 한다.
  - 라. 안테나는 기관차 지붕위에 설치하여야 하며 풍압하중과 외부충격에 견딜 수 있는 형태이어야 한다.
  - 마. 무선수신기는 관제통화, 비상통화를 자동으로 선택할 수 있어야 한다.

#### (5) 휴대국

- ① 철도시설 유지보수자가 사용하는 휴대국 단말기는 시설관리자가, 승무원(역 근무자 등 포함)이 사용하는 휴대국 단말기는 철도운영자가 반영한다.

### 5. 열차무선설비 설치시 준수사항

- (1) 통신기기실 바닥 배선 시에는 통신회선 및 전력선 등을 설치할 수 있도록 이중마루가 설치되어야 한다.
- (2) 통신기기실에 장비가 설치될 곳은 장비운용에 요구되는 기기의 환경조건을 만족할 수 있고, 기기손상이 없도록 냉난방 설비가 설치되어야 한다.

### 6. 항공등 설치

- (1) 항공등 설치는 항공법에 의거 표준공법에 따라 설치하여야 한다.
- (2) 항상 유지보수를 할 수 있도록 철탑 최상단 중앙에 설치하되 최상단에서 2m 이내 범위에서 설치하여야 한다.
- (3) 항공등에 공급하는 전원은 가급적 최단 거리에서 공급하여야 한다.
- (4) 전선관 배관시 누수가 없도록 마감처리를 하여야 한다.
- (5) 항공등 설치전 작동시험을 하여야 한다.

### 7. 안테나 설치

- (1) 고속철도 및 일반철도의 중계기지국용 안테나는 다음 각 호의 기준을 만족할 수 있도록 설치하여야 한다.



- ① 지향성 안테나는 정확한 방향(복사방향)을 맞추어 전파장애가 없도록 하여야 한다.
  - ② 설치에 필요한 앵글 등의 자재는 부식에 강한 금속제를 사용하여야 한다.
  - ③ 안테나는 지지용 파이프에 클램프를 이용하여 견고하게 고정하여야 한다.
  - ④ GPS용 안테나는 각 중계기지국 건물외벽 또는 철탑(철관주)에 설치하여야 하고, 최적의 수신위치에 설치하여야 한다.
  - ⑤ 지상중계기용 안테나는 송수신 겸용 안테나로 이용한다.
  - ⑥ 기지국용 안테나 시스템은 60m/s 이상의 풍압하중에 견딜 수 있어야 하고, 열차에 부착되는 안테나는 설계 최고속도에 충분히 견딜 수 있어야 한다.
- (2) 일반철도의 안테나는 수직으로 똑바로 세우고 설치에 필요한 앵글 등의 자재는 부식에 강한 아연도금 또는 부식되지 않는 자재를 사용하여야 하며 다음 각 호의 기준을 만족하도록 설치하여야 한다.
- ① 안테나 지지용 파이프에 클램프를 이용하여 견고하게 고정하여야 한다.
  - ② 안테나는 기지국 철탑(철관주)에 송수신기용 및 무선수신기용 안테나를 각각 설치하여야 한다.
  - ③ FM재방송용 안테나는 수신감도 측정 후 수신감도가 양호한 장소에 설치하여야 한다.
  - ④ 기지국용 안테나 시스템은 60m/s 이상의 풍압하중에 견딜 수 있어야 하고, 열차에 부착되는 안테나는 설계 최고속도 이상에 충분히 견딜 수 있어야 한다.
- (3) 열차무선안테나 설치시 강관주 등에는 작업자의 안전을 위하여 안전난간대 및 사다리(안전보호망 포함)를 설치하여야 한다.
- (4) LTE-R용 RRU, 안테나 등 현장설비는 부득이한 개소를 제외 하고는 교량, 토공구간 모두 전철주에 취부하는 것을 원칙으로 하고 불가피한 개소는 유지보수 환경을 고려하여 별도로 설치하여야 한다.
- (5) LTE-R용 RRU, 안테나는 현장여건을 고려하여 부득이한 경우 벨마우스 측면에 취부한다.
- (6) LTE-R용 안테나를 벨마우스 측면에 취부한 경우는 점검용 사다리를 설계에 반영하여야 한다.

## 8. 급전선 포설

- (1) 급전선은 외부에서 무리한 힘을 가하지 말 것이며, 운반 및 보관에 특히 주의하여야 한다.
- (2) 급전선 포설시에는 오물, 습기 등을 제거한 후 설치하고, 옥외에 설치되는 급전선중 수평으로 포설되는 부분은 눈, 비 또는 얼음으로부터 보호할 수 있어야 한다.
- (3) 급전선에 연결되는 커넥터는 오물, 습기 등이 스며들지 않도록 하여야 한다.

## 9. 열차무선방호장치 설치

- (1) 철도선로에 인접한 사고 등 위급상황을 신속히 알려 연쇄사고를 예방할 수 있는 열차

무선방호장치 및 음영지역 해소를 위한 열차무선방호 중계장치를 설치하여야 한다.

- (2) 열차무선방호장치의 안정적인 유지보수관리 등을 위하여 필요할 경우 지역별로 열차 무선방호장치 자동점검시스템을 설치하여야 한다.
- (3) 상시로궤취급역에는 열차안전운행 확보를 위해 필요시 열차무선방호장치를 설치할 수 있다.

#### 10. 통합함체 설치(신설)

- (1) 추락위험이 있는개소에 설치된 통합함체 기초대에 안전가대 및 발판을 설치하여 한다.
- (2) 통합함체가 유지보수 점검 차량 등에 접촉할 우려가 있는개소는 안전펜스를 설치하여 한다.
- (3) 통합함체의 내부는 확장성을 고려하여 충분한 공간을 가져야 한다.
- (4) 통합함체는 여름철 폭염 및 겨울철 혹한에 대비하여 기기의 적정온도를 유지할 수 있어야 한다.
- (5) 통합함체 도어의 개폐 방향은 선로 외측에서 열차운행방향으로 개폐가 가능하도록 설치하여야 하며, 부득이한 경우 작업자의 안전을 고려하여 도어 개폐시 건축한계 이상 이격하여 설치한다.





## 해설 1. 열차무선설비

### 1. 열차무선설비 구성

#### (1) 관제무선망의 구성

지역별로 채널3 또는 채널4를 사용하여 열차무선 관제통화 구성

- ① 관제용기지국 설치
- ② 원격제어장치 설치

#### (2) 관제용기지국

- ① 무선송수신기
- ② 무선수신기
- ③ 전원 공급기
- ④ 급전선
- ⑤ 공중선

가. 무선수신기용

나. 무선송수신기용

- ⑥ 철탑 또는 철관주

#### (3) 역용 기지국

- ① 무선송수신기
- ② 무선수신기
- ③ 전원 공급기
- ④ 급전선
- ⑤ 공중선

가. 무선수신기용

나. 무선송수신기용

- ⑥ 철탑 또는 철주

#### (4) 열차 이동국

- ① 무선송수신기
- ② 무선수신기
- ③ 급전선
- ④ 공중선

가. 무선수신기용

나. 무선송수신기용

- ⑤ 콘트롤 헤드
- ⑥ 송수화기

- ⑦ 마운팅 랙
- (5) 휴대국
  - ① 무선송수신기
  - ② 충전기
- (6) 터널중계기
  - ① 중계장치
    - 가. 무선송수신기 2대
    - 나. 무선수신기 1대
    - 다. 유무선 결합부 1조
    - 라. 원격 조정반 2조
    - 마. 기기함 1대
  - ② 급전선
  - ③ 터널내 공중선

## 2. 인터페이스 업무분계

- (1) 열차무선설비
  - ① 역구내에 시설되는 열차무선용 폴(Pole)이나 철탑 시설(접지포함)
  - ② 장비간 및 장비에서 안테나간 배관·배선 시설
  - ③ 역사에서 터널중계기간 광케이블은 열차무선설비에서 시설(재난방송수신설비 광 코어 포함)
  - ④ 복선타널의 케이블안테나는 열차무선방호설비와 공용(Mixer포함)
  - ⑤ 설계단계에서 기간통신사업자와 중계기 부하용량 및 설치위치 협의 반영
  - ⑥ 이동통신 중계기 설치위치는 대한 철도운영기관과 협의하여 반영
- (2) 건축통신설비
  - ① 신축 건축물에 시설되는 열차무선 폴(Pole) 및 접지
  - ② 기설 건축물에 시설되는 열차무선 폴(Pole)은 열차무선설비에서 시설

## 3. 설계일반

### 3.1 일반사항

철도무선통신망 구축에 있어 철도의 전파환경 및 이동통신기술의 발전추세를 분석하여 새로운 서비스 계획, 무선채널 수요예측, 무선중계망 계획, 무선방식 선정, 시스템 구성 계획 등의 분야에 대하여 최적의 무선통신망을 구성한다.

- (1) 열차무선시스템 설계 방안 제시



## (2) 현장조사

- ① 기초시설 조사
- ② 무선설비 현황 파악
- ③ 안테나 시설 및 철탑시설 조사
- ④ 부대시설 및 기타 사항 조사

## 3.2 무선국의 설비계획

### (1) 국내설비 계획

- ① 기기배치
- ② 전원
- ③ 급전선 및 분기

### (2) 국외설비 계획

- ① 공중선 및 공중선 지지물
  - 가. 철탑
  - 나. 안테나
  - 다. 케이블안테나
  - 라. 기초구조
- ② 접지

## 3.3 전파환경 조사

### (1) 개요

무선통신에서의 수신 신호는 기지국과 이동국간의 거리의 변화, 이동국 주변의 지형 및 지물에 의한 차폐현상, 다중파 간섭에 의한 페이딩 현상에 의해 큰 폭으로 변동하므로 실측에 의한 전송손실 측정과 이론적 해석에 의해서 주어진 품질규정을 만족하도록 셀을 설계한다.

- ① 지형의 분류
  - 가. 구릉지형
  - 나. 독립 산악
  - 다. 경사지형
  - 라. 육·해 혼합 지형
- ② 지상 장애물 분류
  - 가. 개방지
  - 나. 교외지
  - 다. 시가지

### (2) 전파손실 예측모델

## 열차무선 전파손실 예측에 적용하기 위한 예측 모델을 선정

### 3.4 서비스지역 내 수신레벨 산출

#### (1) 무선 링크 레벨 산출

##### ① 열차무선 설비의 출력 및 수신가능 레벨 계산

열차무선기지국의 출력은 와트(W)로 표시하고 수신전계강도의 세력은  $\mu V$ 로 나타내므로, 단위의 불일치에 따른 계산의 편의성을 위하여 기지국의 출력과 수신 전계 강도를 절대레벨 강도인 dBm으로 통일하도록 한다.

표 1. 기지국의 종류별 출력과 수신감도 (KRS : 한국철도 표준규격)

종 류	출 력	수 신 감 도
무선송수신기(휴대용PLL 3W)	3W	$0.5\mu V$ (20dB 잡음억압시)
무선송수신기(PLL 4.8W)	4.8W	$0.5\mu V$ (20dB 잡음억압시)
무선송수신기(역용)	1종 : 15W 2종 : 25W	$0.5\mu V$ (20dB 잡음억압시)
무선수신기(열차무선용)		$0.5\mu V$ (20dB 잡음억압시)
무선송수신기(기관차용)	25W	$0.5\mu V$ (20dB 잡음억압시)
무선송수신기(복합전기동차용)	철 도 용 : 25W 지하철용 : 35W	$0.5\mu V$ (20dB 잡음억압시)
무선송수신기(전기동차용)	35W	$0.5\mu V$ (20dB 잡음억압시)
무선송수신기(DTMF 휴대용)	4.8W	$0.5\mu V$ (20dB 잡음억압시)

위의 표와 같이 출력용으로 역용 무선송수신기(15W)와 가장 저 출력인 휴대용 PLL 무선송수신기(3W)를 기준으로 레벨을 계산하며, 수신감도는 똑같이  $0.5\mu V$ 이므로 이를 기준으로 수신레벨을 계산한다.

##### ② 열차무선 기지국 출력

$$\text{기지국출력[dBm]} = 10 \log_{10} \frac{P}{P_0}$$

P : 기지국 출력[W]

P0 : 기준전력 1mW

#### (2) 기지국 배치 계획

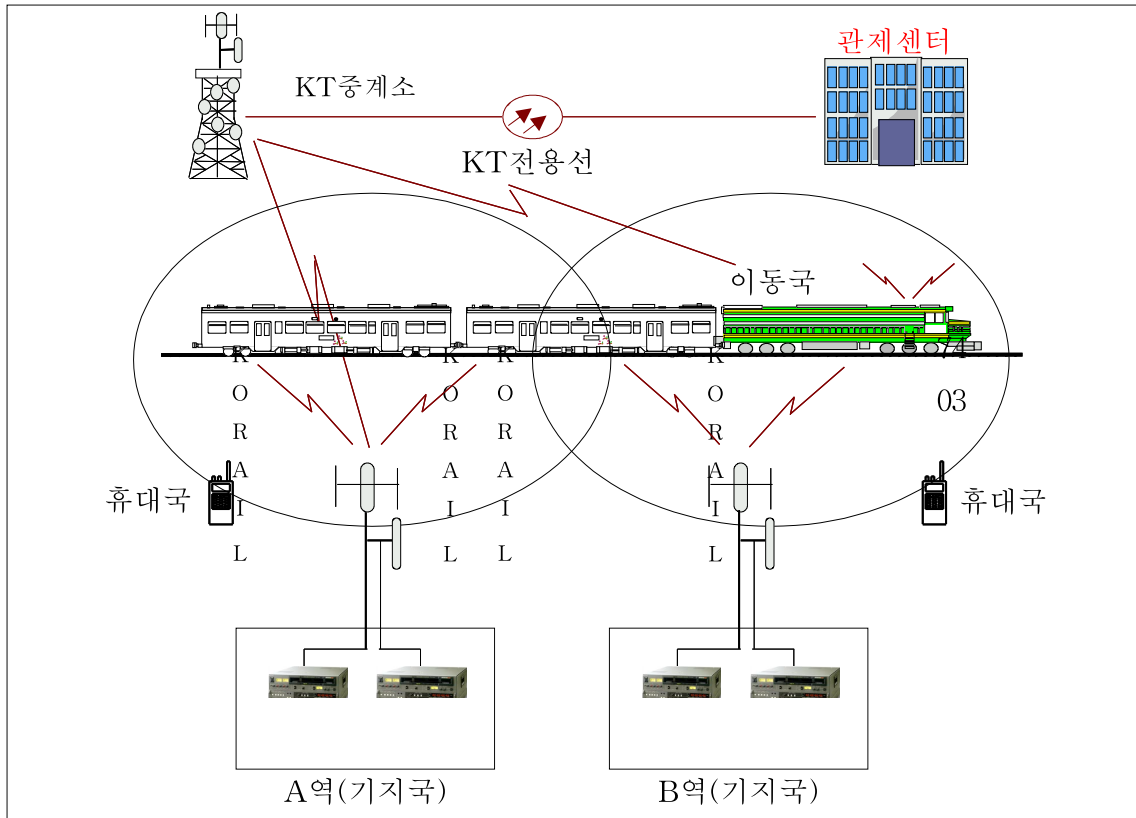
- ① 당해 과업구간내 각 역에서 터널의 입·출구를 중심으로 프로파일을 작성하며, 그 프로파일에 의해 계산된 수신레벨 값으로 기지국 위치를 선정한다.
- ② 기지국 선정시 감독자와 협의 후 인증된 프로그램(공단 또는 기타 인증기관)을 사용하여 별도 프로파일 작성 없이 기지국 위치를 선정할 수도 있다.

### 3.5 초단파 무선 송·수신 중계방식



열차무선설비는 열차운행시 기지국과 육상이동국간 또는 육상이동국 상호간 무선통화서비스를 제공하는 설비이다.

(1) 중계방식의 구성도



무선  
송신기

무선  
수신기

무선  
송신기

무선  
수신기

### (3) 열차무선 통화의 종류

통화의 종류는 크게 구간통화(일반통화), 비상통화, 관제통화, 휴대국의 작업통화로 구분되며, 통화종류별로 주파수 및 통신상대방은 아래 표와 같다.

표 3. 무선통화현황

통화종류	사용 채널	사용 구간	통신 상대방
일반통화	채널 1번	경부고속철도를 제외한 전 노선의 통신가능 구역내	기지국과 육상이동국간, 육상이동국 상호간
비상통화	채널 2번	경부고속철도를 제외한 전 노선의 통신가능 구역내	모든 무선국 상호간 (단, 입환용은 제외)
관제통화	채널 3번	철도공사 경북본부, 강원본부, 충북본부 이외 지역 통신가능 구역내	철도교통관제센터와 육상이동국간
	채널 4번	철도공사 경북본부, 강원본부, 충북본부 관내 통신가능 구역내	철도교통관제센터와 육상이동국간
휴대국의 작업통화	채널 3, 4번	전 노선 통신 가능한 구역내	보수작업장내 무선국 상호간
	채널 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8번 (협대역)	전 노선 통신 가능한 구역내	입환작업장내 무선국 상호간

표 4. 열차무선 주파수(VHF) 운용현황

종 별	CH	광대역		협대역		비 고
		송신(TX)	수신(RX)	송신(TX)	수신(RX)	
휴대국 (작업,운전)	1(일반)	153.440	좌동	150.4250	좌동	
	2(비상)	153.520		150.4500		
	3(작업)	153.280		150.4625		
	4(작업)	153.660		150.4375		
휴대국 (입환)	1(일반)	153.440	좌동	150.4250	좌동	
	2(입환)	153.340		150.4875		
	3(입환)	153.740		150.4125		
	4(작업)	153.660		150.4375		
이동국	1(일반)	153.440	좌동	150.4250	좌동	
	2(비상)	153.520	좌동	150.4500	좌동	
	3(관제)	153.590	153.110	150.4750	150.3750	
	4(관제)	153.620	153.200	150.5000	150.4000	
기지국	1(일반)	153.440	좌동	150.4250	좌동	
	2(비상)	153.520	좌동	150.4500	좌동	
	3(관제)	153.110	153.590	150.3750	150.4750	
	4(관제)	153.200	153.620	150.4000	150.5000	

○ 경부고속철도(TRS : Trunked Radio System)

- 서울~동대구(ASTRO) : 851.8875~855.8875MHz



- 동대구~부산(TETRA) : 801~856MHz(기지국 수신 801~806MHz, 기지국 송신 851~856MHz)

#### (4) 열차무선시스템 주파수 사용현황

현재 철도 무선망은 153MHz 주파수 대역의 VHF 방식으로, 점유 주파수대역이 16kHz인 광대역용과 점유 주파수대역이 8.5kHz인 협대역 겸용의 2종류 열차무선설비가 운용되고 있다. 광대역과 협대역은 사용 주파수가 상이하나 관제통화용은 2개의 주파수 채널로 2주파 단신을, 관제통화 외는 1주파 단신방식을 동일하게 사용하고 있다.

### 3.6 전파음영지역의 전송매체

열차무선통신망의 서비스 지역내에서 전파음영지역 즉 터널구간에 대한 해당기지국과 차량이동국과의 무선 경로 구성방안은 공간과 안테나를 이용하는 방식과 케이블안테나에 의한 케이블 방사방식으로 구별할 수 있으며 충분한 검토를 통하여 전송매체를 선정하여야 한다.

### 3.7 열차무선 음영지역 해소 방안

#### (1) 공간과 안테나 방식

이 방식은 무선송수신기와 지향성이 강한 공간과 안테나를 설치하여 터널내 전파전파(電波傳播) 특성을 이용하여 무선송수신기와 열차이동국간 무선전송경로를 구성한다.

- ① 터널내에서 전파전파 특성은 도파관에서 전자파가 전송되는 것과 같이 터널이 대형도파관으로 작용하여 전파가 전달될 수 있으며 터널의 구조, 형태에 따라 전파특성이 달라진다.
- ② 터널내 전파는 주파수가 높을수록, 터널 단면적이 넓을수록 감쇠가 적고, 수평편파가 수직편파보다 감쇠가 적으며, 직선터널이 곡선터널보다 감쇠가 적고 터널내 전파전파손실(자유공간 :  $20\log L$ , 터널내 :  $30\log L$ ,  $L$ =거리[km])은 자유공간보다 현저히 증가한다.
- ③ 터널과 터널사이 등의 전파음영지역을 해소하기 위한 안테나 설치시 터널 구조물(벨마우스 등)의 적절한 위치에 견고하게 설치하는 것을 원칙으로 한다. 단, 터널 구조물에 설치가 곤란한 경우에는 주변 전파환경 및 현장여건 등을 고려하여 적절한 위치에 철탑 또는 강관주를 이용하여 안테나를 설치할 수 있다.
- ④ 터널 구조물(벨마우스 등)에 안테나 등을 설치할 경우에는 시공 및 유지보수가 용이하도록 사다리 등 통로를 확보하여야 한다.
- ⑤ 강관주에는 작업자의 안전 및 효율적인 작업을 위하여 작업대를 설치하여야 한다.

#### (2) 케이블 방사 방식

이 방식은 철도연변(지상구간 및 터널구간)을 따라 개방형 케이블을 포설하여 케이블의 전송특성과 안테나 특성을 이용하여 무선송수신기와 열차이동국간 무선전송경로를 구성한다.

### ① 케이블안테나 설치 장소

- 가. 공간전파가 도달되지 못하는 터널
- 나. 대형 철골조 구조물로 열차무선 통화가 필요한 부분-차량기지검수고 등
- 다. 지상 구간 중 전파불감지역 : 사전조사, 실지조사에서 기지국(중계기 포함) 배치상 “전파불감지역”으로 판단되는 구간

### ② 케이블안테나의 종류

케이블안테나의 종류는 다음과 같이 누설케이블과 방사케이블로 분류한다.

- 가. 누설 케이블 : 외부도체에, 슬롯이 일정한 주기로 형성되어 슬롯주기에 적절한 주파수만 방사할 수 있는 케이블(LCX : Leaky Coaxial Cable)
- 나. 방사케이블 : 외부도체의 일부분이 개방되어 광대역 주파수를 방사할 수 있는 케이블(RCX : Radiation Coaxial Cable)

### (3) 케이블안테나 클램프

- ① 케이블 안테나 지지용 클램프는 신호방사가 용이하고 전파반사에 의한 감쇄 및 간섭에 영향을 주지 않는 플라스틱 재질을 사용하여야 한다.
- ② 플라스틱 클램프는 터널내 안전을 위해 난연성 재질이어야 한다.
- ③ 터널내 열차속도에 따라 발생하는 풍압 등을 감안하여 적합한 강도 및 내구성을 갖도록 케이블안테나 클램프 설치간격을 설정하여야 한다.
- ④ 화재발생시 케이블 낙하를 방지하기 위해 필요시 플라스틱 및 금속제 재질의 클램프와 혼용하여 시설할 수 있으며, 금속제 클램프를 설치할 경우 10m마다 설치하는 것을 기본으로 하고 현장여건에 따라 설치간격을 조정할 수 있다.

## (5). LTE-R 설비의 구성 및 기능, 성능 요건

- ① 철도통합무선망(LTE-R)은 중앙제어장치, 관제조작반, 기지국설비, 단말장치, 네트워크 설비, 전원설비, 기타설비로 구성한다.
- ② 철도통합무선망(LTE-R)은 높은 신뢰성과 가용성을 가진 설비로 구성하여야 한다.
- ③ 중앙제어장치의 설치장소는 철도교통관제센터와 예비관제실로 이원화하고 중앙제어장치의 EPC, 기지국설비의 DU, RRU 커버리지 이중화로 구성하여 망 안전성을 가져야 한다
- ④ 관제조작반은 개별호출, 그룹호출 및 일제호출이 가능하여야 한다.
- ⑤ 기지국 설비는 전차선유도, 낙뢰, 충격, 진동 등 외부환경으로부터 영향을 받지 않도록 설계하여야 하며, 전원선 및 안테나부에는 서지보호기를 설치하여 외부 서지로부터 설비를 보호하여야 한다.
- ⑥ 철도교통관제센터 및 예비관제실에서 원격제어 및 상태감시가 가능하도록 하여야 한다.
- ⑦ 필요에 따라 통합공공망간 음성, 영상 및 데이터 등의 정보공유를 위한 망간 연동이 가능하여야 한다,





- ⑧ 설계 시 특별한 사유가 없는 한 국내외 LTE-R(철도통합무선망) 관련 표준을 준용하여야 한다.

## 해설 2. 열차무선방호장치

### 1. 열차무선방호장치

#### (1) 설치기준

##### ① 복선 터널내 구성

복선 터널 중 터널길이가 200m이상인 터널은 열차무선 중계장치가 설치될 것을 고려하여 인접역이 가까운 쪽에 설치한다.

##### ② 지상구간의 곡선부의 구성

열차무선방호장치의 운용주파수인 440MHz대역에서 장애물 등으로 가시거리(Line Of Sight)가 확보되지 않은 조건에서 회절손실이 발생하므로 방호거리(최대 1,368m)내에서 장애물 돌출높이가 400m 이상이면 열차방호장치를 설치할 수 있다.

##### ③ 열차무선방호용 안테나는 유지보수를 고려하여 통합함체 측면에 취부. 단, 전파 송수신 환경을 고려하여 적합한 경우에 한함.

#### (2) 장치구성

열차무선방호장치는 방호송수신기, 방호입출력제어기, 방호제어기, 전원 공급기, 방호표시기 및 안테나로 구성한다.

##### ① 방호송수신기

방호 상황 발생시 방호데이터 송출 및 수신

##### ② 방호입출력제어기

가. 방호 입·출력부, 방호경보 발령부, 자기 진단부, 방호제동 제어부로 구성

나. 전원공급기와 방호제어기로 연결되어 성능의 이상 유무 진단 기능

##### ③ 방호제어기

가. 방호제어기의 구성 : 방호 감시제어부, 저장부

나. 방호감시 제어부는 방호상황 발생, 해체, 조치상황 등을 년, 월, 일, 시·분·초 단위로 저장부에 자동저장 및 분석

##### ④ 전원 공급기

입력 단에 노이즈 필터(Noise Filter)를 사용하여 전원 잡음 및 썬지 제거



### 해설 3. LTE-R 열차무선 설비

#### (1)설치기준

- ① 주파수 대역은 상향 718MHz~728MHz, 하향 773MHz ~ 783MHz를 사용한다.
- ② 셀 플랜에 의한 기지국 위치선정은 전파환경(타 무선국간 전파간섭 포함) 및 경로를 분석하여 최적의 위치에 기지국을 배치하여야 한다.
- ③ 터널구간의 출입구, 기재갱, 사갱, 수직갱, 집수정, 피난구 대피로 등 전파음영지역에도 열차무선설비의 시설 및 서비스 목표치의 품질로 무선통화가 가능하도록 하여야 한다.(단 트래픽을 고려하여 MIMO방식이 아닌 SISO방식으로 안테나를 설치할 수 있다.)
- ④ 트래픽 용량 적정성 분석 및 기지국 위치선정, 기지국별 및 지역별 서비스 영역을 확인할 수 있는 서비스 커버리지 예측도(Coverage Map)를 확보하여 설계 하여야 한다.

## RECORD HISTORY

- Rev.0('12.12.5) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는 데 목적을 둬.
- Rev.1('13.4.16) 터널 시·종점부 열차무선용 안테나를 터널 구조물(벨마우스 등)에 설치할 수 있도록 함으로써 경제성 및 유지보수성 향상.
- Rev.2('15.7.1) 난청해소용 설비 집수정 포함
- Rev.3('16.6.21) 터널상부(벨마우스 등)에 안테나 설치시 사다리 등 진입통로 설치로 시공 및 유지보수 작업자 안전성 확보
- Rev.4('16.12.27) 열차무선 기지국 안테나 철관주에 작업대 설치로 작업자 안전성 확보 및 작업능력 향상(설계기준처-3680, '16.12.27)
- Rev.5('17.12.27) 철도설계기준 및 편람 개정
- Rev.6('18.12.17) 철도설계기준 및 편람 개정